

BADANIA WŁASNOŚCI REOLOGICZNYCH MATERIAŁU  
MODELOWEGO WYKONANEGO W OPARCIU O ŻYWICĘ  
EPOKSYDOWĄ «EPIDIAN 2»\*)

KAZIMIERZ SZULBORSKI (WARSZAWA)

1. Problem badań optycznie czułych materiałów modelowych

1.1. Wstęp. Wśród wielu metod stosowanych do badań elementów konstrukcyjnych w różnych warunkach ich pracy ważne miejsce zajmują badania modelowe. Istotny — z uwagi na szeroki zakres stosowania — jest tu rozwijający się ostatnio kierunek zmierzający do wykorzystania materiałów optycznie czułych, prześwieblanych światłem spolaryzowanym. Wykorzystanie światła spolaryzowanego do badań modelowych w szerszym zakresie uzależnione jest od rozwoju prac eksperymentalnych nad materiałami optycznie czynnymi szczególnie w zakresie odkształceń nieliniowo-sprężystych i niesprężystych oraz określenie wpływu na te parametry, jak i na inne cechy fizyko-chemiczne takich czynników, jak obciążenia szybko zmienne, temperatura i wilgotność powietrza.

Prowadzone obecnie elastooptyczne badania modelowe w znacznym stopniu wyprzedzają prace związane z poznaniem samych materiałów modelowych. Dotychczasowe badania tego typu wykonywano przy użyciu takich materiałów, jak szkło, żelatyna, celuloid oraz aktualnie żywice syntetyczne. Szczególnie burzliwy rozwój produkcji tych ostatnich spowodował konieczność prowadzenia równoległe badań nad oceną ich przydatności do modelowania tak w zakresie sprężystym, jak i pozasprężystym.

Własności omawianych tworzyw zależą w sposób istotny od temperatury i czasu trwania obciążenia.

Literatura techniczna zawiera cały szereg publikacji z zakresu badań własności mechanicznych i reologicznych tworzyw sztucznych niewzmocnionych i wzmocnionych. Badania te wiążą się w głównej mierze z rozwojem zastosowań tworzyw sztucznych do wykorzystania różnego rodzaju elementów konstrukcyjnych. Znacznie mniejsza liczba prac jest związana z problemami reologicznymi optycznie czułych materiałów modelowych. Prace z tej dziedziny są fragmentaryczne, brak jest opisu i dyskusji wymaganych własności materiałów modelowych.

Szczególnie przydatnym materiałem na modele elastooptyczne mogą być żywice epoksydowe, które w ostatnim okresie produkuje się w kraju w coraz większych ilościach. Wykazują one znaczną czułość optyczną przy stosunkowo dużym module sprężystości. Własności mechaniczne materiałów modelowych opartych na żywicach epoksydowych zmieniają się w szerokim zakresie w zależności od użytych składników wyjściowych i stosowanych

---

\*) Przedstawione materiały stanowią fragmenty rozprawy doktorskiej autora.

procesów technologicznych. Wyznaczone w próbach doraźnych moduły sprężystości podłużnej dla omawianych tworzyw zmieniają się od kilku do kilkudziesięciu tysięcy  $\text{kG/cm}^2$ .

Dość obszerny przegląd dostępnych prac z zakresu wykorzystania żywic epoksydowych jako materiału modelowego nasuwa wniosek, iż nie są jeszcze głęboko zbadane i opisane własności reologiczne, mechaniczne i optyczne tego tworzywa. Mając na względzie wykorzystanie żywic epoksydowych do wykonywania modeli o większej sztywności oraz ewentualnego zastosowania ich w metodzie zamrażania, skoncentrowano uwagę na tworzywach o większych modułach sprężystości.

Na podstawie przeprowadzonych we wcześniejszym okresie badań własnych, których wyniki umieszczono w publikacji [7], wytypowano do dalszych szerszych prac badawczych żywicę epoksydową syntezowaną na gorąco przy wykorzystaniu krajowego surówca wyjściowego. Wyniki przeprowadzonych dotychczas w tym kierunku doświadczeń są przedmiotem tego artykułu.

**1.2. Cel badań.** W badaniach dążono do określenia w różnych temperaturach własności reologicznych, mechanicznych i optycznych materiału modelowego syntezowanego na gorąco na bazie krajowej żywicy «Epidian 2». Przez własności reologiczne rozumiemy tu w szczególności pełzanie mechaniczne w jednoosiowym stanie naprężenia i towarzyszącą temu pełzaniu zmianę efektu optycznego, określoną wartością rzędu izochromy, zwaną w dalszym ciągu pełzaniem optycznym.

Badania przeprowadzono przy różnych temperaturach w zakresie od 18 do  $120^\circ\text{C}$  na próbkach poddanych rozciąganiu. Przy każdej ustalonej temperaturze badano próbki, w których realizowano różne wartości naprężeń rozciągających. W celu pogłębienia wniosków dotyczących pełzania przy stałym naprężeniu, przeprowadzono dodatkowo badania relaksacji.

Wydaje się, że wyniki wymienionych badań — oprócz możliwości wykorzystania w analizie naprężeń metodą elastooptyczną — mogą również być przydatne w coraz bardziej aktualnej problematyce zastosowań żywic epoksydowych przy wykonywaniu złącz i elementów konstrukcyjnych.

**1.3. Stan badań własności materiałów modelowych wykonywanych z żywic epoksydowych.** Problem badania i interpretacji własności materiałów modelowych optycznie czynnych jest bardzo obszerny i dlatego obecnie ograniczono się do przedstawienia jedynie niektórych jego aspektów, bardziej związanych z tematem artykułu. Współczesny materiał modelowy do typowych badań stanu naprężenia w zakresie sprężystym przy zastosowaniu światła spolaryzowanego powinien posiadać cechy, które określono w pracy PINDERY [8]. Należy stwierdzić, że żaden z dotychczas stosowanych materiałów nie spełnia tych wymagań.

Najbardziej znanymi żywicami epoksydowymi, stosowanymi w Europie jako materiał do badań modelowych, są żywice szwajcarskiej firmy CIBA typu «Araldit» [1].

Krajowe żywice epoksydowe, produkowane przez wytwórnę chemiczną w Sarzynie, znane są pod nazwą «Epidian».

Pewne charakterystyki mechaniczne i optyczne tworzyw opartych na żywicach epoksydowych typu «Araldit» podano w pracy LOVENA i SAMPSONA [6].

Zdolność do zamrażania wymuszonego efektu optycznego oraz niektóre właściwości optyczne i mechaniczne «Aralditu B» zostały zbadane przez MÖNCHA [3], [4]. Prace badaw-

cze w tym kierunku prowadzone były również przez HABERLANDA i PIDDE [5]. Możliwość modelowania konstrukcji i ustrojów złożonych z elementów o różnych wartościach modułu sprężystości naświetlona została przez PINDERĘ [8].

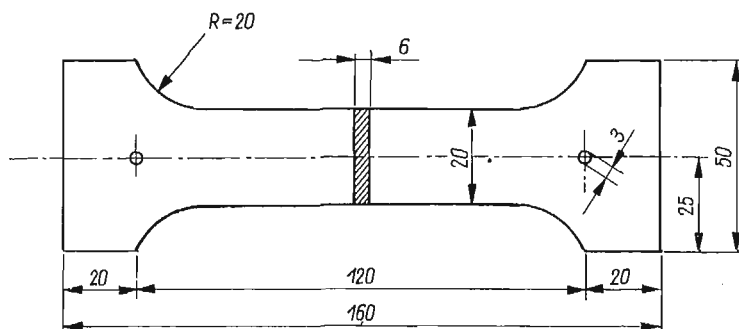
Mimo że żywicę epoksydową stosuje się obecnie coraz częściej w elastooptycznych badaniach modelowych, zdaniem autora własności reologiczne mechaniczne i optyczne tego materiału w różnych temperaturach nie zostały jeszcze w dostatecznym stopniu wyjaśnione. W szczególności odczuwa się niedostatek w zakresie badań własności materiałów optycznie czynnych, opartych na krajowych surowcach typu «Epidian». Z tego zakresu wymienić można nieliczne jeszcze dotąd prace na temat badań niektórych własności tego typu materiałów w temperaturach pokojowych. Badania takie zostały przeprowadzone w kraju przez SŁOWIKOWSKĄ, KOZŁOWSKIEGO i BŁAŻEWICZA [9], DOROSZKIEWICZA [2] i WOLNĄ [11].

Dążąc do dalszego rozwoju zastosowania żywic epoksydowych do badań modelowych metodami optycznymi wykonano w tym kierunku wstępne prace doświadczalne, które opisano w pracy ORŁOSIA, SOBICZEWSKIEGO i autora [7]. Na podstawie analizy przeprowadzonych badań wstępnych, wytypowano materiał oparty na żywicy «Epidian 2» do dalszych bardziej wnikliwych badań własności reologicznych mechanicznych i optycznych w różnych temperaturach.

**1.4. Materiał badany.** W punkcie 1.3 uzasadniono wybór rodzaju materiału przewidywanego do szerszych badań modelowych. Z uwagi na charakter prowadzonych badań, dążono do otrzymania kompozycji epoksydowej, której własności mechaniczne i optyczne stosunkowo w niewielkim stopniu zależą od czasu żelowania, a okres starzenia nowo odlanych płyt jest ściśle określony. Stabilność wymienionych cech może być zagwarantowana w dość dużym stopniu poprzez utwardzenie żywicy na gorąco. Do utwardzania badanej żywicy «Epidian 2» użyto bezwodnika ftalowego, który jest jednym z najczęściej używanych utwardzaczy z uwagi na łatwą dostępność i niską cenę. Bezwodnik ftalowy krystalizuje w postaci długich igieł w temperaturze  $T = 131,5^{\circ}\text{C}$ . Poza tym jest dobrze rozpuszczalny w żywicy podgrzanej do temperatury  $T > 60^{\circ}\text{C}$ .

Wykonywanie płyt do badań odbywało się według następujących czynności: Odważoną ilość żywicy ogrzewano w parownicy porcelanowej, sączono przez gazę w celu oddzielenia zanieczyszczeń mechanicznych i dodawano następnie 30 cz. wag. bezwodnika ftalowego na 100 cz. wag. «Epidianu 2». Zarób mieszano w łaźni o temperaturze  $130^{\circ}\text{C}$  do całkowitego rozpuszczenia utwardzacza. Następnie wlewano zarób do metalowej formy umieszczonej w suszarce. Poziom formy regulowano śrubami korekcyjnymi. Utwardzanie prowadzono przez 24 godziny w temperaturze  $90^{\circ}\text{C}$ . Z kolei wyjmowano płytę z formy i wkładano ją do płasko-równoległej kuwety w celu dalszego dotwardzenia w temperaturze  $130^{\circ}\text{C}$  przez następne 24 godziny. Po upływie tego czasu ochładzano układ przez obniżanie temperatury z szybkością  $1^{\circ}\text{C}$  na godzinę do poziomu  $50^{\circ}\text{C}$ , po czym suszarkę wyłączano. Umieszczenie odlewu w oleju podczas dotwardzania i ochładzania miało na celu wyeliminowanie przypadkowych naprężeń. W celu zapewnienia dobrego odstawanania odlewu od ścianki formy, płytę stalową smarowano każdorazowo płynem silikonowym, który spełniał rolę czynnika antyadhezyjnego. Otrzymane płyty epoksydowe miały wymiary  $5-6 \times 240 \times 260$  mm. Z płyt wycinano odpowiednie kształtki służące do badań.

**1.5. Urządzenia pomiarowe.** Wszystkie badania przeprowadzono wykorzystując polaryskop JP-2 wraz z układem obciążającym. Do badań w podwyższonych temperaturach posłużyła specjalna komora termiczna konstrukcji własnej autora. Polaryskop JP-2 pracuje przy rozproszonym źródle światła monochromatycznego lamp sodowych lub przy świetle



Rys. 1

żarówym lamp wolframowych i wyposażony jest w skalę umożliwiającą wykonywanie pomiarów ułamkowych rzędów izochrom metodą kompensacyjną według Tardy'ego.

Pomiary odkształceń wykonano za pomocą tensometrów mechanicznych, czujników zegarowych oraz aparatury optycznej. Do pomiaru odkształceń wzdłużnych użyto tensometrów mechanicznych o elementarnej działce 0,01 mm, wyposażonych w listwy. Tensometr posiadał dwa symetryczne czujniki zegarowe.

Odkształcenia w kierunku poprzecznym, z uwagi na pożądaną większą dokładność, mierzono za pomocą tensometrów mechanicznych Huggenbergera o elementarnej działce bliskiej 0,001 mm i bazie  $l = 20$  mm. Pomiar odkształceń próbek badanych w temperaturach podwyższonych odbywał się za pomocą katetometru pionowego i tensometrów mechanicznych. Układy izochrom rejestrowano za pomocą małoobrazkowego aparatu fotograficznego.

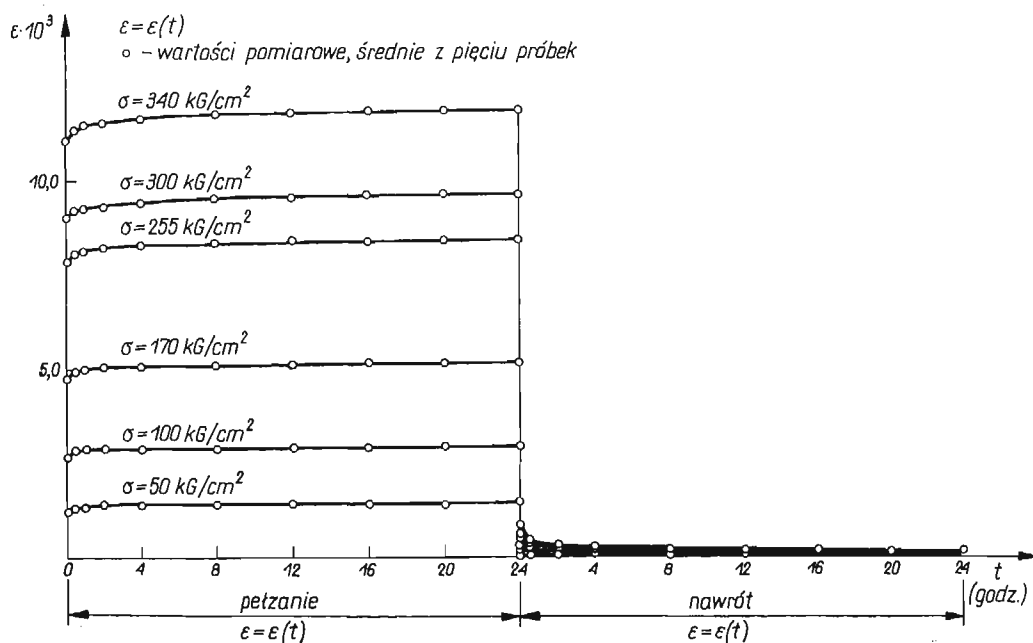
W badaniach stosowano kilka rodzajów próbek. Przykładowo na rys. 1 przedstawiono próbkę do badań w temperaturze pokojowej. Brzegi próbek były polerowane, następnie pokrywane warstwą lakieru w celu eliminowania efektu brzegowego. Próbki przed i po badaniach przechowywano w wannach wypełnionych olejem w celu ochrony ich przed wilgocią.

## 2. Badanie własności reologicznych materiału modelowego opartego na żywicy epoksydowej

**2.1. Pełzanie mechaniczne w temperaturze pokojowej.** Badania reologiczne rozpatrywanego materiału w temperaturze pokojowej obejmowały próby pełzania oraz relaksacji. Materiał modelowy na próbki przygotowywany był zgodnie z opisem podanym w punkcie 1.4.

Z uwagi na charakter prowadzonych badań istotnym zagadnieniem jest okres starzenia się nowo odlewanych płyt. Według danych zawartych w pracy [10] dotyczącej żelazowania kompozycji epoksydowych na bazie krajowej żywicy «Epidian 2», niezbędny okres starzenia w temperaturze pokojowej wynosi około 4 dni.

W przedstawionych badaniach próbki do badań pełzania wycinano po co najmniej 14-dniowym okresie utwardzania. Kształt i wymiary modeli w postaci prętów przyrządowych o przekroju prostokątnym były tak dobrane, aby można było jednocześnie mierzyć odkształcenia wzdłużne i poprzeczne. Modele poddawano jednoosiowemu rozciąganiu. Do pomiaru odkształceń wzdłużnych użyto czujników zegarowych opisanych w punkcie 1.5. Pomiar odkształceń poprzecznych wykonywano tensometrami Huggenbergera. Równocześnie badano własności optyczne, rozpatrywane w dalszym ciągu artykułu. Podczas prób pełzania stałą siłą osiową wywierano za pomocą układu obciążającego polaryskopu JP-2. Czas trwania pełzania wynosił 24 godziny. Badania prowadzono przy sześciu różnych wartościach naprężeń w poprzecznych przekrojach próbek, mianowicie: 50, 100, 170, 255, 300 i 340 kG/cm<sup>2</sup>. Po odciążeniu próbek obserwowano zmiany odkształceń (nawrót po pełzaniu związany ze zjawiskiem opóźnienia sprężystego) w ciągu następnych 24 godzin.



Rys. 2

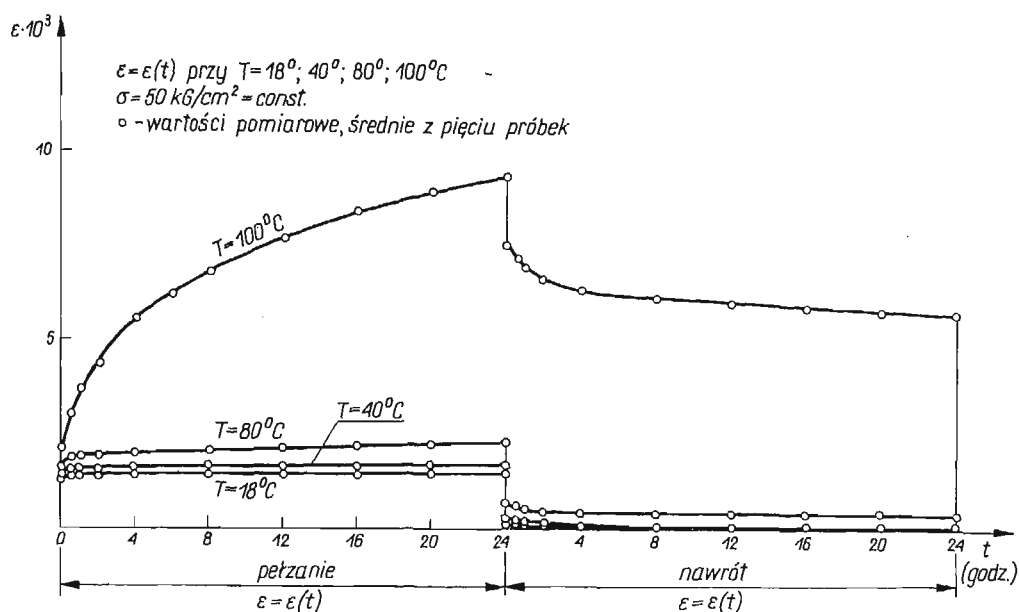
Na rys. 2 przedstawiono wyniki badań pełzania mechanicznego w temperaturze pokojowej. Na rysunku tym uwidoczniło również wyniki pomiarów odkształceń przy nawrocie po pełzaniu wyznaczonych w ciągu 24 godzin. Uzyskane wyniki badań pełzania mechanicznego pozwoliły na wyznaczenie zależności  $\sigma$  od  $\varepsilon$  przy ustalonych czasach pełzania.

**2.2. Pełzanie mechaniczne w temperaturach podwyższonych.** Badania pełzania w temperaturach podwyższonych wykonano w komorze o automatycznej regulacji temperatury z dokładnością do 0,1°C. Komora była umieszczona w przestrzeni pomiarowej polaryskopu JP-2. Pomiar odkształceń wzdłużnych i poprzecznych dokonywano przy użyciu wzorcowanych

czujników zegarowych i tensometrów mechanicznych Huggenbergera oraz katetometru pionowego.

Badania pełzania przeprowadzono na próbkach przedstawionych na rys. 1 przy ustalonych trzech poziomach temperatur, mianowicie: 40°C, 80°C i 100°C. Czas pełzania przy wszystkich poziomach temperatur wynosił 24 godziny. Podobnie jak poprzednio w temperaturze pokojowej, rejestrowano odkształcenia przy nawrocie po pełzaniu w ciągu następnych 24 godzin. Wyniki szczegółowe z badań podano w pracy [12].

Na rys. 3 przedstawiono przykładowo przebieg krzywych zależności  $\varepsilon = \varepsilon(t)$  przy naprężeniu  $\sigma = 50 \text{ kG/cm}^2$  w temperaturach  $T$  równych 18, 40, 80 i 100°C. Z rys. 3 widać,



Rys. 3

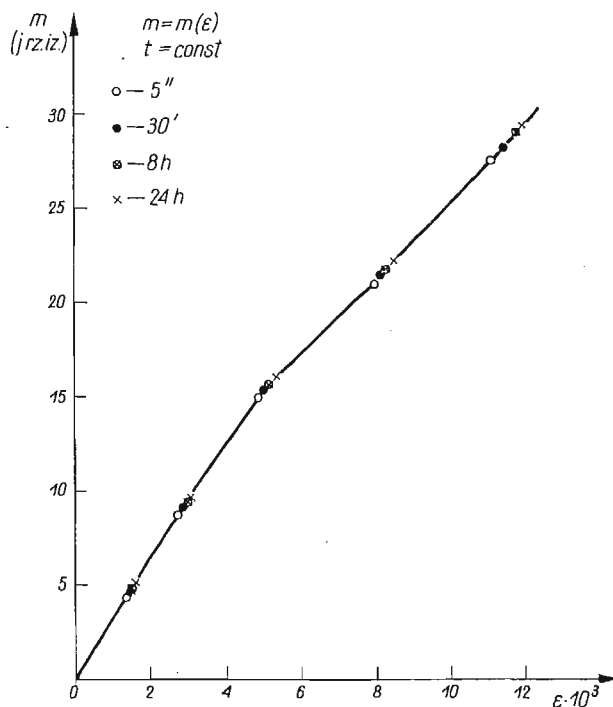
że w temperaturze 100°C przebieg wymienionych zależności różni się istotnie od przebiegu pełzania w temperaturach 40 i 80°C. Próbki po odciążeniu w temperaturze 100°C wykazują znaczne przyrosty odkształceń utrzymujące się po upływie 24-godzinowego czasu nawrotu i następnym ochłodzeniu do temperatury pokojowej.

**2.3. Pełzanie optyczne w temperaturze pokojowej.** Podczas badań pełzania mechanicznego prowadzono obserwacje zmian efektu optycznego przez pomiar wartości  $m$  rzędu izochromy. Wartości  $m$  wyznaczono stosując kompensację metodą Tardy'ego z dokładnością do 0,01 j. rz. iz.

W zagadnieniach własności optycznych materiału modelowego w celach porównawczych dogodnie jest odnosić wyniki badań do modeli o grubości równej jednostce. W związku z tym otrzymane wyniki końcowe pomiarów przeliczono na wartości odpowiadające grubości równej 1 cm.

Wszystkie podane wykresy z badań pełzania optycznego odnoszą się zatem do próbek o grubości  $\delta = 10 \text{ mm}$ .

Badania pełzania optycznego w temperaturze pokojowej ( $T_{sr} = 18^{\circ}\text{C}$ ) prowadzono dla tych samych wartości naprężeń, jak przy pełzaniu mechanicznym, tj. równych: 50, 100, 170, 255, 300, 340  $\text{kG/cm}^2$ . Otrzymane zależności  $m = m(t)$  dla różnych naprężeń



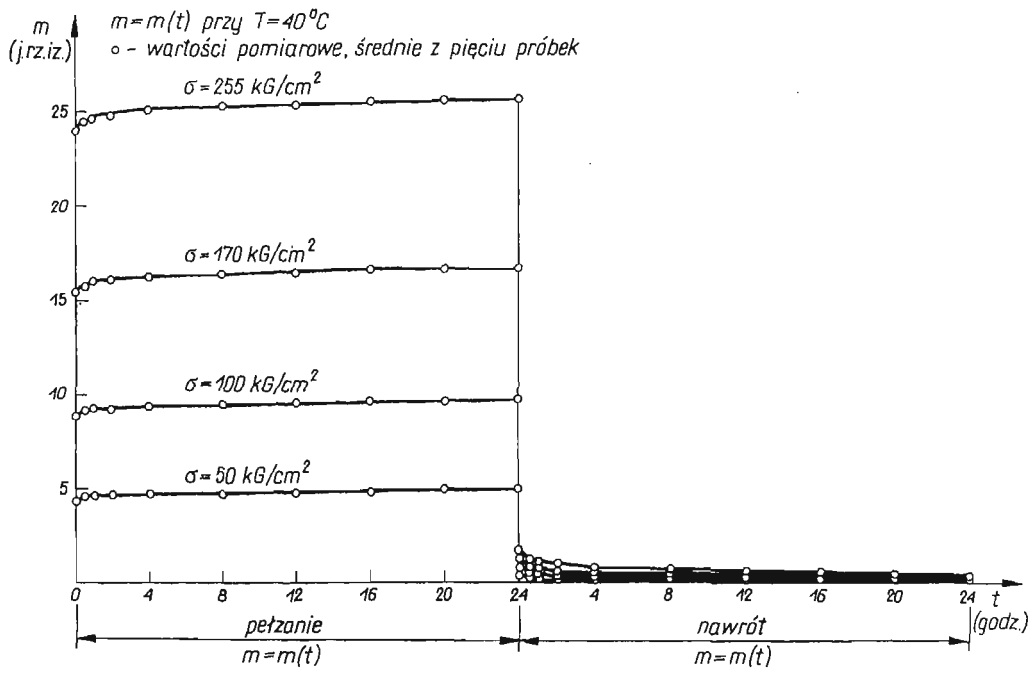
Rys. 4

pozwołyły wyznaczyć krzywe izochroniczne dla ustalonych czasów pełzania, tj.: 5 sek., 15 min., 2h, 8h i 24h. Krzywe te przedstawiono na rys. 4.

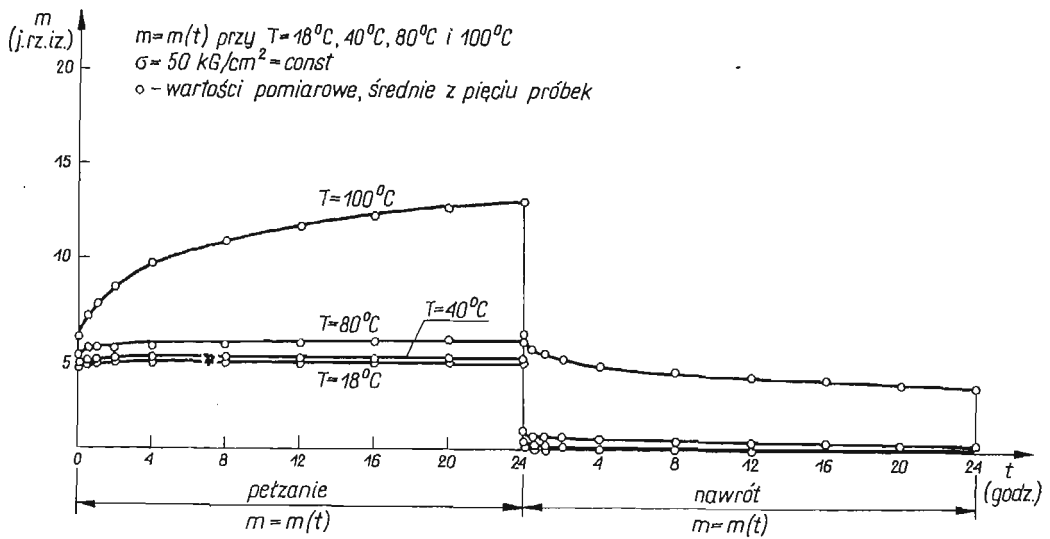
**2.4. Pełzanie optyczne w temperaturach podwyższonych.** Badanie pełzania optycznego realizowano przy wykorzystaniu komory grzejnej oraz układu optycznego polaryskopu. Pomiar rzędów izochromy wykonywano równocześnie z pomiarem odkształceń wzdłużnych i poprzecznych. Obserwacje prowadzono w temperaturach: 40, 80 i  $100^{\circ}\text{C}$ .

W temperaturze  $40^{\circ}\text{C}$  stosowano naprężenia równe: 50, 100, 170 i 255  $\text{kG/cm}^2$ . Grubość użytych próbek wynosiła  $\delta = 6$  mm, wyniki pomiarów sprowadzono do grubości 10 mm. Na rys. 5 przedstawiono przebieg zależności  $m = m(t)$  dla różnych naprężeń. Ten sam rysunek przedstawia nawrót efektu optycznego w ciągu 24 godzin. Zależność  $m = m(t)$  pozwoliła na wyznaczenie krzywych izochronicznych przy stałych czasach  $t$ . Podobnie jak przy pełzaniu mechanicznym w temperaturze  $100^{\circ}\text{C}$  zastosowano mniejsze wartości naprężeń, z uwagi na występujące duże odkształcenia i ograniczone wymiarami komory możliwości pomiarowe.

Na rys. 6 przedstawiono przebieg zależności  $m = m(t)$  dla próbek o grubości  $\delta = 10$  mm, przy naprężeniu równym 50  $\text{kG/cm}^2$  w temperaturach  $T$  równych 18, 40,



Rys. 5



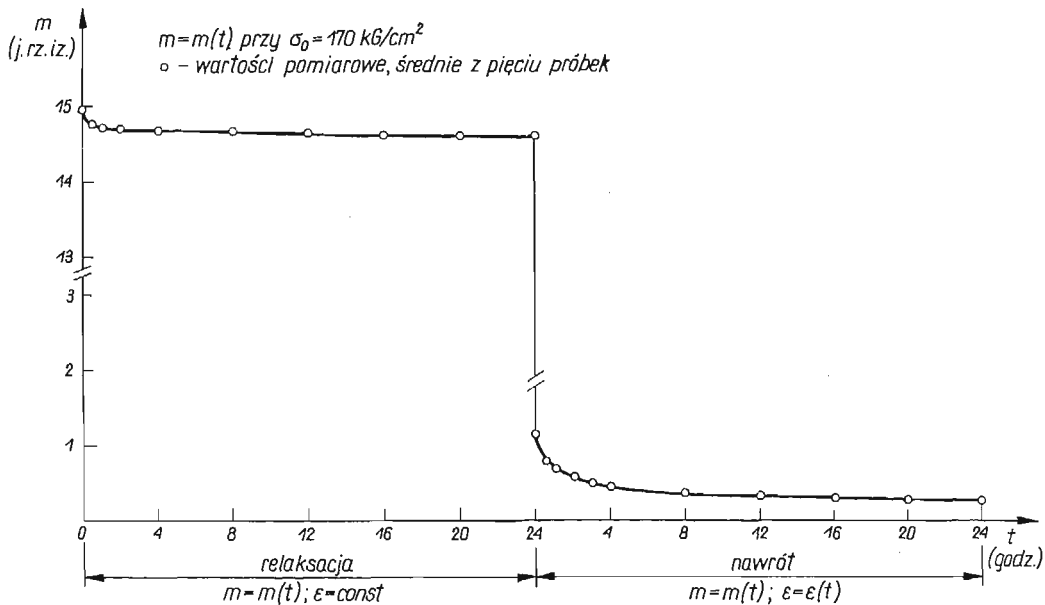
Rys. 6



80 i 100°C. Wyniki badań pełzania mechanicznego i optycznego przedyskutowano w następnym artykule<sup>1)</sup>.

Tak jak przy pełzaniu mechanicznym w zakresie czasu pełzania do 24 godzin przy temperaturze 100°C można zauważyć jedynie okres pełzania nieustalonego. Po odciążeniu w tej temperaturze występuje nawrót do efektu optycznego wyrażonego skończoną wartością izochromy. Po ochłodzeniu do temperatury pokojowej pozostaje utrwalony efekt optyczny (efekt zamrażania).

**2.5. Relaksacja naprężeń i efektu optycznego tworzywa w temperaturze pokojowej.** Przeprowadzone badania relaksacji naprężeń i efektu optycznego stanowiły uzupełnienie opisanych poprzednio w punktach 2.1 do 2.4 badań na pełzaniu. Wykonano je w temperaturze pokojowej i w temperaturach podwyższonych. Z uwagi na sprawdzający charakter badań, pomiary



Rys. 7

wykonano przy jednym poziomie naprężeń. W badaniach wykorzystano stanowisko pomiarowe stosowane przy próbach pełzania. Stanowisko to umożliwiło przeprowadzenie wstępnego rozciągania próbek poprzez układ obciążający polaryskopu. Badania relaksacyjne realizowano przy użyciu próbek tego samego typu co przy pełzaniu w temperaturze pokojowej. Próbki wycinano z płyt, których okres starzenia wynosił 14 dni. Kontrolę stałego wstępnego odkształcenia przeprowadzono za pomocą czujników zegarowych opisanych w punkcie 1.5.

Pomiar spadku siły rozciągającej wykonywano zestawem własnego projektu. W skład

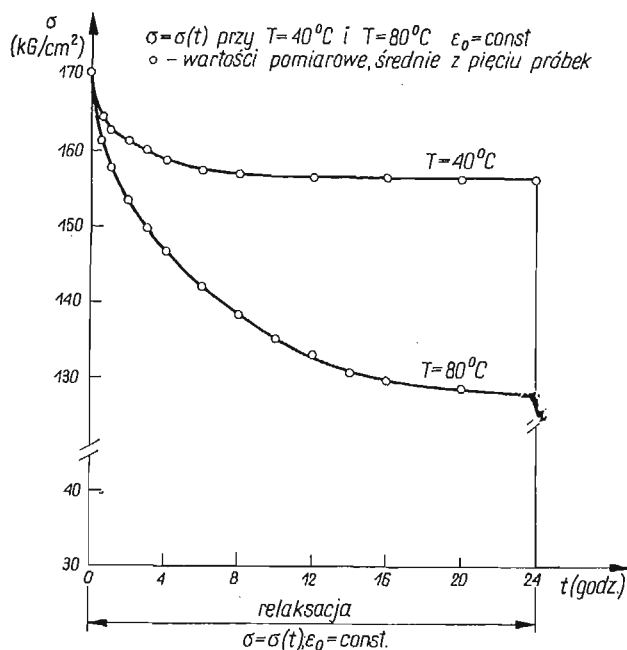
<sup>1)</sup> Następny artykuł ukaże się w zeszytcie 4(1972) *Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej*.

zestawu do pomiaru spadku siły wchodziły naczynia szklane, które wykorzystano po wypełnieniu wodą jako obciążniki ramy polaryskopu, poza tym krany spustowe, zawory, przewód gumowy oraz cechowane obojętnościowo naczynie zbiorcze.

Spadek siły rejestrowano poprzez pomiar wody w naczyniu zbiorczym, którą odlewano z naczynia obciążającego przez otwarcie kranu. W trakcie wykonywania pomiarów spadku siły rejestrowano równocześnie odpowiedni rząd izochromy, reprezentujący relaksację optyczną. Badania przeprowadzono przy początkowym naprężeniu  $\sigma_0 = 170 \text{ kG/cm}^2$ .

Okres badań relaksacyjnych wynosił 24 godziny. Podczas relaksacji mierzono wartości rzędu izochromy  $m$  przy różnych czasach  $t$ . Na rys. 7 przedstawiono wykres relaksacji optycznej w czasie 24-godzinnej próby. Po zakończonych próbach relaksacji mierzono przez następne 24 godziny rzędy izochrom oraz odkształcenia, które określały odpowiednio zanikający efekt optyczny towarzyszący nawrotowi odkształceń.

**2.6. Relaksacja naprężeń i efektu optycznego w temperaturach podwyższonych.** W badaniach wykorzystano komorę wmontowaną w układ obciążający polaryskopu opisaną w punkcie 1.5. Badania relaksacji naprężeń i efektu optycznego mierzonego rzędem izochromy przeprowadzono w temperaturach 40 i 80°C. Spadek siły obciążającej próbkę mierzono podobnie,



Rys. 8

jak podczas badania w temperaturze pokojowej (wg punktu 2.5). Kontrole stałości odkształcenia wstępного dokonywano czujnikami zegarowymi i katetometrem pionowym. Równocześnie ze spadkiem siły mierzono wartości rzędów izochrom. Na rys. 8 przedsta-

wiono zależność naprężeń  $\sigma$  od czasu  $t$  w czasie 24-godzinnej próby relaksacji materiału w temperaturach 40 i 80°C i przy początkowym naprężeniu  $\sigma_0 = 170 \text{ kG/cm}^2$ .

Szczegółowa analiza wyników badań z obliczeniami naprężeń relaksacyjnych metodami elastoptycznymi, analitycznymi oraz porównanie otrzymanych wyników z danymi pomiarowymi przedstawione zostaną w następnym artykule.

#### Literatura cytowana w tekście

1. Z. BROJER, Z. HERTZ, SŁ. PENECEK, *Żywice epoksydowe*, PWT, Warszawa, 1960.
2. R. S. DOROSZKIEWICZ, *Przegląd badań elastoptycznych Pracowni Doświadczalnej Analizy Naprężeń IPPT*; IV Sympozjon z zakresu doświadczalnych badań w mechanice ciała stałego, Warszawa 1970.
3. L. FÖPPL, E. MÖNCH, *Практика оптического моделирования*, Изд. Наука, Сибирское отделение, Новосибирск 1966.
4. L. FÖPPL, E. MÖNCH, *Praktische Spannungsoptik*, Springer Verlag, Berlin 1950.
5. G. HABERLAND, Ch. PIDDE, *Der dehnungsoptische Effekt der Epoxidharze beim spannungsoptischen Erstarrungsverfahren*, Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule für Architektur und Bauwesen, Weimar 11, Jahrgang, 1964, Heft 2.
6. M. M. LOVEN, R. C. SAMPSON, *Large epoxy resin castings for threedimensional photoelastic tests*, Westinghouse Research Laboratories. Research Report, Pittsburg, Pennsylvania 1960.
7. Z. ORŁOŚ, Z. SOBICZEWSKI, K. SZULBORSKI, *Własności mechaniczne i optyczne niektórych żywic epoksydowych, przeznaczonych na modele do badań elastoptycznych*, PWN, Warszawa 1966.
8. J. T. PINDERA, *Reologiczne własności materiałów modelowych*, WNT, Warszawa 1962.
9. I. SŁOWIKOWSKA, A. KOZŁOWSKI, T. BŁAŻEWICZ, *Badania elastoptyczne własności krajowych żywic epoksydowych*, Polimery (w druku).
10. Z. SOBICZEWSKI, M. WAJNRYB, *Über Mikrohärte Prüfungen an Polyester und Epoxidharzen*, Plaste und Kautschuk, 9, 342 (1962).
11. M. WOLNA, *Epoksydowe materiały elastoptyczne o niskim module Younga*, IV Sympozjon z zakresu doświadczalnych badań w mechanice ciała stałego, Warszawa 1970.
12. K. SZULBORSKI, *Własności mechaniczne i optyczne w różnych temperaturach materiału modelowego opartego na żywicy epoksydowej «Epidian 2»*, Rozprawa doktorska, WAT, 1970.

#### Резюме

#### ИСПЫТАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МОДЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА, ИЗГОТОВЛЕННОГО НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ ЭПИДИАН 2

В статье описаны некоторые результаты реологических испытаний механических и оптических свойств эпоксидной смолы. Для эксперимента подобран оптически чувствительный материал, изготовленный на основе отечественной смолы Эпидиан 2. Сооружена испытательская установка, состоящая из полярископа с большим полем зрения и нагревательной камеры, позволяющей производить опыты в различных температурах с одновременным измерением деформаций и величин порядка изохромы.

Результатам испытаний дано графическое истолкование.

#### Summary

#### EXAMINATION OF RHEOLOGICAL PROPERTIES OF A MATERIAL MADE FROM THE EPOXY RESIN «EPIDIAN 2»

The paper describes several results of testing of the mechanical and optical properties of the epoxy resin. The optically sensitive material prepared from the locally produced «Epidian 2» resin was sampled

for investigation. The testing unit comprised a polariscope with a wide field of vision and a heating chamber enabling the tests to be carried out at various temperatures and with simultaneous measurement of deformations and isochrome orders. The results of the tests have been presented graphically.

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

*Praca została złożona w Redakcji dnia 14 kwietnia 1971 r.*

---