

IDENTYFIKACJA POLIMERÓW

1. Wprowadzenie

Metody analizy i identyfikacji związków wielkocząsteczkowych (polimerów) znacznie różnią się od analizy związków organicznych. Wynika to przede wszystkim z ogromnej różnicy mas cząsteczkowych typowych związków organicznych i polimerów. O związkach organicznych na ogół mówimy jako o związkach małowcząsteczkowych. Synonimem nazwy „polimery” są „związki wielkocząsteczkowe”. Masa cząsteczek polimerów może wynosić od kilku tysięcy nawet do kilku milionów j.m.a. Ponadto, masa cząsteczkowa typowego związku organicznego jest ściśle określona i wynika bezpośrednio z budowy chemicznej związku. Na przykład M_{cz} metanolu o wzorze CH_3OH wynosi 32, a wody H_2O – 18. Niezależnie od wielkości pobranej próbki związku organicznego wszystkie cząsteczki w tej próbce są identyczne. W wypadku polimerów, próbka danego polimeru praktycznie zawsze składa się z cząsteczek, które co prawda mają identyczną budowę chemiczną, ale mogą różnić się masą cząsteczkową. Stąd wyznaczona praktycznie masa cząsteczkowa polimeru jest na ogół **średnią masą** wszystkich cząsteczek zawartych w próbce. Z tego też względu masę cząsteczkową polimerów wyraża się w Daltonach [Da], a nie w jednostkach masy atomowej [j.m.a.]. Zróżnicowanie masy cząsteczkowej w obrębie próbki polimeru nazywamy **polidispersyjnością**. Pojęcie masy cząsteczkowej polimerów szerzej omówione będzie na wykładzie oraz na ćwiczeniu laboratoryjnym „Wyznaczanie masy cząsteczkowej polimerów metodą wiskozymetryczną”. Duża masa cząsteczkowa oraz polidispersyjność odpowiedzialne są za większość właściwości fizycznych polimerów, np. stopień krystaliczności, gęstość, temperatury przemian fizykochemicznych itp. Z powodu dużej masy cząsteczkowej polimery są ciałami stałymi, tylko nieliczne polimery krzemooorganiczne są cieczami, a w stanie gazowym nie występują wcale.

Tworzywa sztuczne wykorzystywane praktycznie, oprócz polimeru zawierają substancje dodatkowe (wypełniacze, plastyfikatory, stabilizatory, pigmenty, środki smarujące, środki powierzchniowo czynne), które bardzo utrudniają analizę i identyfikację samego polimeru. W tym przypadku trzeba najpierw wydzielić polimer z całej kompozycji.

Analiza składa się zwykle z trzech zasadniczych etapów:

- 1) przygotowanie próbki,**
- 2) wydzielenie polimeru,**
- 3) analiza właściwa.**

2. Przygotowanie próbki

Najbardziej odpowiednią do badań postacią polimeru jest proszek. Jeśli otrzymaliśmy polimer w postaci folii lub pianki, należy próbkę jak najbardziej rozdrobnić w inny sposób, np. przez pocięcie jej, lub zmielenie w młynku z dodatkiem suchego lodu lub po uprzednim zanurzeniu w ciekłym azocie. W czasie rozdrabniania próbka nie powinna rozgrzewać się, gdyż może to doprowadzić do sieciowania lub degradacji chemicznej polimeru.

3. Wydzielenie polimeru

Polimer powinien być badany w formie czystej substancji. Jeżeli więc próbka do analizy jest zawiera dodatki, należy polimer z całej kompozycji wydzielić. W tym celu próbkę należy rozpuścić w odpowiednim rozpuszczalniku. Wypełniacze, stabilizatory i nośniki, które na ogół są substancjami nieorganicznymi, nie rozpuszczają się w rozpuszczalnikach organicznych i pozostają jako osad, do roztworu przechodzi polimer oraz inne składniki organiczne np. plastyfikatory. Po oddzieleniu osadu polimer wytrąca się z roztworu nierozpuszczalnikiem, natomiast inne składniki organiczne pozostają nadal w roztworze.

Rozpuszczalniki i nierozpuszczalniki dobiera się metodą prób i błędów lub na podstawie wiedzy literaturowej. Zarówno rozpuszczalniki jak i nierozpuszczalniki powinny

być możliwie łatwo lotne, aby można je było usunąć z polimeru bez podwyższenia temperatury. Niekiedy, po dodaniu nierozpuszczalnika polimer wytrąca w formie dyspersji. W takim wypadku, najpierw dyspersję należy skoagulować przez dodanie odpowiednich soli nieorganicznych, dializę lub oziębienie roztworu, a następnie polimer oddzielić przez odsączenie lub odwirowanie, należy go kilkakrotnie przemyć nierozpuszczalnikiem, a następnie dobrze wysuszyć w temperaturze pokojowej, stosując zmniejszone ciśnienie.

Jeżeli próbka zawiera tylko polimer i organiczne substancje pomocnicze, wówczas można usunąć je metodą ekstrakcji odpowiednim niskim wrzącym rozpuszczalnikiem bez rozpuszczania polimeru. Rozpuszczalnik należy tak dobrać, aby nie rozpuszczał polimeru nawet częściowo ani nie był przez polimer absorbowany. Metoda ta ma więc szczególne znaczenie w wypadku polimerów bardzo trudno rozpuszczalnych jak np. polietylen, czy politetrafluoroetylen.

4. Analiza właściwa

Analizę polimeru przeprowadza się na ogół kilkoma metodami i dopiero spójne wyniki wszystkich badań uznaje za właściwy wynik końcowy.

Najczęściej stosowane metody analizy to:

- analiza elementarna,
- badanie zachowania się polimeru w płomieniu,
- piroliza,
- badanie rozpuszczalności,
- próba Libermanna - Storcha - Morawskiego,
- oznaczenie temperatury przemian,
- oznaczenie gęstości,
- spektroskopia w podczerwieni
- spektrofotometria absorpcyjna w podczerwieni.

4.1 Analiza elementarna

Podstawowymi pierwiastkami z których zbudowane są cząsteczki polimerów to węgiel, wodór i tlen oraz, w mniejszych ilościach, azot, chlorowce, siarka i krzem. Analiza elementarna pozwala na określenie z jakich pierwiastków oraz w jakich proporcjach wagowych zbudowany jest badany polimer.

Jakościową analizę elementarną można przeprowadzić za pomocą specyficznych reakcji chemicznych, natomiast dokładna analiza ilościowa możliwa jest przy użyciu odpowiedniej aparatury. W ilościowej analizie elementarnej wykorzystuje się reakcje spalania i oznaczenie ilości produktów tych reakcji np. CO_2 , H_2O , NO_2 , SO_2 .

4.1.1 Metody chemiczne

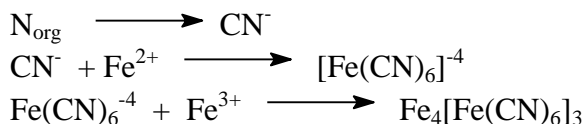
Próba Lassaigne'a - wykrywanie azotu, siarki i fluorowców

Około 0,5 g substancji praży się ostrożnie w małej próbówce z kawałeczkiem sodu wielkości ziarnka grochu. Gorącą próbkę zanurza się następnie w kilku cm^3 zimnej wody destylowanej. Otrzymany roztwór sączy się i dzieli na trzy części w celu przeprowadzenia prób na azot, siarkę i fluorowce.

Uwaga! Należy zachować szczególną ostrożność, gdyż rurka pęka, a nieprzereagowany sól gwałtownie reaguje z wodą z wydzieleniem wodoru, który w kontakcie z powietrzem samorzutnie zapala się. Jeżeli substancja przy mieszaniu lub ogrzewaniu z sodem wybucha, postępuje się w sposób następujący: 0,1 g substancji rozpuszcza się w 1-2 cm^3 kwasu octowego i dodaje 0,1 g pyłu Zn. Ogrzewa się do łagodnego wrzenia aż cały cynk przejdzie do roztworu. Następnie roztwór odparowuje się do sucha i pozostałość stapia z sodem. Dalej postępuje się jak opisano powyżej.

Wykrywanie azotu

Do jednej części przesącza dodaje się kilka kryształów siarczanu żelaza(II) FeSO_4 , ogrzewa w temperaturze wrzenia kilka minut, następnie dodaje 1-2 krople roztworu chlorku żelaza(III) FeCl_3 i ogrzewa do wrzenia ponownie. Odczyn roztworu musi być zasadowy. Jeśli po zakwaszeniu roztworu kwasem solnym wytrąca się niebieski osad błękitu pruskiego to badana substancja zawiera azot. W przypadku, gdy zawartość azotu jest bardzo mała, pojawia się jedynie niebiesko-zielone zabarwienie, przy czym niekiedy dopiero po upływie kilku godzin wydzielają się niebieskie kłaczkę. W czasie wykrywania zachodzą następujące reakcje:



Zamiast FeCl_3 można dodać kwasu azotowego(V), który utleni nadmiar Fe^{2+} do Fe^{3+} . Końcowy efekt jest taki sam jak opisany poprzednio.

Wykrywanie siarki

Siarce można wykryć na dwa sposoby: w reakcji z nitroprusydkiem sodu lub octanem ołowiu(II).

Sposób 1: Kilka kropeł otrzymanego przesącza rozcieńcza się niewielką ilością wody i zadaje się świeżo przygotowanym 1%-owym wodnym roztworem nitroprusydku sodu $(\text{Na}_2(\text{NO})\text{Fe}(\text{CN})_5)$. Fioletowe zabarwienie przechodzące najczęściej w krwistoczerwone oznacza, że badana substancja zawiera siarkę.

Sposób 2: Kilka cm^3 roztworu zakwasza się kwasem octowym i dodaje kilka kropeł roztworu octanu ołowiu(II) $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$. W obecności siarki wytrąca się czarny osad siarczku ołowiu(II) PbS .

Wykrywanie chlorowców

Roztwór zakwasza się rozcieńczonym kwasem azotowym(V), a następnie dodaje roztworu azotanu srebra (AgNO_3). Wydzielający się osad halogenku srebra świadczy o obecności chlorowca w badanym polimerze.

Wykrywanie bromu w obecności innych chlorowców

Około $0,5 \text{ cm}^3$ roztworu zakwasza się kilkoma kroplami kwasu siarkowego i miesza z $3-5 \text{ cm}^3$ stężonego roztworu nadmanganianu potasu. Następnie zakrywa się naczynie bibułą nasyconą fluoresceiną i ogrzewa roztwór do temperatury 50°C . Po 15 minutach umieszcza się tę bibułę w parach amoniaku. W obecności bromu bibuła zabarwia się na kolor różowoczerwony.

Wykrywanie fluoru

2 cm^3 roztworu zakwasza się kwasem octowym i zagotowuje. 1-2 krople roztworu umieszcza się na papierku cyrkonowoaluzynowym. W obecności fluoru papieraek odbarwia się lub ma zabarwienie żółte.

Próba Beilsteina

Małą próbkę substancji nabiera się na drucik platynowy lub na kawałek zwiniętej siatki miedzianej, na których umieszczono poprzednio niewielką ilość tlenku miedziowego (CuO) i ogrzewa w nieświecącym płomieniu palnika Bunsena. Jeśli płomień zabarwia się na zielono, to substancja zawiera chlorowec. Czyste zabarwienie zielone świadczy o obecności jodu, bardziej niebieskozielone o obecności chloru lub bromu. Przed wykonaniem próby

tlenek miedziowy i siatkę miedzianą należy prażyć w płomieniu tak długo, aż nie będzie występować zielone zabarwienie.

Uwaga! Próba Beilsteina nie jest próbą pewną. Niektóre związki zawierające równocześnie siarkę i azot dają pozytywny wynik reakcji nawet jeśli nie zawierają fluorowca.

Próba z tlenkiem wapniowym

Małą próbkę substancji miesza się z 5-krotną ilością wolnego od fluorowców czystego tlenku wapnia, mieszaninę umieszcza się w wąskiej probówce i praży w płomieniu palnika Bunsena. Gorącą probówkę zanurza się w zimnej wodzie **Ostrożnie! Probówka pęka!** Po przesączeniu i zakwaszeniu roztworu kwasem azotowym(V), do przesączu dodaje się kilka kropel wodnego roztworu azotanu srebra (AgNO_3). W obecności fluorowca strąca się odpowiednia sól srebra.

Tabela 1. Skład elementarny niektórych polimerów.

Skład pierwiastkowy	Grupa polimerów	Przykłady polimerów
węgiel, wodór	poliolefiny	polietylen polipropylen polibutadien poliizopren polistyren
węgiel, wodór, tlen	poliestry	poliestry kwasów ftalowych (np. PET) poliestry winylowe (np. polioctan winylu) poliestry allilowe poliakrylany polimetakrylany (np. PMMA) poliwęglany estry celulozy
	polietero poliacetale	polioksymetylen polioksyetylen polietero winylowe polietero allilowe etero celulozy
	żywice fenolowe	poliwinyloacetale żywice epoksydowe żywice fenolowo-formaldehydowe żywice fenolowo-furfurylowe żywice krezolowe i ksylenolowe żywice poliestrowe nienasycone żywice poliestrowe kwasu maleinowego
	inne	polialkohol winylowy
węgiel, wodór, tlen, azot	poliamidy	nylon 6 nylon 66
	żywice aminowe żywice mocznikowe kauczuki	żywice aminowo-formaldehydowe żywice melaminowo-formaldehydowe żywice mocznikowo-formaldehydowe kautczuk butadienowo-akrylonitrylowy
	poliuretany inne	poliuretany azotan celulozy

		poliakrylonitryl polimetakrylonitryl poliwinylokarbazol poliwinylopirolidon
węgiel, wodór, tlen, fluorowce		chlorokauczuk naturalny i syntetyczny polichlorek winylu polichlorek winylidenu politetrafluoretylen żywice epoksydowe z bromowanego dianu kauczuk wulkanizowany
węgiel, wodór, tlen, siarka	polisulfony	polisulfony żywice kondensacyjne tiofenolowe żywice tiomocznikowo-formaldehadowe

4.2. Badanie zachowania się w płomieniu

Około 0,2 g próbki umieszcza się na łopatkę i wkłada do zewnętrznej części palnika Bunsena. Notuje się kolor płomienia, łatwość palenia, samogaśnięcie, zapach, odczyn ulatniających się gazów oraz wygląd pozostałości po całkowitym spalaniu. Próbkę należy ogrzewać wolno. Jeśli płomień jest za duży, rozkład następuje zbyt szybko, aby zaobserwować zachodzące zjawiska.

Polimery, które rozkładają się w czasie palenia z wydzieleniem węglowodorów aromatycznych, palą się żółtym kopcącym płomieniem, te które rozkładają się na węglowodory alifatyczne palą się z kopceniem niewielkim lub płomieniem niekopcącym. Ze wzrostem zawartości tlenu płomień staje się coraz bardziej niebieski.

Kwaśny lub zasadowy charakter wydzielających się gazów może być określony za pomocą zmozonego wodą destylowaną papierka uniwersalnego umieszczonego w wydzielających się parach.

W celu określenia zapachu wydzielających się gazów próbkę po kilku sekundach utrzymywania w płomieniu wyjmuje się z niego i określa charakter zapachu. Jeśli próbka po wyciągnięciu z płomienia pali się, należy płomień zgasić i dopiero potem określić zapach.

Na zakończenie analizy w płomieniu należy próbkę spalić do końca w silnym płomieniu w celu zbadania czy następuje spalanie całkowite czy pozostaje popiół. Ewentualne pozostałości badać można metodami mikrochemicznymi lub mikroskopowymi.

Tabela 2. Identyfikacja polimerów na podstawie zachowania się w płomieniu

Obserwacje	Grupa polimerów	Polimer
Płomień głównie niebieski z małym białym końcem	bardzo słodki owocowy zapach	<u>metakrylany</u>
	zapach przypomina palone włosy, lub róg, płomień jest prawie cały niebieski	<u>poliamid</u>
	zapach zjełczałego masła, płomień iskrzący	<u>octano-maślan celulozy</u>
	brak iskier	<u>poliwinylobutyral</u>

Płomień żółty, luminescencja	zapach kwasu masłowego	<u>octanomaślan celulozy</u>
	zapach słodki, kwiatowy, płomień kopcący	<u>polistyren</u>
	zapach palonego papieru	<u>celuloza</u>
Płomień z żółto-zieloną obwódką	Pali się bardzo trudno i iskrzy, zapach kwasu octowego Stopiony palący się materiał wkroplony do wody tworzy ciężkie brązowo- czarne pniące się granulki lub płatki	<u>octan celulozy</u>
	palenie zaczyna się od razu, występuje słaby słodki zapach, stopiony polimer wkroplony do wody tworzy płaskie dyski, które są jasnoorzechowe, jeśli polimer nie był zabarwiony	<u>etyloceluloza</u>
	<u>Polimer pali się w płomieniu, ale po wyjęciu z płomienia gaśnie</u>	
Płomień ma zielone zabarwienie	zapach palonej gumy zielona obwódka	<u>hydrochlorokauczuk</u>
	zapach palonej gumy zielona obwódka otoczona żółtą	<u>neopren</u>
	zapach ostry lecz nie taki jak przy palonej gumie	<u>pochodne chlorku winylu</u>
	zapach słodki, czarny popiół	<u>polichlorek winylidenu</u>
	<u>Polimer nie pali się,</u>	
próbka zachowuje swój kształt, we wszystkich przypadkach czuje się zapach formaldehydu.	Brak innego zapachu	<u>żywica mocznikowo- formaldehydowa</u>
	Silny rybi zapach	<u>żywica melaminowo- formaldehydowa</u>
	Zapach fenolu	<u>żywica fenolowo- formaldehydowa</u>
	Zapach spalonego mleka	<u>kazeina</u>
	<u>Polimer pali się po wyjęciu z płomienia</u>	
Obserwuje się płomień podczas pierwszych sekund palenia	Palenie bardzo gwałtowne z intensywnym płomieniem zapach kamfory	<u>azotan celulozy plastyfikowany</u>
	brak zapachu kamfory	<u>azotan celulozy</u>
	Płomień otoczony przez czerwoną obwódkę, iskrzący, zapach kwasu octowego	<u>poliwinyloacetal.</u>

4.3. Piroliza

Pirolizę najlepiej prowadzić w zamkniętym naczyniu pod zmniejszonym ciśnieniem w określonej temperaturze. Otrzymuje się wtedy najbardziej powtarzalne wyniki. Jeżeli aparatura taka jest połączona ze spektrofotometrem w podczerwieni lub chromatografem gazowym, można otrzymać informacje odnośnie budowy polimeru.

W najprostszych warunkach w probówce umieszcza się ok. 200 mg polimeru, a następnie probówkę stopniowo ogrzewa się w płaszczu grzejnym i obserwuje zachodzące zmiany.

W probówce mogą zachodzić następujące zjawiska:

- polimer topi się
- polimer rozkłada się (ciemnieje, brunatnieje, czernieje, wydzielają się gazy)
- polimer topi się, a następnie rozkłada.

W czasie prażenia u wylotu probówki umieścić zwilżony wodą destylowaną papierek uniwersalny i zbadać odczyn wydzielających się gazów.

Można także prowadzić pirolizę polimerów wobec kwasu siarkowego.

Tablica 3. Klasyfikacja polimerów na podstawie pirolizy z kwasem siarkowym.

Reakcja	Polimer
<p><u>ogrzewanie z 25% H₂SO₄</u> zapach kwasu octowego</p> <p>zapach aldehydu butylowego zapach aldehydu benzylowego zapach formaliny zapach kamfory</p> <p><u>ogrzewanie z 80% H₂SO₄</u> odporne</p> <p>rozkład</p>	<p>polioctan winylu octan celulozy octanomaślan celulozy butwar (poliwinylbutyral) benzyloceluloza żywice fenolowe, mocznikowe, poliwinylformal azotan celulozy plastyfikowany</p> <p>polietylen, poliizobutylen, polichlorek winylu, polichlorotrifluoroetylen kauczuk naturalny, polichloropren, poliakrylonitryl, poliestry, kauczuk silikonowy</p>

4.4. Badanie rozpuszczalności

Rozpuszczalność polimerów jest jedną z ich charakterystycznych cech. Polimery na ogół rozpuszczają się bardzo wolno, a proces rozpuszczania przechodzi przez etap pęcznienia. Rozpuszczalność jednego polimeru w określonym rozpuszczalniku może się zmieniać w zależności od ciężaru cząsteczkowego rozgałęzień i stopnia krystaliczności. Wzrost ciężaru cząsteczkowego i stopnia krystaliczności zmniejsza rozpuszczalność, natomiast rozgałęzienia cząsteczek rozpuszczalność zwiększają. Polimery usieciowane mogą jedynie pęcznieć.

W probówce umieszcza się ok. 100 mg polimeru, dodaje 2 cm³ rozpuszczalnika i wytrząsa przez kilka minut. Po tym czasie obserwuje się zachowanie badanego polimeru, określa czy nastąpiło jego rozpuszczenie całkowite, częściowe, czy też polimer nie rozpuszcza się wcale.

W przypadku gdy polimer nie rozpuszcza się, pęcznieje lub rozpuszcza się częściowo należy przeprowadzić próbę rozpuszczalności na gorąco.

Sprawdzić rozpuszczalność w następujących rozpuszczalnikach: woda, chloroform, czterochlorek węgla, alkohol etylowy, benzen, octan etylu, aceton, woda, kwas octowy, dioksan, heksan, cykloheksanol.

Tabela 4. Rozpuszczalność polimerów w wybranych rozpuszczalnikach

	Woda	Aceton	Octan etylu	Dioksan	Benzen	Dichtan	Pirydyna	Chloroform	Kwas octowy	Kwas mrówkowy	Kwas solny	Kwas siarkowy	n-butanol	Octan metylu	Octan butylu	Chlorometan	Eter dietylowy	Etanol		Czterochlorok węgla
Polichlorek winylu	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-			-	-	-	x	-	-	+	+
Polichlorek winylidenu	-	-	-	cz	-	-	(+)		-				-	-	-			-		
Poliocetan winylu	-	+	+	+	+	+	+	+	+				+	+	+	+	x	+	+	+
Polialkohol winylowy	+	-	-	-	-	-		-					-	-	-	-	-	-	-	-
Poliwinylobutyral	-	cz		+		(+)	+		+				(+)	cz	+	+	-	+		
Poliwinyloformal	-	cz		+		+	+		+				-	cz	cz			-		
Etyloceluloza	-	cz		+	+	+	cz		+				+	+	+			+		
Octan celulozy	-	+	+	+	-	-	+	-	+	-			-	+	+	-	-	-	+	-
Metyloceluloza	+	-	-	x	x		x		x							-		-		
Benzyloceluloza	-	cz	+	+	-		+		+				-	+	+			-		
Acetylomaślan celulozy	-	+	+	+	-		+		+							-	-	x		
Ż. fenolowo-formald.	-	+	-	-	-	-	+	+										+	+	+
Ż. moczniowo-formald.	-	-	-	-	-		(+)	-	+	-						-	-		-	-
Ż. melaminowo-formald.	-	-	-	-			(+)	-	+							-	-	-	-	-
Polimetakrylan metylu	-	+	+	+	+	+	+		+					+	cz	+	-	-	+	-
Polietylen	-	-	-	-	(+)	-	(+)	(+)	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	(+)
Poliamid	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+				-	-	-	-	-	-
Polistyren	-	x	x	+	+	+	(+)	+	-	-	-		-	+	+	+	x	-	-	+
Poliuretany	-	-	-	-	-		-	-	+	+	-					-			-	-
Policzterofluoroetylen	-	-	-	-	-	-	-	-	-				-					-	-	-
Azotan celulozy	-	+	+						NaOH, octan amylu, metyloetyloketon											

+ - rozpuszczalny, - - nierozpuszczalny, (+) - rozpuszczalny na gorąco, cz - rozpuszczalny częściowo, x - pęcznieje

4.5. Reakcja Liebermana-Storcha-Morawskiego

Wiele polimerów po potraktowaniu ich bezwodnikiem octowym i kwasem siarkowym tworzy barwne pochodne. Próba Liebermana-Storcha-Morawskiego wykorzystuje tę reakcję do identyfikacji polimerów.

Przeprowadza się ją następująco: niewielka ilość badanego polimeru umieszcza się na szkiełku zegarkowym i zadaje kilkoma kroplami bezwodnika octowego. Obserwuje się rozpuszczalność polimeru na zimno i po ogrzaniu. Następnie wprowadza się jedną kroplę stężonego kwasu siarkowego i obserwuje zabarwienie roztworu i polimeru natychmiast po dodaniu kwasu, po upływie 10 minut, po upływie pół godziny i po dodatkowym ogrzewaniu.

Tabela 5. Identyfikacja polimerów na podstawie reakcji Liebermana-Storcha-Morawskiego

Polimer	Zabarwienie
azotan celulozy	wydziela się NO ₂
octan celulozy	brak zabarwienia lub jasnobrązowe
octanomaślan celulozy	brak zabarwienia
benzyloceluloza	pomarańczowe do brązowego
etyloceluloza	pomarańczowe do brązowego
metyloceluloza	żółte do oliwkowego i czarnego
chlorowany kauczuk	brak zabarwienia
chloropren	czerwonobrązowe
izobutylen	brak zabarwienia
kauczuk wulkanizowany	brak zabarwienia
żywica melaminowo-formaldehyd.	brak zabarwienia
metakrylan metylu	brak zabarwienia
żywica fenolowa	bardzo różowe
poliamidy	brak zabarwienia
polistyren	brak zabarwienia
czterofluoroetylen	brak zabarwienia
żywica mocznikowo-formaldehyd.	brak zabarwienia
octan winylu	zielone (wolno)
poliwinylobutyral	żółte do ciemnobrązowego
polichlorek winylu	niebieskie (wolno)
kopolimer chlorku i octanu winylu	zielone do niebieskiego do brązowego
polichlorek winylidenu	żółte (wolno)

Tabela 6. Identyfikacja polimerów na podstawie reakcji Liebermana-Storcha-Morawskiego prowadzonej z ogrzewaniem.

	Rozpuszczalność w bezwodniku octowym		Zabarwienie		
	na gorąco	po oziębieniu	po dodaniu H ₂ SO ₄	po 10 min.	po dodatk. ogrzew.
Żywica fenolowo-formaldehydowa	całkowita	roztwór mętnieje	czerwono-fioletowe przechodzące w różowe, a następnie żółte	brunatne	czerwono-brunatne

	Rozpuszczalność w bezwodniku octowym		Zabarwienie		
	na gorąco	po oziębieniu	po dodaniu H ₂ SO ₄	po 10 min.	po dodatk. ogrzew.
mocznikowo-formaldehydowa	roztwór mętny	roztwór mętny	brak zabarwienia	brak zabarwienia	żółtaw. pomar.
melaminowo-formaldehydowa	całkowita	roztwór przezroczysty	brak zabarw.	brak zabarw.	brak zabarwienia roztwór półprzezroczysty
poliamidowa	jw.	jw.	jw.	jw.	jasnożółte przechodzące w czerwone
epoksydowa	roztwór mętny	roztwór mętny	żółte przechodzące w czerwono-brunatne	żółte przechodzące w czerwono-	-
Polimer polichlorek winylu	roztwór przezroczysty	roztwór mętnieje	brak zabarw.	brak zabarw.	brunatno-żółte przechodzące w brunatne
polioctan winylu	jw.	jw.	jw.	jw.	brudno-niebieskie
polieter winylowy	jw.	roztwór przezroczysty	niebieskie przechodzące w ziel.	brunatne	-
poliwinylobutyral	roztwór mętny	roztwór mętny	czerwone przechodzące w brunatne	ciemnobrunatne	ciemnobrunatne
polietylen chloro-sulfonowany	nie rozpuszcza się	-	-	-	jasno-brunatne
poliizobutylen	jw.	-	-	-	-
poliakrylan	rozpuszcza się	roztwór mętnieje	-	-	-
polimetakrylan metylu	jw.	jw.	-	-	-
polistyren	roztwór mętnieje	roztwór mętny	brak zabarwienia	brak zabarw.	żółto-brunatne
acetyloceluloza	rozpuszcza się	roztwór przezroczysty	jw.	jw.	brak zabarwienia
etyloceluloza	jw.	roztwór mętny	żółto brunatne	ciemnobrunatne	ciemnobrunatne
benzyloceluloza	jw.	roztwór przezroczysty	brak zabarwienia	brak zabarwienia	brak zabarwienia