



Badania identyfikacyjne wybranych substancji niszczących powłoki malarskie

Badanie śladów kryminalistycznych pod kątem ich właściwości fizycznych i chemicznych wymaga wiedzy z zakresu chemii, fizyki oraz dziedzin pokrewnych. Wiedza specjalistyczna wyniesiona z uczelni oraz praktyki odbyte w laboratorium kryminalistycznym umożliwiają wykonywanie badań porównawczych śladów w sposób pewny i bezpieczny.

Porównywanie wyglądu śladów, otrzymywanych widm obrazujących ich składy chemiczne itp. pozwala wnioskować o różnicy lub podobieństwie materiału dowodowego i porównawczego.

Sytuacja zaczyna się komplikować, kiedy trzeba podać nazwę chemiczną wyrobu, z którego ślad pochodzi, źródło jego pochodzenia lub określić jego pierwotną postać. Ten zakres badań, związany z identyfikacją śladu chemicznego, wymaga już znacznie szerszej wiedzy wykraczającej poza zakres edukacji na uczelni czy też zdobywanego doświadczenia. Także możliwości baz danych zawartych w oprogramowaniu urządzenia, czy też baz dokupowanych, mogą okazać się niewystarczające do przeprowadzenia identyfikacji.

Nierzadko, aby móc określić źródło pochodzenia materiału dowodowego, należy znać technologię produkcji wyrobu, z którego może on pochodzić. Zastosowane do produkcji danego wyrobu surowce pozostawiają w składzie chemicznym charakterystyczne informacje, a wykorzystywane maszyny mogą być źródłem niewidocznych nieuzbrojonym okiem śladów, które także mogą pomóc w badaniach identyfikacyjnych.

Dla przykładu można przywołać problemy z identyfikacją śladów zabezpieczanych na karoserii samochodu, zniszczonej przez częściowe, a nawet całkowite uszkodzenia powłoki malarskiej pojazdu.

Celem ekspertyzy dotyczącej takiego zdarzenia jest możliwie pełna identyfikacja zabezpieczonej substancji w celu ustalenia, czy uszkodzenia powstały z przyczyn naturalnych czy wskutek działania przestępczego. Należy zdać sobie sprawę, że próbka pobrana do badań z karoserii jest już mieszaniną użytej substancji z warstwami uszkodzonej powłoki. Warunki atmosferyczne i pora roku również mają znaczący wpływ na końcowy „obraz” chemiczny zabezpieczonego śladu.

Rozwiązanie takiego problemu badawczego, bo de facto taka ekspertyza jest tematem badawczym, wymaga wiedzy dużo obszerniejszej niż posiadana dotychczas przez specjalistów. Jedną z kwestii jest np. rozpoznanie rynku pod kątem występowania substancji przeznaczonych do usuwania powłok malarskich.

W roku 2006 do policyjnych laboratoriów kryminalistycznych wpłynęło ponad 40 postanowień w sprawie tego typu zdarzeń. Do tej pory zagadnienia dotyczące środków do usuwania powłok malarskich analizowali eksperci Laboratorium Kryminalistycznego w Lublinie: nadkom. mgr Andrzej Kuźnicki i podinsp. mgr inż. Marek Mielniczuk¹. Przeprowadzili oni badania mające wykazać, który z preparatów jest najskuteczniejszym środkiem i może być stosowany do usuwania powłok malarskich podczas badań oznaczeń identyfikacyjnych pojazdów.

Samochodowa powłoka malarska

Powłoki malarskie pokrywające elementy nadwozi samochodów chronią je przed korozją spowodowaną czynnikami atmosferycznymi, wodą oraz pełnią funkcję dekoracyjną. Obecnie oryginalne powłoki składają się z trzech do pięciu warstw: fosforanowej, gruntowej, podkładowej, bazowej i nawierzchniowej. W powłokach typu metalik zewnętrzną (nawierzchniową) warstwę stanowi bezbarwny lakier, pod którym znajduje się warstwa bazowa, zawierająca barwne pigmenty oraz mikrodrobiny metalu. W przypadku powłok typu niemetalik warstwa nawierzchniowa zawiera barwne pigmenty. Pozostałe warstwy chronią podłoże przed korozją, wyrównują i wypełniają nierówności².

Lakiery, farby i szpachle wchodzące w skład samochodowych powłok malarskich są mieszaniną wielu składników, do których należą substancje wiążące, rozpuszczalniki, barwniki, pigmenty, wypełniacze oraz materiały pomocnicze.

Najważniejszymi składnikami poszczególnych warstw powłok malarskich, które zespalają ich wszystkie składniki i powodują, że warstwy przylegają do siebie oraz do podłoża, są substancje wiążące. W znacz-

nym stopniu decydują one o właściwościach mechanicznych powłoki, jej odporności na wodę i warunki atmosferyczne. Składnikami podstawowymi substancji wiążących, nazywanych też żywicami, są naturalne oleje schnące roślinne lub zwierzęce oraz naturalne lub syntetyczne żywice.

Do najczęściej spotykanych należą:

- **żywice akrylowe:** polimery powstałe na drodze polimeryzacji (najczęściej rodnikowej) lub kopolimeryzacji pochodnych kwasów akrylowego lub metakrylowego;
- **żywice alkidalne:** polimery utworzone na bazie wielofunkcyjnych kwasów (maleinowego, benzoowego, abietynowego, adypinowego) i polihydroksylowych alkoholi (gliceryny, glikoli). Tego typu żywice modyfikowane są za pomocą innych żywic, olejów i kwasów tłuszczowych;
- **żywice epoksydowe:** tworzywa chemoutwardzalne (zawierające co najmniej dwie grupy epoksydowe) otrzymywane w wyniku polikondensacji epichlorohydryny lub dwuchlorohydryny gliceryny z fenolami dwuwodorotlenowymi. Przez przyłączenie kwasu akrylowego lub metakrylowego do żywic epoksydowych otrzymuje się chemoutwardzalne żywice epoksyakrylowe (estrowo-winyłowe);
- **żywice poliuretanowe:** wytwarzane w wyniku reakcji izocyjanianów z hydroksylowym produktem należącym do olejów schnących, alkoholi, polieterów lub poliesterów;
- **żywice poliestrowe:** wielkocząsteczkowe estry wielozasadowych kwasów i wielowodorotlenowych alkoholi otrzymywane przez polikondensację;
- **żywice melaminowe (aminoplastowe):** otrzymywane w procesie polikondensacji melaminy z formaldehydem, stosowane jako czynnik modyfikujący w żywicach alkidalnych, akrylowych i epoksydowych;
- **żywice poliwinyłowe:** substancje wielkocząsteczkowe otrzymywane przez polimeryzację monomerów winylowych. Do najważniejszych żywic winylowych zalicza się m.in.: polietylen, polistyren, politetrafluoroetylen, polimetakrylan metylu, poliocetan winylu. Żywice tego typu są często łączone z moczniakiem, żywicami fenolowymi lub epoksydowymi;
- **żywice silikonowe:** polimery zawierające w swych łańcuchach atomy krzemu; najczęściej żywice te otrzymywane są w reakcji tetraetoksylanu z rozmaitymi disiloksanami;
- **żywice fenolowo-aldehydowe:** produkty polikondensacji fenoli z aldehydami;

– **żywice nitrocelulozowe:** roztwory nitrocelulozy w lotnych związkach organicznych (estry kwasu octowego, etery glikolu oraz niektórych gatunków benzyny).

W celu usunięcia starych powłok malarskich, lakierniczych stosowane są profesjonalne preparaty powszechnie dostępne w sklepach z farbami bądź artykułami przeznaczonymi m.in. dla zakładów lakierniczych. W ostatnich latach odnotowano jednak na terenie Polski wiele przypadków przestępczego zastosowania tych środków, czyli umyślnego zniszczenia lub uszkodzenia powłok malarskich pojazdów.

Środki przeznaczone do niszczenia powłok malarskich

W celu zapoznania się ze sposobem działania preparatów do usuwania powłok malarskich i lakierniczych do badań wybrano cztery popularne na polskim rynku środki: Paint Remover, Tirolak, Scansol i V 33 (ryc. 1).

– **Paint Remover:** preparat konfekcjonowany w metalowych opakowaniach typu spray; po napyleniu



Ryc. 1. Opakowania z substancjami do usuwania powłok malarskich
Fig. 1. Packaging with substances used for removing paints

na powierzchnię ma postać pieniającej się pasty koloru białego o gęstości od $0,84 \text{ g/cm}^3$ do $0,94 \text{ g/cm}^3$. W jego skład wchodzi: chlorek metylenu – od 50% do 90% wag., niskowrząca frakcja benzynowa – poniżej 2% wag., izopropanol – poniżej 20% wag., izobutan – od 5% do 15% wag., który ma zastosowanie jako gaz nośny. Składniki wchodzące w skład preparatu są trudno rozpuszczalne w wodzie i szybko odparowują do atmosfery³.

– **Tirolak Super:** preparat konfekcjonowany w szklanych butelkach o pojemności $0,5 \text{ dm}^3$, w temperaturze 25°C ma postać klarownej lepkiej cieczy koloru żółtego o gęstości $1,2 \text{ g/cm}^3$. Ochłodzenie

preparatu poniżej 25°C powoduje wytrącanie opalizującego osadu równomiernie zawieszonego w całej objętości. Składniki wchodzące w skład preparatu to: chlorek metylenu w stężeniu poniżej 55%, kwas oleinowy, trójetanoloamina oraz parafina⁴.

- Scansol: preparat konfekcjonowany w pojemnikach metalowych, ma postać bezbarwnego żelu o gęstości 1,33 g/cm³ w temperaturze 20°C. Preparat zawiera chlorek metylenu w stężeniu około 88%⁵.
- V 33: preparat konfekcjonowany w pojemnikach z tworzywa sztucznego, ma postać półprzezroczystego żelu o gęstości 0,8÷0,9 g/cm³. Składniki wchodzące w skład preparatu to: 2-butanon o stężeniu od 50% do 60%, 1-metylo-2-pirolidon o stężeniu od 30% do 40%, niskowrząca frakcja benzenowa o stężeniu od 1% do 5% oraz kwas alkilobenzenosulfonowy o stężeniu od 1% do 5%⁶.

Preparaty Scansol, Tirolak i Paint Remover wykazują odczyn alkaliczny (pH 9–10), a ich głównym składnikiem jest chlorek metylenu. Preparat V 33 ma odczyn obojętny. Jego głównymi składnikami są 2-butanon i 1-metylo-2-pirolidon. W skład wszystkich badanych preparatów wchodzi węglowodory:

- Chlorek metylenu – CH₂Cl₂ – jest bezbarwną, niepalną cieczą o gęstości 1,326 g/cm³ i charakterystycznym słodkawym zapachu, podobnym do zapachu chloroformu. Rozpuszczalność w wodzie w temperaturze 20°C wynosi 1,6% wag. Rozpuszcza się bez ograniczeń w alkoholu etylowym, metanolu, eterze etylowym, acetonie, czterochlorku węgla i benzenie. Temperatura topnienia wynosi 96,7°C, a temperatura wrzenia 40,2°C, pH obojętne. Chlorek metylenu ma zastosowanie w przemyśle chemicznym jako rozpuszczalnik lub np. jako ekstrahent substancji wrażliwych na temperaturę⁷.
 - 2-butanon – C₄H₈O – jest bezbarwną wysoce łatwopalną cieczą o gęstości 0,79 g/cm³, charakterystycznym zapachu i obojętnym pH. Temperatura wrzenia wynosi 79,5°C, a temperatura topnienia –86,7°C. Rozpuszcza się w rozpuszczalnikach organicznych⁸.
 - 1-metylo-2-pirolidon – C₅H₉NO – jest bezbarwną, higroskopijną cieczą o charakterystycznym zapachu amin, o gęstości 1,03 g/cm³ i pH alkalicznym. Temperatura wrzenia wynosi 202°C, temperatura topnienia –24°C. Stosuje się go jako rozpuszczalnik, zmywacz farb, środek do zawieszania pigmentów, półprodukt w przemyśle chemicznym oraz w przemyśle elektrycznym i elektronicznym⁹.
- Działanie preparatów do usuwania powłok malarskich polega na wykorzystaniu fizykochemicznych wła-

ściwości niskowrzących rozpuszczalników organicznych. Proces usuwania powłok zmywaczami organicznymi można podzielić na następujące etapy:

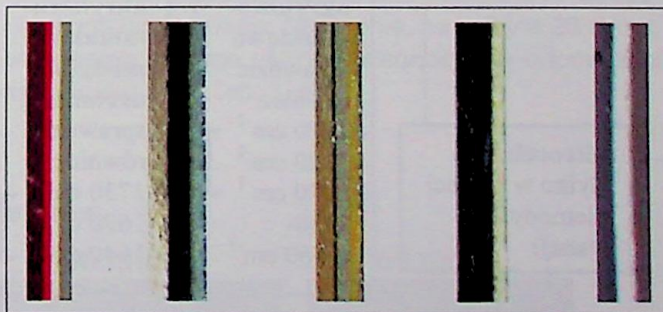
- stopniowe przenikanie preparatu w powłokę malarską,
- spęczenie powłoki,
- przenikanie rozpuszczalnika do podłoża,
- pęczenie powłoki,
- wzrastanie ciśnienia par rozpuszczalników pod powłoką,
- podnoszenie powłok piecowych lub rozpuszczanie powłok schnących fizycznie.

Samochodowe powłoki malarskie poddawane badaniom

Badania wybranych preparatów do usuwania powłok malarskich przeprowadzono na elementach karoserii pochodzących z pięciu różnych marek samochodów, tj.:

- Hondy koloru zielonego typu metalik,
- Poloneza koloru czerwonego,
- Daewoo koloru grafitowego typu metalik,
- Forda koloru czarnego typu metalik,
- Mercedesa koloru białego.

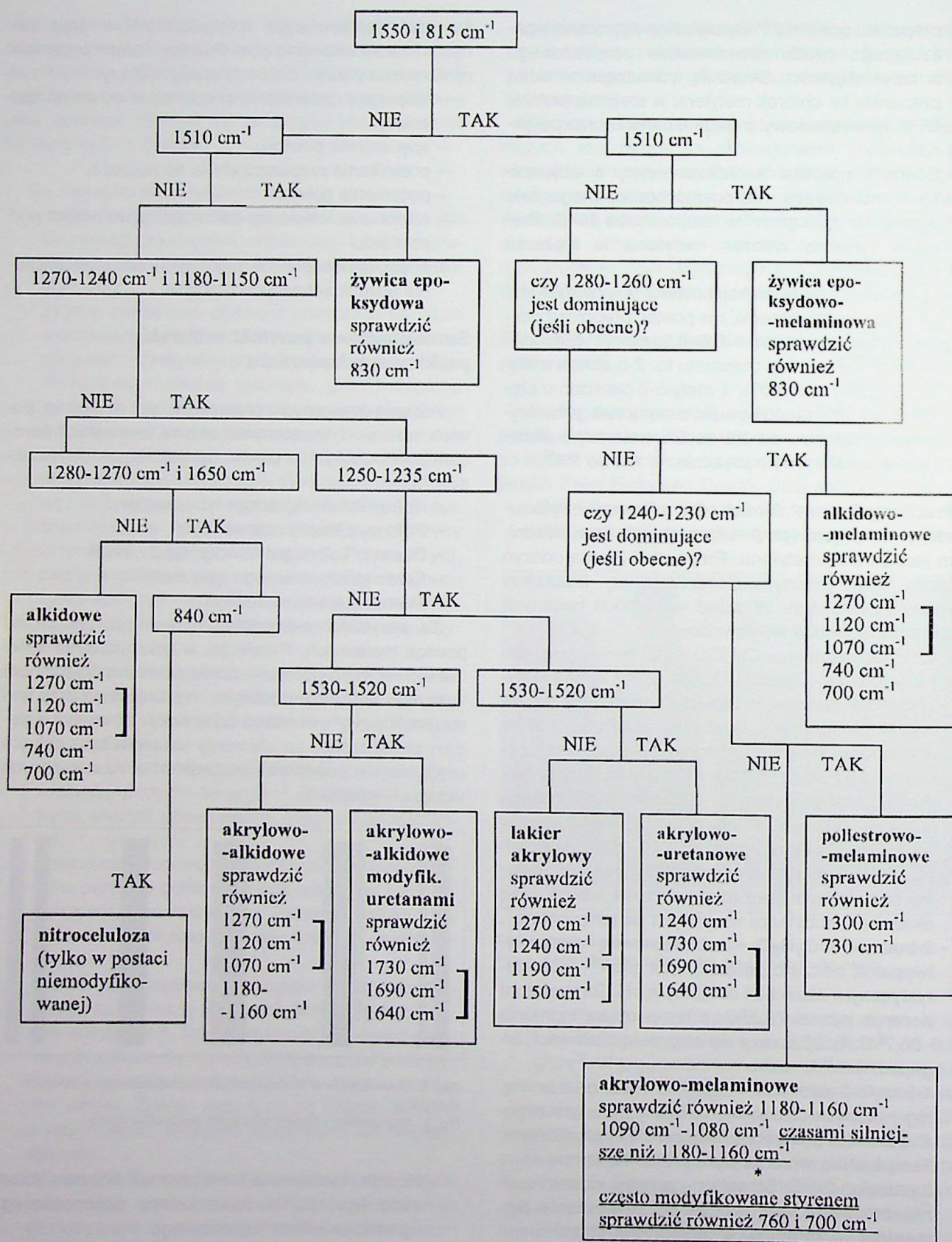
Ze wszystkich elementów karoserii pobrano próbki powłok malarskich. Próbkę tę, w celu ustalenia ilości i układu poszczególnych warstw, poddano oględzinom w świetle widzialnym odbitym. Wykorzystano przy tym stereoskopowy mikroskop badawczy. W wyniku oględzin stwierdzono, że elementy karoserii były pokryte oryginalnymi powłokami malarskimi o następujących układach warstw:



Ryc. 2. Układ warstw w poszczególnych samochodowych powłokach malarskich

Fig. 2. Arrangement of layers in specific automotive paints

- **Honda:** bezbarwna (zewnątrzna), bazowa koloru zielonego, podkładowa koloru ciemnoszarego i gruntowa koloru jasnoszarego.
- **Polonez:** bezbarwna (zewnątrzna), bazowa koloru czerwonego, podkładowa koloru białego i gruntowa koloru szarego.



Ryc. 3. Schemat klasyfikacji spoiw w samochodowych powłokach malarskich
Fig. 3. Classification of adhesive media in automotive paints

- **Daewoo:** bezbarwna (zewnątrzną), bazowa koloru grafitowego, podkładowa koloru jasnoszarego i gruntowa koloru beżowego.
- **Ford:** bezbarwna (zewnątrzną), bazowa koloru czarnego, podkładowa koloru ciemnoszarego i gruntowa koloru jasnoszarego.
- **Mercedes:** bezbarwna (zewnątrzną), bazowa koloru białego i podkładowa koloru szarego.

Układy warstw badanych powłok malarskich pochodzących z karoserii wybranych marek samochodów zilustrowano na rycinie 2 (warstwy bezbarwne przedstawionych powłok malarskich znajdują się z lewej strony).

Przygotowanie materiałów do badań

Badania przeprowadzono w warunkach laboratoryjnych, w temperaturze ok. 20°C i przy wilgotności powietrza około 40%. Powierzchnię wszystkich elementów karoserii przed badaniem umyto wodą destylowaną, a następnie, w celu usunięcia węglowodorów mogących pochodzić z tzw. kosmetyków samochodowych (np. wosków czy szamponów), odtłuszczono 95-procentowym roztworem alkoholu etylowego. Na elementy karoserii nanoszono próbki preparatów w postaci plam o średnicy około 1,5 cm. W tym celu użyto szklanych bagietek, innej dla każdego preparatu.

Badania substancji wiążących wchodzących w skład powłok malarskich

Pierwszym etapem oceny wybranych powłok malarskich była identyfikacja substancji wiążącej, wchodzącej w skład wielowarstwowych pokryć malarskich stosowanych na karoseriach pojazdów mechanicznych. Wydawało się bowiem, że będzie ona miała znaczący

wpływ na przebieg badań i ich wynik. Badania wykonano, wykorzystując spektrofotometr w podczerwieni firmy Shimadzu model FTIR 8400S. Zastosowano metodę transmisyjną z wykorzystaniem celi diamentowej dla próbek stałych (DC-2). Rodzaj substancji wiążącej określono według ryciny 3.

W wyniku badań stwierdzono, że wszystkie powłoki malarskie zostały wyprodukowane na bazie żywicy akrylowo-melaminowej. Żywice pochodzące z samochodów marki Daewoo, Ford i Polonez zostały dodatkowo zmodyfikowane styrenem.

Badania sposobu działania preparatów na wielowarstwowe pokrycia malarskie elementów karoserii samochodowych usytuowanych poziomo

Elementy karoserii, po naniesieniu na nie środków, rozmieszczane były poziomo, co nie pozwoliło preparatom spłynąć. Po wykonaniu kilku wstępnych prób z wykorzystaniem ww. substancji i fragmentów karoserii pochodzących z samochodu marki Daewoo stwierdzono, że preparaty na bazie chlorku metylenu usuwają wszystkie warstwy powłoki malarskiej w ciągu około godziny.

W związku z tym elementy karoserii, na które zadziało poszczególnymi preparatami, fotografowano w 20-minutowych odstępach, tj. w 20., 40. minucie i po 60 minutach. W przypadku preparatu V 33, który usuwał powłoki malarskie po upływie około 5 godzin, wykonano dodatkowe zdjęcia. Aby ukazać działanie środków na poszczególne warstwy powłok malarskich, przed wykonaniem poszczególnych fotografii naniesione wcześniej preparaty usuwano z powierzchni karoserii za pomocą gazików. Następnie, na kolejne 20 minut, w to samo miejsce ponownie nanoszono odpowiedni środek (ryc. 4–8; tab. 1–5).

Paint Remover

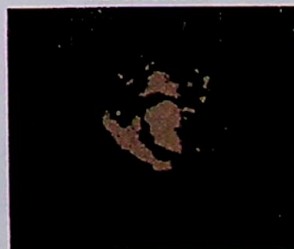
2 minuty



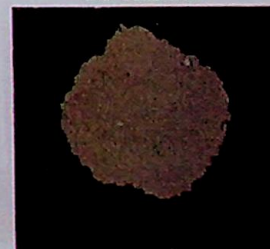
20 minut

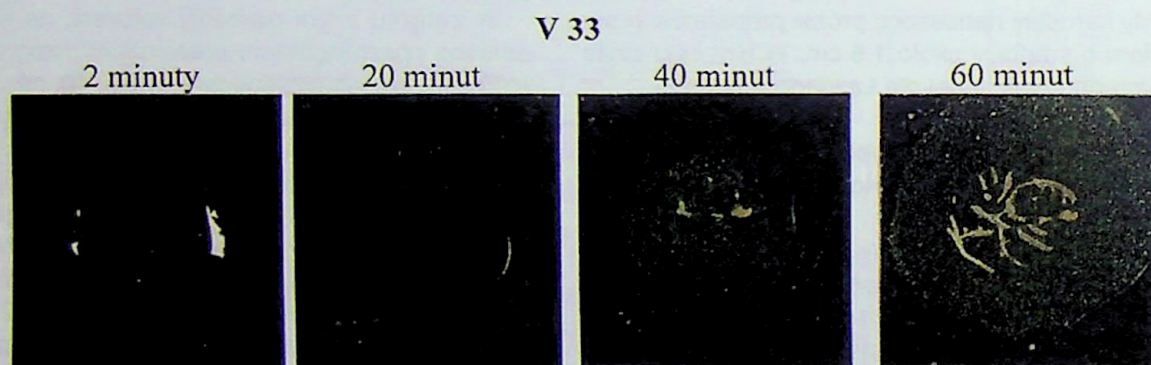
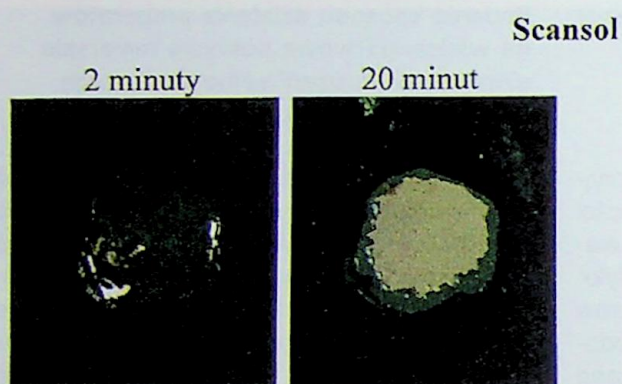
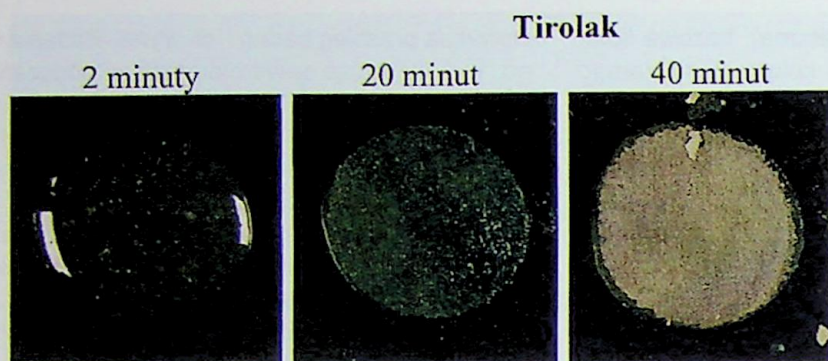


40 minut



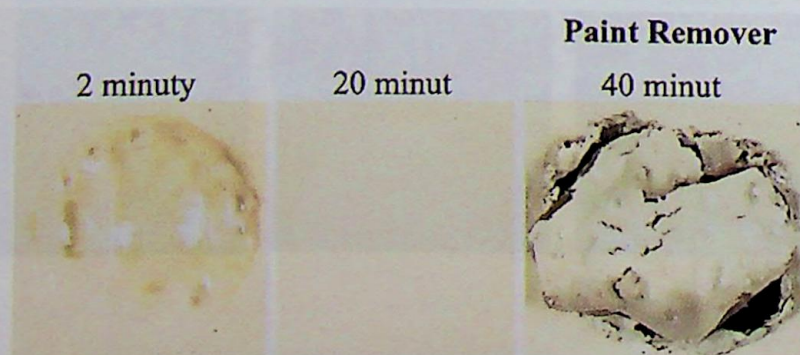
60 minut





Ryc. 4. Działanie preparatów do usuwania powłok malarskich na element karoserii samochodu marki Honda

Fig. 4. Activity of paint removers on element of Honda car body



Tirolak

2 minuty

20 minut

40 minut

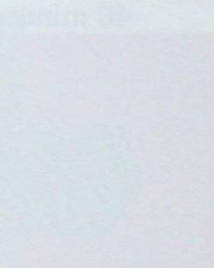
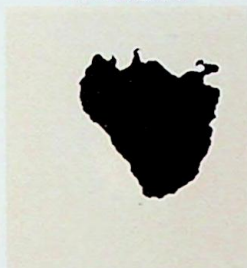


Scansol

2 minuty

20 minut

40 minut



V 33

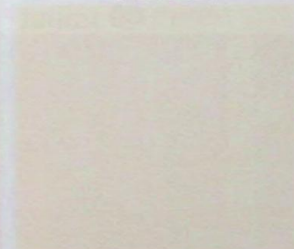
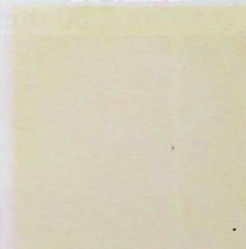
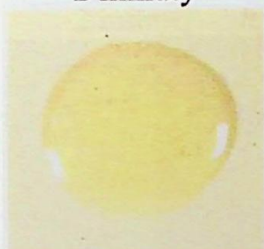
2 minuty

20 minut

40 minut

60 minut

5 godzin



Ryc. 5. Działanie preparatów do usuwania powłok malarskich na element karoserii samochodu marki Mercedes

Fig. 5. Activity of paint removers on element of Mercedes car body

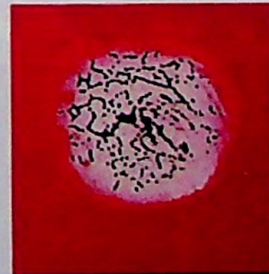
Paint Remover

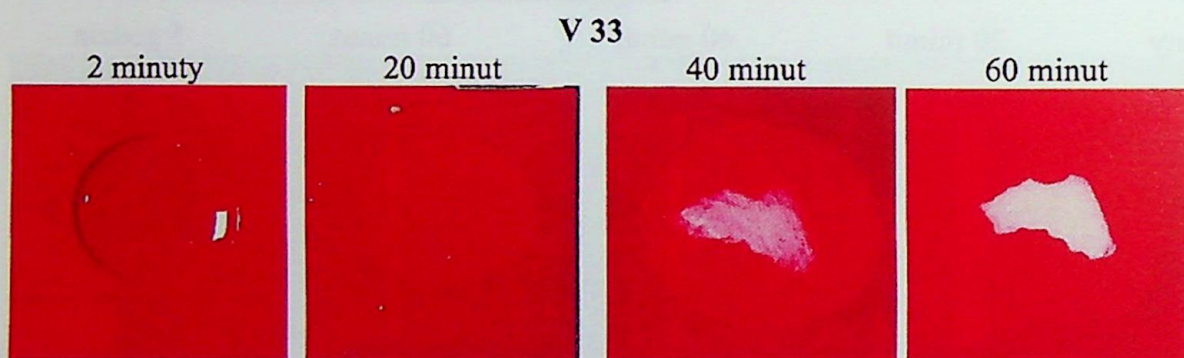
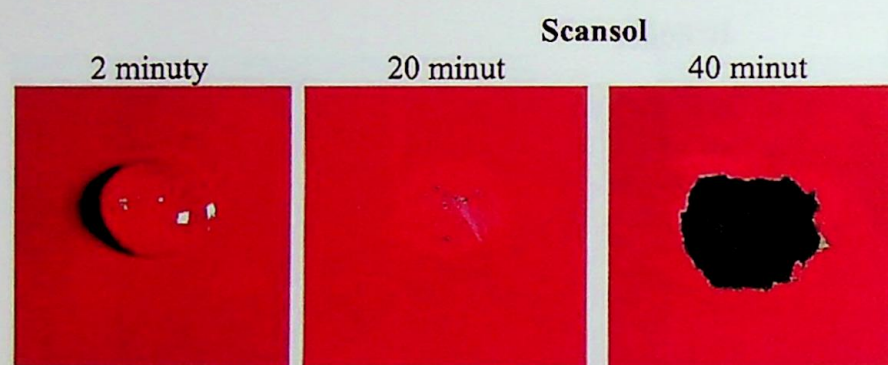
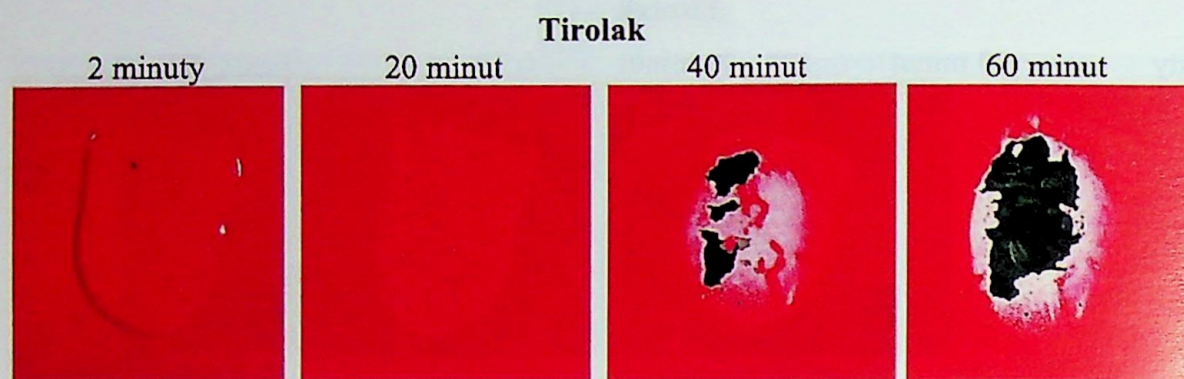
2 minuty

20 minut

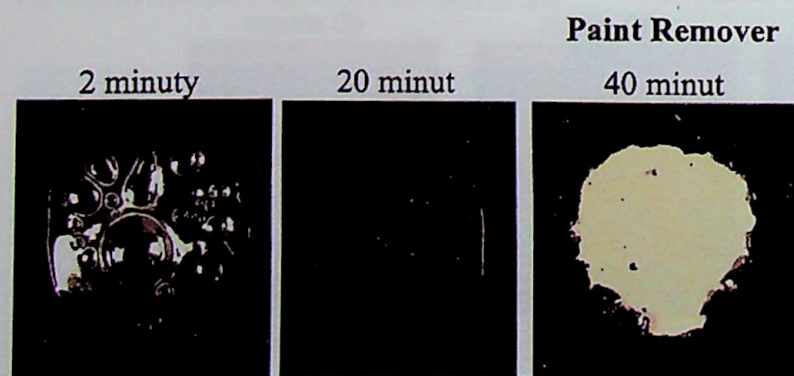
40 minut

60 minut





Ryc. 6. Działanie preparatów do usuwania powłok malarskich na element karoserii samochodu marki Polonez
Fig. 6. Activity of paint removers on element of Polonez car body



Tirolak

2 minuty



20 minut

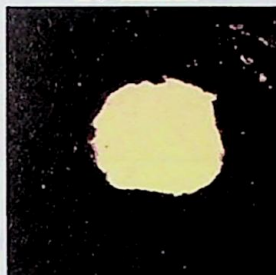


Scansol

2 minuty



20 minut



V 33

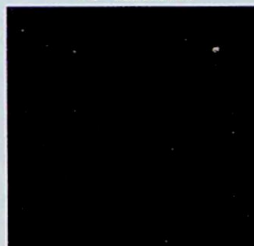
2 minuty



20 minut



40 minut



60 minut



5 godzin

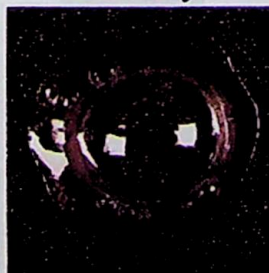


Ryc. 7. Działanie preparatów do usuwania powłok malarskich na element karoserii samochodu marki Ford

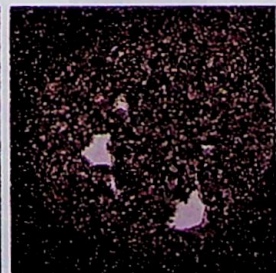
Fig. 7. Activity of paint removers on element of Ford car body

Paint Remover

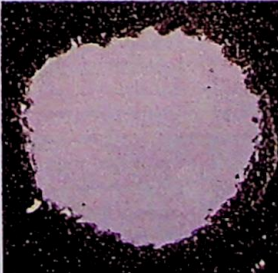
2 minuty



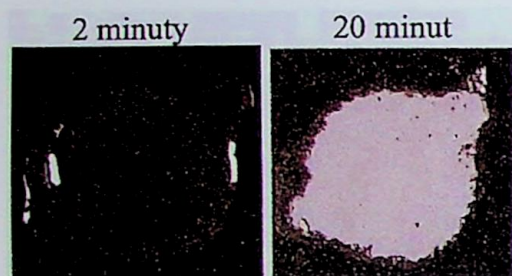
20 minut



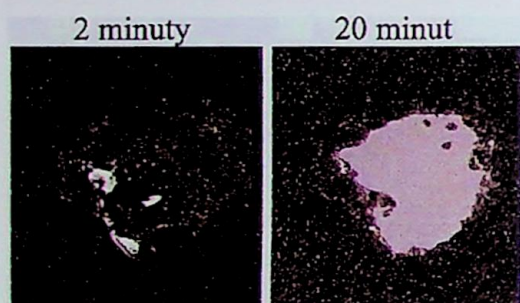
40 minut



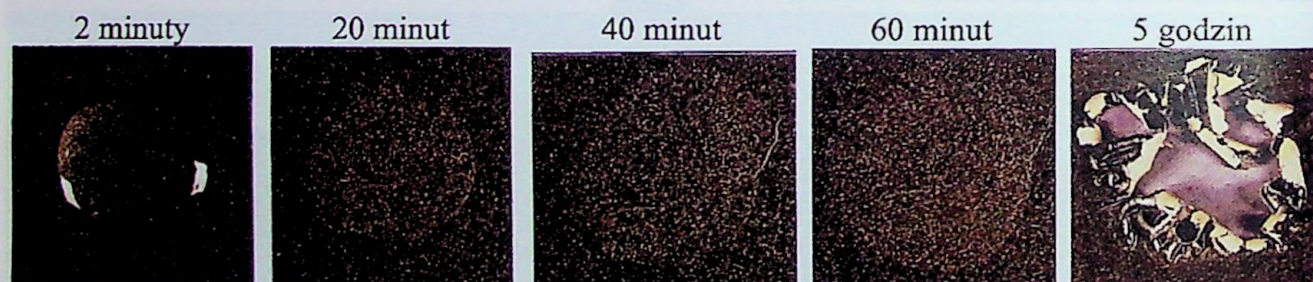
Tirolak



Scansol



V 33



Ryc. 8. Działanie preparatów do usuwania powłok malarskich na element karoserii samochodu marki Daewoo

Fig. 8. Activity of paint removers on element of Daewoo car body

Tabela 1

Opis działania preparatów do usuwania powłok malarskich na element karoserii samochodu marki Polonez

Description of activity of paint removers on element of Polonez car body

Preparat Czas działania	Paint Remover	Tirolak	V 33	Scansol
20 minut	częściowe usunięcie warstwy nawierzchniowej	usunięcie warstwy nawierzchniowej	napężnienie powłoki malarskiej i odbarwienie	usunięcie warstwy nawierzchniowej i częściowe usunięcie warstwy bazowej
40 minut	usunięcie warstwy nawierzchniowej i częściowe usunięcie warstwy bazowej	usunięcie warstwy nawierzchniowej i bazowej oraz częściowe usunięcie podkładu oraz warstwy gruntowej	usunięcie warstwy nawierzchniowej i częściowe usunięcie warstwy bazowej	usunięcie wszystkich warstw
60 minut	usunięcie warstwy nawierzchniowej bazowej i częściowe podkładu oraz warstwy gruntowej	usunięcie wszystkich warstw	całkowite usunięcie warstwy nawierzchniowej i bazowej	
5 godzin	utrzymał się stan uzyskany po 60 minutach		utrzymał się stan uzyskany po 60 minutach	

Tabela 2

Opis działania preparatów do usuwania powłok malarskich na element karoserii samochodu marki Daewoo
Description of activity of paint removers on element of Daewoo car body

Preparat Czas działania	Paint Remover	Tirolak	V 33	Scansol
20 minut	usunięcie warstwy nawierzchniowej i częściowe usunięcie warstwy bazowej, napęczenie warstw bazowej, podkładowej i gruntowej	usunięcie wszystkich warstw	napęczenie powłoki malarskiej	usunięcie wszystkich warstw
40 minut	usunięcie wszystkich warstw		napęczenie powłoki malarskiej	
60 minut			napęczenie powłoki malarskiej	
5 godzin			usunięcie wszystkich warstw	

Tabela 3

Opis działania preparatów do usuwania powłok malarskich na element karoserii samochodu marki Ford
Description of activity of paint removers on element of Ford car body

Preparat Czas działania	Paint Remover	Tirolak	V 33	Scansol
20 minut	napęczenie powłoki malarskiej	usunięcie wszystkich warstw	napęczenie powłoki malarskiej	usunięcie wszystkich warstw
40 minut	usunięcie wszystkich warstw		napęczenie powłoki malarskiej	
60 minut			napęczenie powłoki malarskiej	
5 godzin			usunięcie wszystkich warstw	

Tabela 4

Opis działania preparatów do usuwania powłok malarskich na element karoserii samochodu marki Mercedes
Description of activity of paint removers on element of Mercedes car body

Preparat Czas działania	Paint Remover	Tirolak	V 33	Scansol
20 minut	napęczenie i odbarwienie powłoki malarskiej	napęczenie i odbarwienie powłoki malarskiej	napęczenie i odbarwienie powłoki malarskiej	usunięcie wszystkich warstw
40 minut	usunięcie wszystkich warstw	usunięcie wszystkich warstw	napęczenie i odbarwienie powłoki malarskiej	
60 minut			napęczenie i odbarwienie powłoki malarskiej	
5 godzin			usunięcie wszystkich warstw	

Tabela 5

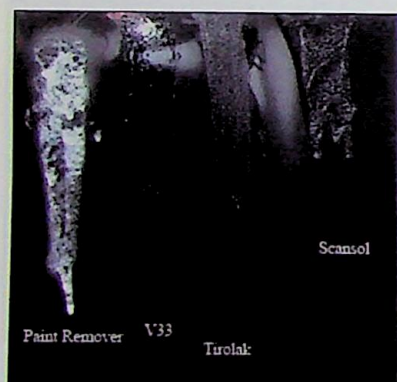
Opis działania preparatów do usuwania powłok malarskich na element karoserii samochodu marki Honda

Description of activity of paint removers on element of Honda car body

Preparat Czas działania	Paint Remover	Tirolak	V 33	Scansol
20 minut	usunięcie warstwy nawierzchniowej	usunięcie warstwy nawierzchniowej i częściowe usunięcie warstwy bazowej	napężnienie i odbarwienie powłoki malarskiej	usunięcie wszystkich warstw
40 minut	usunięcie warstwy nawierzchniowej i częściowe usunięcie warstwy bazowej	usunięcie wszystkich warstw	częściowe usunięcie warstwy nawierzchniowej	
60 minut	usunięcie wszystkich warstw		całkowite usunięcie warstwy nawierzchniowej i częściowe usunięcie warstwy bazowej	
5 godzin			utrzymał się stan uzyskany po 60 minutach	

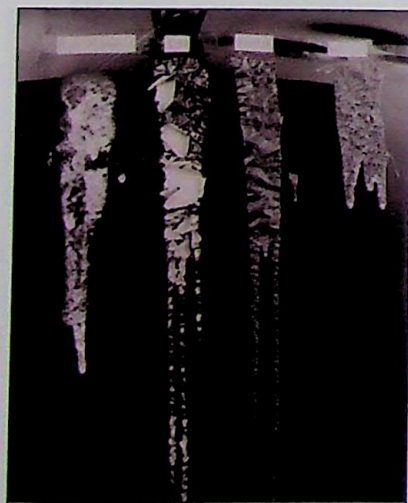
Badania sposobu działania preparatów na wielowarstwowe pokrycia malarskie bocznych elementów karoserii samochodowych

W celu sprawdzenia, czy nachylenie elementów karoserii w stosunku do podłoża wpływa na siłę i sposób



Ryc. 9. Preparaty tuż po naniesieniu ich na element karoserii samochodu marki Ford (od lewej: Paint Remover, V 33, Tirolak, Scansol)

Fig. 9. Substances immediately after being imposed on Ford car body (from left: Paint Remover, V 33, Tirolak, Scansol)



Ryc. 10. Powłoka malarska po upływie około 5 godzin od momentu naniesienia preparatów na element karoserii samochodu marki Ford

Fig. 10. Paint coat after 5 hours since the imposition of paint removers on Ford car body

działania preparatów, substancje naniesiono na element karoserii samochodu marki Ford. Fragment karoserii od chwili, w której preparaty nanoszono, był umieszczony pod kątem około 90° w stosunku do podłoża, co miało imitować położenie bocznych elementów karoserii, np. drzwi czy błotników (ryc. 9).

Na podstawie wyników doświadczenia stwierdzono, że kąt pochylenia elementu karoserii nie wpłynął istotnie na działanie poszczególnych preparatów. Na całej powierzchni styku preparat – powłoka malarska nastąpiło całkowite usunięcie jej wszystkich warstw (ryc. 10).

Badania wpływu warunków atmosferycznych na sposób działania preparatów na wielowarstwowe pokrycia malarskie elementów karoserii samochodowych

Aby ustalić, w jaki sposób poszczególne preparaty do usuwania powłok malarskich działają na karoserię samochodu w warunkach rzeczywistych, naniesiono je na element karoserii pochodzący z samochodu marki Mercedes. Element ten wystawiono następnie na działanie warunków atmosferycznych na 72 godziny. W tym czasie temperatura powietrza wahała się od -2°C do 10°C, wystąpiły również opady deszczu. W efekcie w wyniku użycia dwóch preparatów, a mianowicie Scansol i Tirolak, zostały usunięte wszystkie warstwy powłoki malarskiej. W przypadku preparatu Paint Remover powłoka malarska została usunięta w miejscach występowania mechanicznych uszkodzeń powierzchni. Preparat V33 nie uszkodził w sposób widoczny elementu karoserii.

Badania sposobu działania innych substancji na wielowarstwowe pokrycia malarskie elementów karoserii samochodowych

Ponieważ z praktyki wynika, że do uszkodzania samochodowych powłok malarskich wykorzystywane są również środki żrące występujące w gospodarstwie domowym, postanowiono również sprawdzić sposób ich działania oraz możliwości wykrywcze i identyfikacyjne. Wybrane do badań elementy karoserii poddano działaniu:

- płynu hamulcowego DOT-4 (mieszanina glikoli i ich estrów oraz poliglikoli),
- płynu akumulatorowego (37-procentowy wodny roztwór kwasu siarkowego).

Ponadto sprawdzono działanie na powłoki malarskie czystych rozpuszczalników, takich jak:

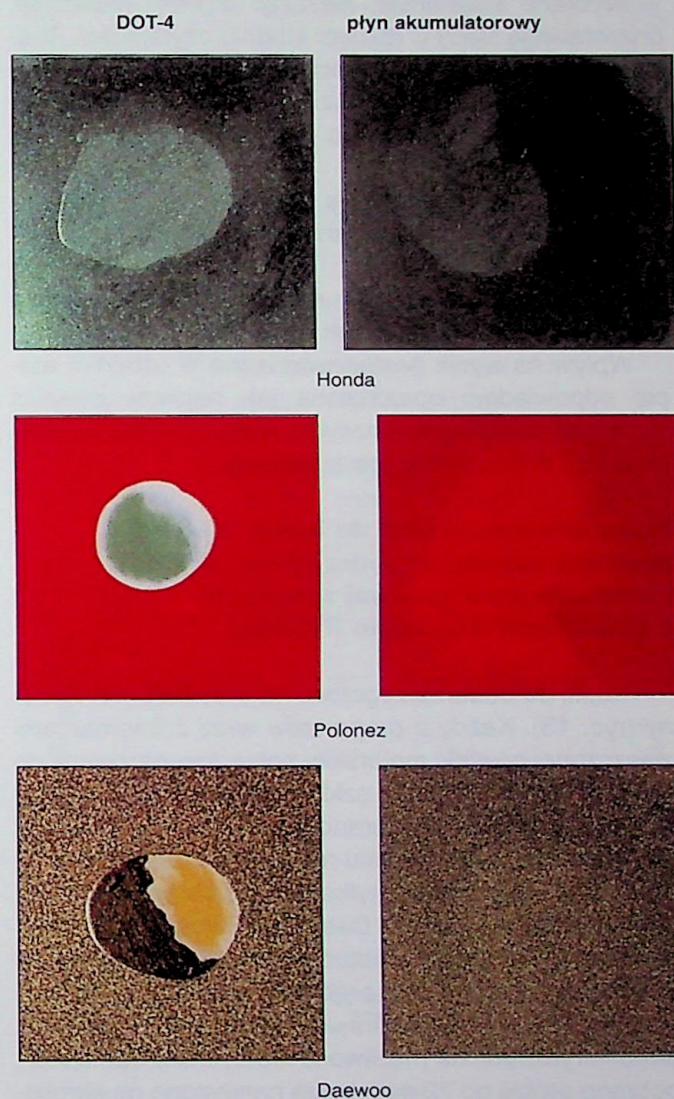
- chlorek metylenu,
- chloroform,
- czterochlorek węgla,
- 2-butanon.

Próbki płynu hamulcowego i płynu akumulatorowego nanoszono tym samym sposobem, jak środki do usuwania powłok malarskich. Chlorek metylenu, chloroform, czterochlorek węgla oraz 2-butanon naniesiono na karoserię samochodu marki Daewoo, przykładając do niej nasączone ww. substancjami waciki. Te zaś, w celu ograniczenia parowania substancji, przykryto szklanymi szalkami Petriego.

- **Płyn hamulcowy po 24-godzinny** działaniu spowodował uszkodzenie (zmatowienie warstwy nawierzchniowej) powłok malarskich samochodów marki Honda, Polonez i Daewoo. Na elementach karoserii mercedesa i forda nie stwierdzono widocznych uszkodzeń.
- **Płyn akumulatorowy po 24-godzinny** działaniu spowodował usunięcie dwóch zewnętrznych warstw powłok malarskich samochodów marki Polonez i Daewoo. W przypadku elementu karoserii hondy nastąpiło jedynie uszkodzenie (zmatowienie) warstwy nawierzchniowej. Płyn akumulatorowy nie uszkodził elementów karoserii samochodów marki Mercedes i Ford.
- **Chloroform oraz 2-butanon po 24-godzinny** działaniu spowodowały usunięcie wszystkich warstw powłoki malarskiej elementu karoserii samochodu marki Daewoo.
- **Chlorek metylenu po 24-godzinny** działaniu spowodował zmatowienie warstwy nawierzchniowej powłoki malarskiej.

W przypadku działania **czterochloru węgla** nie zaobserwowano żadnych uszkodzeń powłok malarskich.

Uszkodzenia karoserii spowodowane przez ww. substancje zostały przedstawione na rycinach 11 i 12.



Ryc. 11. Uszkodzenia samochodowych powłok malarskich DOT-4 i płynem akumulatorowym

Fig. 11. Damages of automotive paint with DOT-4 and accumulator fluid



Ryc. 12. Uszkodzenia samochodowej powłoki malarskiej samochodu marki Daewoo wybranymi płynami

Fig. 12. Damages of paint of Daewoo car with selected fluids

Metodyka badań identyfikacyjnych użytych preparatów

Wybrane substancje, niszcząc powłoki malarskie, pozostawiają ślady o różnym stopniu czytelności. Znaczący wpływ na możliwości identyfikacyjne użytego środka, tak jak zostało to już podkreślone, mają:

- warunki atmosferyczne panujące w chwili działania substancji,
- sposób zabezpieczania śladów,
- warunki przechowywania zabezpieczonych śladów,
- czas, jaki upłynął od momentu zabezpieczenia śladów do momentu ich badania.

Wpływ na wynik postępowania ma w ostatnim etapie odpowiednio opracowana jak najskuteczniejsza metodyka badań analitycznych, która powinna zagwarantować wykrycie danych substancji.

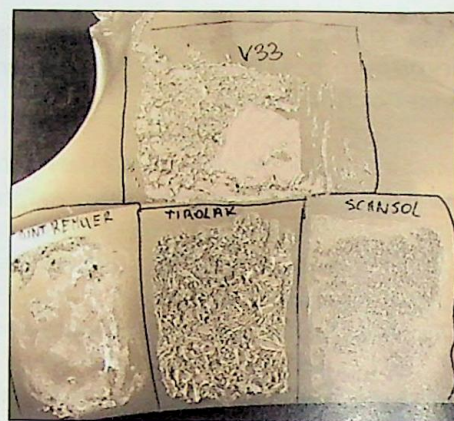
Przygotowanie próbek do badań metodami spektrofotometrii w podczerwieni (FTIR) i chromatografii gazowej sprzężonej z detektorem masowym (GC/MS)

Próbki do badań przygotowano w sposób już opisany (ryc. 13). Każdy z preparatów wraz z fragmentami zniszczonej powłoki malarskiej pobierano następnie do zamykanych zakrętek, szklanych probówek o pojemności 5 ml. Probki pobierano po: 2, 6, 24, 48, 72, 80 i 96 godzinach od momentu naniesienia. Do badań metodą FTIR wykorzystano tylko próbki pobrane z karoserii samochodów marki Daewoo, Polonez i Honda. W przypadku badań metodą GC/MS wykorzystano wszystkie przygotowane próbki.

Dodatkowo, w celu sprawdzenia wpływu warunków atmosferycznych na możliwość identyfikacji substancji, pobrano próbki po 72 godzinach naniesione na karoserię samochodu marki Mercedes, cały czas wystawionej na działanie warunków atmosferycznych.

Do czasu rozpoczęcia badań wszystkie pobrane próbki były przechowywane w warunkach pokojowych około trzech tygodni. Warunki te miały symulować czas upływający od momentu prawidłowego zabezpieczenia śladu do chwili rozpoczęcia badań w laboratorium kryminalistycznym.

W przypadku badań zarówno metodą FTIR, jak i GC/MS w analizowanych próbkach szukano głównych związków wchodzących w skład preparatów, a mianowicie: chlorku metylenu oraz 2-butanonu i 1-metylo-2-pirolidonu. Obecność chlorku metylenu jest charakterystyczna dla preparatów: Scansol, Tirolak i Paint Remover, natomiast obecność 2-butanonu i 1-metylo-2-pirolidonu dla środka V 33.



Ryc. 13. Sposób naniesienia preparatów na jeden z elementów karoserii oraz wygląd powłoki malarskiej po zadziałaniu preparatów: V 33, Tirolak, Scansol i Paint Remover

Fig. 13. Manner of imposition of substances onto an element of car and view of paint coat after treatment with V 33, Tirolak, Scansol and Paint Remover

Badania metodą FTIR

Przygotowane próbki poddano badaniom z użyciem spektrofotometru w podczerwieni firmy Shimadzu model FTIR 8400S metodą transmisyjną z wykorzystaniem celi diamentowej dla próbek stałych (DC-2). Użyte widma poszczególnych substancji porównywano z widmami zarejestrowanymi dla próbek preparatów pobieranych bezpośrednio z opakowań, w których były konfekcjonowane, oraz z widmami znajdującymi się w bibliotekach. Wykonano również dwa widma wzorcowe dla czystych substancji występujących w badanych preparatach, a mianowicie dla chlorku metylenu i 2-butanonu.

Po przeprowadzeniu badań stwierdzono, że:

– po 2 godzinach działania uzyskane widma (preparaty: Scansol, Tirolak, Paint Remover; samochody marki: Daewoo, Polonez i Honda) zawierają m.in. piki charakterystyczne dla chlorku metylenu.

– po 6 godzinach działania uzyskane widma próbek po działaniu Scansolu i Tirolaku zawierają m.in. piki charakterystyczne dla chlorku metylenu. Dla próbek pobranych po działaniu preparatu Paint Remover obecność chlorku metylenu w widmie stwierdzono na elemencie karoserii pochodzącym jedynie z samochodu marki Polonez.

– po 24 godzinach działania uzyskane widma próbek nie zawierały pików charakterystycznych dla chlorku metylenu.

W przypadku preparatu V 33 obecność 1-metylo-2-pirolidonu stwierdzono jeszcze po 24 godzinach na wszystkich wybranych do badań elementach karoserii.

Widma charakterystyczne dla 2-butanonu uzyskano dla próbek pobranych ze wszystkich badanych elementów karoserii jeszcze po 6 godzinach. Dla próbek pobranych po 24 godzinach obecność 2-butanonu

stwierdzono na elementach karoserii pochodzących z samochodów marki Honda i Polonez, natomiast po 48 godzinach w żadnej z badanych próbek nie stwierdzono obecności 2-butanonu.

Szczegółowe wyniki badań przedstawiono w tabelach 6 i 7.

Tabela 6

Czasy, po jakich stwierdzano jeszcze obecność chlorku metylenu na karoseriach poszczególnych samochodów potraktowanych preparatami

Time after which the presence of methylene chloride was still detected on body of specific cars treated with substances

Czas [h]	Polonez	Daewoo	Honda
Scansol i Tirolak			
2	+	+	+
6	+	+	+
24	–	–	–
Paint Remover			
2	+	+	+
6	+	–	–
24	–	–	–

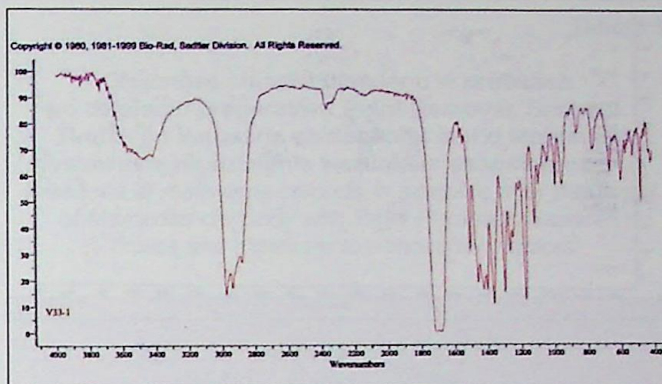
Tabela 7

Czasy, po jakich stwierdzano jeszcze obecność 1-metylo-2-pirolidonu i 2-butanonu na karoseriach samochodów potraktowanych preparatem V 33

Times after which the presence of 1-methyl-2-pyrrolidone and 2-butanone was still detected on car body treated with V 33 substance

Czas [h]	Polonez	Daewoo	Honda
1-metylo-2-pirolidon			
2	+	+	+
6	+	+	+
24	+	+	+
2-butanon			
2	+	+	+
6	+	–	+
24	+	–	+

Na rycinach 14–20 przedstawiono widma oraz częstotliwości pasm drgań dla preparatów V 33, Tirolak, Scansol, Paint Remover oraz dla charakterystycznych substancji wchodzących w skład tych preparatów, a więc chlorku metylenu, 2-butanonu i 1-metylo-2-pirolidonu.

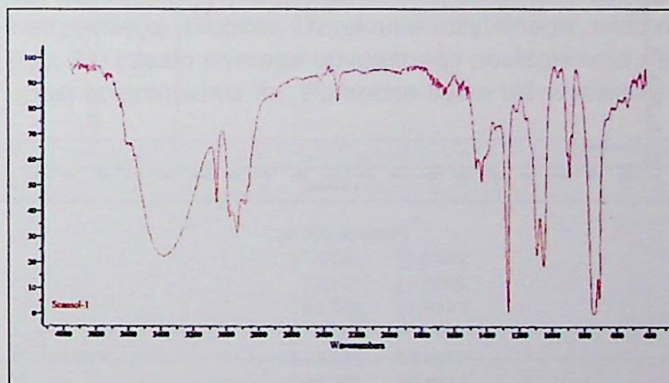


Pozycje pików:

2975.96	1504.37	1263.29
2937.38	1460.01	1172.64
1714.6	1427.23	1112.85
1701.1	1404.08	1085.85
1689.53	1365.51	985.557
1681.81	1298	945.055

Ryc. 14. Widmo w podczerwieni oraz częstotliwości pasm drgań charakterystycznych dla preparatu V 33

Fig. 14. Infrared spectrum and band vibration frequency characteristic for V 33



Pozycje pików:

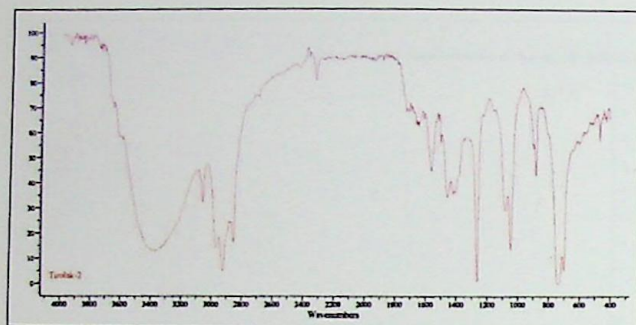
3055.03	881.408
2929.67	744.472
1421.44	740.614
1265.22	732.9
1087.78	705.898
1047.27	

Ryc. 15. Widmo w podczerwieni oraz częstotliwości pasm drgań charakterystycznych dla preparatu Scansol

Fig. 15. Infrared spectrum and band vibration frequency characteristic for Scansol

Badania metodą GC/MS

Badania przygotowanych próbek preparatów przeprowadzono metodą chromatografii gazowej sprzężonej ze spektrometrem mas GC/MS TraceGC 2000/PolarisQ firmy Finnigan z analizatorem w postaci pułapki jonowej. Analizy wykonano metodą mikroekstrakcji

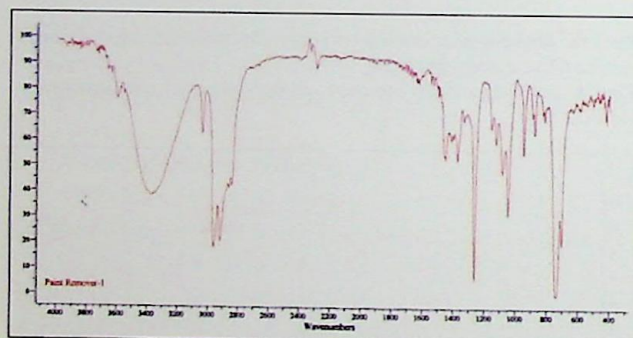


Pozycje pików:

3382.91	1456.16	748.329
3055.03	1419.51	740.614
2972.1	1265.22	703.969
2925.81	1083.92	466.741
2854.45	1049.2	
1558.38	879.48	

Ryc. 16. Widmo w podczerwieni oraz częstotliwości pasm drgań charakterystycznych dla preparatu Tirolak

Fig. 16. Infrared spectrum and band vibration frequency characteristic for Tirolak



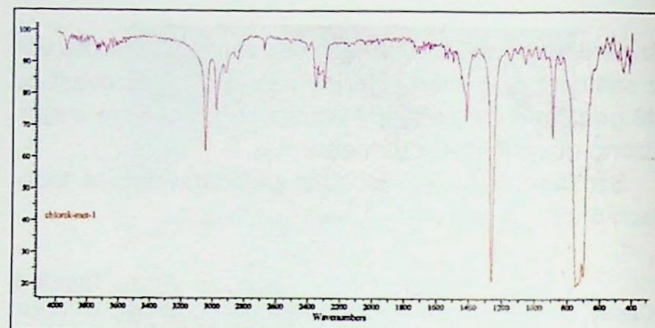
Pozycje pików:

2970.17	1087.78
2925.81	1049.2
1456.16	950.841
1379.01	881.4
1265.22	740.614
1128.28	705.898

Ryc. 17. Widmo w podczerwieni oraz częstotliwości pasm drgań charakterystycznych dla preparatu Paint Remover

Fig. 17. Infrared spectrum and band vibration frequency characteristic for Paint Remover

do fazy stałej SPME z wykorzystaniem włókna sorpcyjnego (firmy Supelco) pokrytego fazą polidimetylosiloksanu (PDMS) o grubości 100 μm . Zastosowano kolumnę kapilarną RTX – 5MS o średnicy 0,25 mm, długości 15 m i grubości filmu 0,25 μm . Rozdział odbywał się w zaprogramowanym gradiencie temperatury: 40°C – 5 minut, 40°C – 280°C z przyrostem 16°C na minutę i 280°C na 5 minut. Całkowity czas analizy wynosił 25 minut, a temperatura dozownika 240°C. Gazem nośnym był hel o przepływie przez kolumnę 1 ml/min. Skanowanie odbywało się w zakresie wartości m/z od 10 do 450.

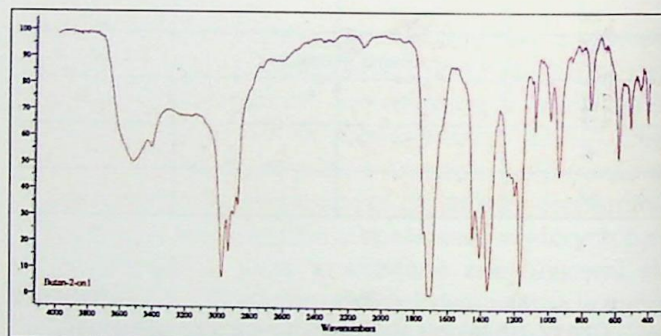


Pozycje pików:

3053.11	1265.22
2985.6	894.909
2925.81	750.258
2360.71	705.898
2306.71	455.169
1421.44	418.524

Ryc. 18. Widmo w podczerwieni oraz częstotliwości pasm drgań charakterystycznych dla chlorku metylenu

Fig. 18. Infrared spectrum and band vibration frequency characteristic for methylene chloride



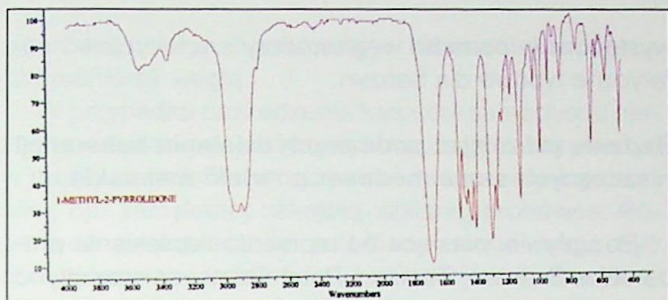
Pozycje pików:

3525.63	1415.65	945.055
2979.82	1365.51	759.901
2939.31	1209.28	590.177
1724.24	1172.64	518.81
1710.74	1087.78	406.952
1460.01	997.129	

Ryc. 19. Widmo w podczerwieni oraz częstotliwości pasm drgań charakterystycznych dla 2-butanonu

Fig. 19. Infrared spectrum and band vibration frequency characteristic for 2-butanone

Probówki z preparatami na czas ekstrakcji (w celu zwiększenia jej wydajności) umieszczano na 15 minut w termobloku nastawionym na temperaturę 40°C. Aby uniknąć uszkodzenia włókna przez chlorek metylenu, który jest dobrym rozpuszczalnikiem fazy PDMS, badania preparatów rozpoczęto od próbek pobranych z elementów karoserii po 72 godzinach. Przed wykonaniem analizy włókno sorpcyjne poddano kondycjonowaniu w gorącym dozowniku chromatografu gazowego zgodnie z wytycznymi producenta. Kondycjonowanie włókna przeprowadzono również przed badaniem próbek preparatów pobranych po 80 i 96 godzinach. Zarejestrowane widma masowe wykrytych związków porów-



Pozycje pików:

2924	1298	928
2884	1265	851
1684	1227	656
1504	1173	559
1460	1113	471
1427	1024	
1402	986	

Ryc. 20. Widmo w podczerwieni oraz częstotliwości pasm drgań charakterystycznych dla 1-metylo-2-pirolidonu

Fig. 20. Infrared spectrum and band vibration frequency characteristic for 1-methyl-2-pyrrolidone

nywano ze znajdującymi się w bibliotece NIST 98 widmami masowymi chlorku metylenu, 2-butanonu i 1-metylo-2-pirolidonu.

Wyniki badań przedstawiono w tabelach 8 i 9.

Tabela 8

Obecność chlorku metylenu w próbkach po działaniu preparatów: Paint Remover, Scansol, Tirolak na karoserie samochodów

Presence of methylene chloride in samples after treatment of car with Paint Remover, Scansol, Tirolak

Czas [h]	Polonez	Daewoo	Honda	Ford
preparat Paint Remover				
24	+	+	nie badano	nie badano
48	+	—	—	—
72	—	—	—	—
preparat Scansol				
72	+	+	+	+
80	+	+	+	+
96	+	+	+	+
preparat Tirolak				
72	+	—	+	+
80	+	—	—	+
96	—	—	—	+

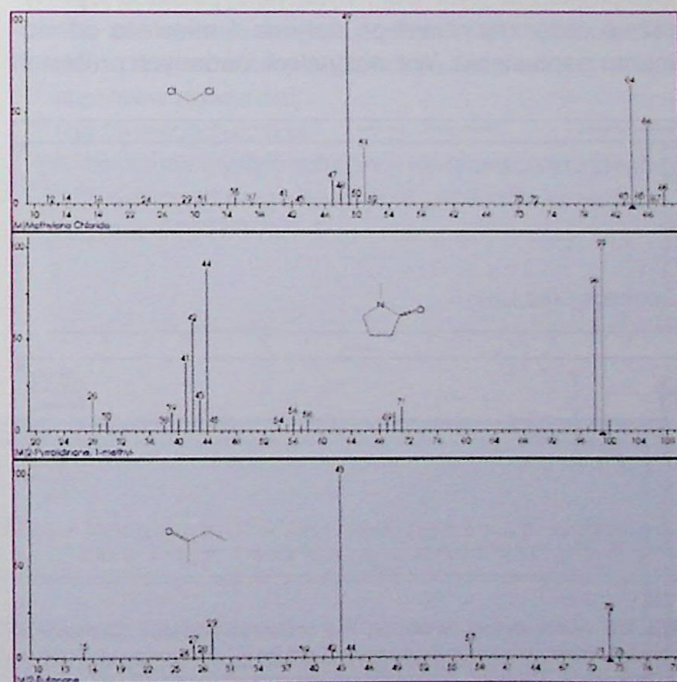
Poniżej przedstawiono wybrane chromatogramy oraz widma masowe uzyskane dla badanych próbek, a także widma masowe związków charakterystycznych

Tabela 9

Obecność chlorku metylenu w próbkach po działaniu preparatów: Paint Remover, Scansol, Tirolak na karoserię samochodu marki Mercedes wystawioną na działanie warunków atmosferycznych
Presence of methylene chloride in samples after treatment of Mercedes car body with Paint Remover, Scansol, Tirolak and exposure to atmospheric factors

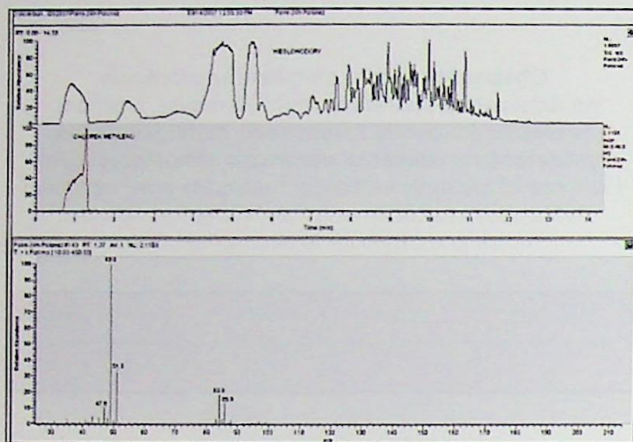
Czas [h]	Tirolak	Scansol	Paint Remover
72	+	+	—

dla badanych preparatów: chlorku metylenu, 2-butanonu i 1-metylo-2-pirolidonu. W przypadku chlorku metylenu w jego widmie masowym najbardziej charakterystyczne są cztery jony o wartościach m/z równych 49, 51, 84 i 86. Ponieważ rozdział chromatograficzny lotnych związków na stosunkowo krótkiej 15-metrowej kolumnie jest mało efektywny, CH_2Cl_2 nie jest wykrywany w postaci ostrego, wyodrębnionego piku, lecz w postaci dość szerokiego „pasma”, częściowo nakładającego się na sygnały pochodzące z powietrza (jony 28, 32, 18, 40, 44) oraz innych lotnych składników we wstrzykniętej próbce. Uzyskanie czytelnego widma (ryc. 21) często wymaga umiejętnego posługiwania się opcją odejmowania tła. Pomocne bywa też wyświetle-



Ryc. 21. Widma masowe chlorku metylenu, 1-metylo-2-pirolidonu oraz 2-butanonu (biblioteka NIST 98)

Fig. 21. Mass spectra of methylene chloride, 1-methyl-2-pyrrolidone and 2-butanone (NIST 98 library)

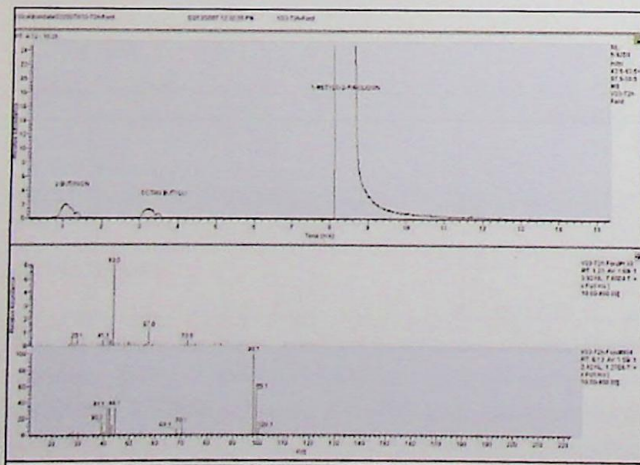


Ryc. 22. Wynik analizy SPME GC/MS próbki preparatu Paint Remover pobranej z powłoki malarskiej samochodu Polonez po 24 godzinach od momentu naniesienia. Od góry: chromatogram całkowitego prądu jonowego (TIC), chromatogram prądu jonowego 49, widmo masowe charakterystyczne dla CH_2Cl_2 .

Fig. 22. Result of SPME GC/MS analysis of Paint Remover sample collected from Polonez car paint coat after 24 hours since imposition. From the top: Total Ion Current (TIC) chromatogram, ion current 49 chromatogram, mass spectrum characteristic for CH_2Cl_2 .

nie wyniku w postaci chromatogramu odpowiedniego prądu jonowego (ryc. 22).

W próbkach V 33 pobranych po 72 godzinach od momentu naniesienia stwierdzono obecność dwóch głównych składników preparatu: 2-butanonu i 1-metylo-2-pirolidonu (ryc. 23). 1-metylo-2-pirolidon był wyraźnie widoczny nawet po upływie 1 miesiąca od momentu naniesienia. We wszystkich badanych próbkach



Ryc. 23. Wynik analizy SPME GC/MS próbki preparatu V 33 pobranej z powłoki malarskiej samochodu marki Ford po 72 godzinach od momentu naniesienia. Od góry: chromatogram prądów jonowych 43 i 98, widma masowe charakterystyczne dla 2-butanonu i 1-metylo-2-pirolidonu.

Fig. 23. Result of SPME GC/MS analysis of V 33 sample collected from Ford car paint coat after 72 hours since imposition. From the top: Total Ion Current (TIC) 43 and 98 chromatogram, mass spectra characteristic for 2-butanone and 1-methyl-2-pirolidone.

występowały ponadto węglowodory aromatyczne i alifatyczne typowe dla benzyn.

Badanie pH miejsc poddanych działaniu substancji niszczących samochodowe powłoki malarskie

Po upływie miesiąca od momentu naniesienia preparatów Scansol, Tirolak i Paint Remover oraz płynu akumulatorowego na elementy karoserii zbadano pH naniesionych substancji. Do badań wykorzystano zwilżone wodą destylowaną uniwersalne papierki wskaźnikowe firmy POCH Gliwice, które przykładano następnie do karoserii w miejscach naniesienia ww. substancji. Wszystkie badane preparaty do usuwania powłok malarskich wykazały odczyn $\text{pH} = 10$, a płyn akumulatorowy $\text{pH} = 2$.

Podsumowanie

W oparciu o uzyskane wyniki badań stwierdzono, że preparaty do usuwania powłok malarskich mogą w ciągu 10–20 minut uszkodzić, a niektóre z nich nawet całkowicie usunąć wszystkie warstwy samochodowej powłoki malarskiej. Najsilniejszymi preparatami, które mogły usunąć powłoki malarskie ze wszystkich wybranych do badań elementów karoserii, były Scansol i Tirolak. Paint Remover okazał się mniej skuteczny. W przypadku elementu karoserii samochodu marki Polonez preparat nie usunął warstwy podkładowej.

Najwolniej działającym i najmniej skutecznym preparatem spośród badanych był V 33. Preparat ten nie usunął wszystkich warstw powłok malarskich karoserii samochodów marki Polonez i Honda, w pozostałych przypadkach usunięcie wszystkich warstw powłok nastąpiło po blisko 5 godzinach.

Ze względu na konsystencję preparatów (pianka, żel) kąt pochylenia elementów karoserii samochodu nie wpływa znacząco na ich działanie. Ważnym czynnikiem obniżającym efektywność zastosowania preparatów są warunki atmosferyczne, tj. niska temperatura od -20°C do 10°C oraz opady deszczu czy śniegu.

Głównym składnikiem – rozpuszczalnikiem, który wchodzi w skład preparatów Scansol, Tirolak i Paint Remover jest chlorek metylenu. W przypadku preparatu V 33 są to 2-butanon i 1-metylo-2-pirolidon. W skład wszystkich badanych preparatów wchodzi węglowodory.

Rozpuszczalniki zawarte w ww. preparatach oraz np. chloroform w czystej postaci, ze względu na swoje właściwości fizyczne (bardzo lotne płyny), nie uszkodziły powłoki malarskiej. Dopiero po zabezpieczeniu ich przed odparowaniem powłoka malarska ulega uszkodzeniu. Mało skutecznymi substancjami okazały

się również płyn hamulcowy i akumulatorowy oraz czterochlorek węgla.

W przypadku uszkodzenia karoserii samochodu nieznaną substancją należy ową substancję zabezpieczyć w możliwie najkrótszym czasie – w szczelnym pojemniku, np. zamykanej zakrętką szklanej probówce. Poprawnie zabezpieczone próbki do badań mogą być przechowywane w temperaturze pokojowej przez miesiąc, a najprawdopodobniej znacznie dłużej. Zabezpieczenie substancji w ciągu 6 godzin od momentu jej naniesienia na karoserię umożliwi identyfikację głównych składników metodą spektrofotometrii w podczerwieni.

Metodą badawczą, która umożliwia zidentyfikowanie chlorku metylenu (główny składnik trzech spośród czterech wybranych do badań preparatów) nawet po 96 godzinach od momentu naniesienia badanych substancji na karoserię, jest metoda GC/MS z wykorzystaniem mikroekstrakcji do fazy stałej SPME. Główny składnik preparatu V 33, tj. 2-butanon, jest wykrywalny omawianą metodą po 72 godzinach, a 1-metylo-2-pirolidon nawet po miesiącu od momentu naniesienia na karoserię. Uzyskanie widma w podczerwieni charakterystycznego dla węglowodorów, których widma zostały przedstawione, może również wskazywać na użycie preparatu do usuwania powłok malarskich. Należy jednak w takim przypadku pobrać próbkę „ślepią” w postaci niezanieczyszczonego preparatem fragmentu powłoki malarskiej. Zbadanie takiej próbki może wykluczyć sytuację, w której obecność węglowodorów związana jest np. z nawoskowaniem karoserii samochodu.

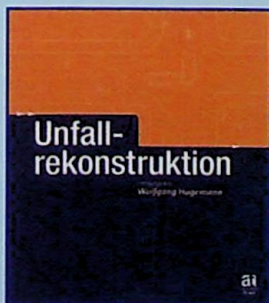
Przed przystąpieniem do badań metodami instrumentalnymi wskazane jest zbadanie pH otrzymanej do badań substancji. Uzyskanie pH alkalicznego bądź obojętnego wskazywać może na fakt, że ma się do czynienia z preparatem do usuwania powłok malarskich, a pH kwaśne wskazywać może na zastosowanie np. płynu akumulatorowego. Badanie pH pozwoli także ukierunkować dalsze badania i wykluczyć część preparatów.

Należy również pamiętać, że wyniki omówionych badań można potwierdzić lub uzupełnić o dodatkowe informacje ułatwiające identyfikację, wykorzystując inne metody.

PRZYPISY

- ¹ A. Kuźnicki, M. Mielniczuk: Chemiczne środki stosowane do usuwania powłoki lakierniczej podczas badań oznaczeń identyfikacyjnych pojazdów, opracowanie niepublikowane, za zgodą autorów,
- ² J. Zawadzki: Lakierowanie samochodów, WNT, Warszawa 1988; G. Piotrowski: Wykorzystanie spektroskopii w podczerwieni oraz rzeczowych i komputerowych baz danych w badaniach samochodowych powłok lakierniczych, „Problemy Kryminalistyki” 2002, nr 237, s. 8–19,
- ³ Karta charakterystyki preparatu do usuwania powłok lakierniczych Paint Remover opracowana przez Sewamil Firma Chemiczna,
- ⁴ Karta charakterystyki niebezpiecznego preparatu Tirolak Super. Środek do usuwania powłok malarskich i lakierniczych, opracowana przez Trio Sp. z o.o.,
- ⁵ Karta charakterystyki preparatu Scansol do usuwania starych farb i lakierów opracowana przez Scandia Cosmetics S.A.,
- ⁶ Karta charakterystyki preparatu niebezpiecznego. Środek do usuwania starych powłok V 33, opracowana przez Dział techniczny, V 33 Polska Sp. z o.o.,
- ⁷ <http://www.standard.pl>
- ⁸ <http://www.poch.com.pl>,
- ⁹ Karta charakterystyki substancji niebezpiecznej i preparatu niebezpiecznego 1-metylo-2-pirolidonu, opracowana przez POCH S.A.

ryc. i tab.: autorzy



Nowe nabytki Biblioteki Naukowej CLK KGP

Wolfgang Hugemann
Rekonstrukcja wypadków drogowych
at-autorem team
Münster 2007