

Spis treści

Wstęp	9
-------------	---

CZĘŚĆ PIERWSZA

Reologia cieczy i materiałów plastycznych	13
---	----

1. Podstawowe pojęcia w reologii.....	15
2. Ciecze newtonowskie i nienewtonowskie	18
2.1. Ciecze newtonowskie	18
2.2. Ciecze nienewtonowskie.....	19
2.2.1. Ciecze reostabilne	19
2.2.2. Ciecze reoniestabilne	23
2.2.2.1. Ciecze tiksotropowe	23
2.2.2.2. Ciecze reopeksyjne	33
2.2.3. Ciecze lepkosprężyste	34
2.2.3.1. Efekt Weissenberga	35
2.2.3.2. Efekt Barusa	36
2.3. Właściwości lepkosprężyste	36
3. Reometria	38
3.1. Zastosowanie reometrii kapilarnej do badania właściwości zawiesin ceramicznych, polimerów i ich kompozycji	40
3.2. Zastosowanie reometrów obrotowych do wyznaczania krzywych płynięcia i innych parametrów reologicznych.....	44
4. Dynamiczna analiza mechaniczna (DMA) właściwości reologicznych układów ceramiczno-polimerowych termoplastycznych oraz żywic chemo- i termoutwardzalnych	46

LITERATURA DO CZĘŚCI I	54
------------------------------	----

5. Instrukcje do ćwiczeń laboratoryjnych – część pierwsza	55
5.1. Pomiar lepkości cieczy za pomocą lepkościomierza wypływowego (kubek Forda)	55
5.1.1. Cel ćwiczenia	55
5.1.2. Zasada oznaczenia.....	55
5.1.3. Aparatura i odczynniki.....	56
5.1.4. Wykonanie ćwiczenia. Oznaczenie wskaźnika lepkości.....	57
5.1.5. Oznaczenie tiksotropii.....	57
5.1.6. Zagadnienia do kolokwium.....	57
5.2. Pomiar właściwości reologicznych cieczy na reometrze typu Rheotest 2	57
5.2.1. Cel ćwiczenia	57
5.2.2. Opis urządzenia Rheotest 2.....	58
5.2.3. Wybór układu cylindrów pomiarowych.....	60
5.2.4. Zerowanie układu pomiarowego.....	61
5.2.5. Sposób przeprowadzania pomiaru	61
5.2.6. Obliczanie wielkości reologicznych	62
5.2.7. Interpretacja krzywych płynięcia	65
5.2.8. Opracowanie wyników.....	67
5.2.9. Zagadnienia do kolokwium.....	67
5.3. Wyznaczanie parametrów tiksotropowych na podstawie krzywych płynięcia	67
5.3.1. Cel ćwiczenia	67
5.3.2. Przebieg ćwiczenia.....	68
5.3.2.1. Metoda całkowania równań trendów.....	68
5.3.2.2. Metoda najmniejszych kwadratów (sumowania pól trapezów).....	69
5.3.3. Opracowanie wyników.....	69
5.3.4. Przykładowe pytania i zagadnienia.....	69
5.4. Wyznaczanie współczynników chronotiksotropii i mobilotiksotropii na reometrze Anton Paar	70
5.4.1. Cel ćwiczenia	70
5.4.2. Przebieg ćwiczenia. Reometr Anton Paar Physica MCR-301	70
5.4.3. Odczynniki	72
5.4.4. Sporządzenie zawiesiny ceramicznej.....	72
5.4.5. Pomiar współczynnika mobilotiksotropii	72
5.4.6. Pomiar współczynnika chronotiksotropii.....	73
5.4.7. Opracowanie wyników.....	74
5.4.8. Przykładowe pytania i zagadnienia.....	75
5.5. Pomiar właściwości lepkosprężystych płynów w układzie płytka–płytko na reometrze Antor Paar.....	75
5.5.1. Cel ćwiczenia	75
5.5.2. Przebieg ćwiczenia. Reometr Anton Paar Physica MCR-301	76
5.5.3. Odczynniki	76
5.5.4. Przygotowanie zawiesin do badań	76

5.5.5. Pomiar właściwości lepkosprężystych	77
5.5.6. Opracowanie wyników	78
5.5.7. Przykładowe pytania i zagadnienia	78
5.6. Wyznaczanie kinetyki żelowania układów wielofazowych	
na reometrze Anton Paar	78
5.6.1. Cel ćwiczenia	78
5.6.2. Przebieg ćwiczenia. Reometr Anton Paar Physica MCR-301	79
5.6.3. Odczynniki	79
5.6.4. Przygotowanie mieszanin polimeryzacyjnych do badań	80
5.6.5. Pomiar kinetyki żelowania	80
5.6.5.1. Wyznaczanie kinetyki żelowania	
z wykorzystaniem pomiarów lepkości	80
5.6.5.2. Wyznaczanie kinetyki żelowania	
z wykorzystaniem pomiarów lepkosprężystości	81
5.6.6. Opracowanie wyników	82
5.6.7. Przykładowe pytania i zagadnienia	82
5.7. Wyznaczanie parametrów reologicznych płynów	
na podstawie testów pełzania na reometrze Anton Paar	83
5.7.1. Cel ćwiczenia	83
5.7.2. Przebieg ćwiczenia. Reometr Anton Paar Physica MCR-301	83
5.7.3. Odczynniki	84
5.7.4. Test pełzania	84
5.7.5. Opracowanie wyników	85
5.7.6. Przykładowe pytania i zagadnienia	86
5.8. Wyznaczanie krzywej upłynniania zawieszin ceramicznych	
na wiskozymetrze Brookfield DV-E oraz reometrze Brookfield DV-III+	86
5.8.1. Cel ćwiczenia	86
5.8.2. Przebieg ćwiczenia. Aparatura (wraz z instrukcją obsługi)	86
5.8.3. Wiskozymetr obrotowy Brookfield DV-E	86
5.8.3.1. Budowa urządzenia	88
5.8.3.2. Pomiar	88
5.8.4. Sporządzanie zawiesiny	88
5.8.5. Odczynniki	88
5.8.6. Wykonanie ćwiczenia. Krzywa upłynniania	88
5.8.7. Wyznaczanie krzywej zmian lepkości	
w funkcji prędkości obrotowej	89
5.8.8. Wyznaczanie wskaźnika tiksotropii	
za pomocą lepkościomierza obrotowego	90
5.8.9. Opracowanie wyników	90
5.8.10. Przykładowe pytania i zagadnienia	91
5.9. Reometr obrotowy typu Brookfield DV-III	91
5.9.1. Budowa urządzenia	91
5.9.2. Zerowanie	92
5.9.3. Pomiar	93
5.9.4. Wczytywanie „skryptów pomiarowych”	94

5.9.5. Wykonanie ćwiczenia.....	95
5.9.6. Opracowanie wyników.....	95
5.9.7. Przykładowe pytania i zagadnienia.....	95
5.10. Zasady pomiaru i wyznaczanie krzywej kalibracyjnej wiskozymetru torsyjnego Gallenkampa	96
5.10.1. Cel ćwiczenia.....	96
5.10.2. Aparatura (wraz z instrukcją obsługi)	96
5.10.3. Budowa urządzenia	97
5.10.4. Zerowanie	98
5.10.5. Pomiar	98
5.10.6. Odczytniki	99
5.10.7. Wykonanie ćwiczenia.....	99
5.10.8. Opracowanie wyników.....	99
5.10.9. Przykładowe pytania i zagadnienia	99

CZĘŚĆ DRUGA

Reologia proszków	101
6. Proszki.....	103
6.1. Wprowadzenie do reologii proszków	103
6.2. Rodzaje przepływów mas proszkowych	105
6.3. Naprężenia w materiałach sypkich	107
6.4. Siły adhezyjne i kohezyjne	109
6.5. Sypkość–płynięcie. Jednokierunkowe zagęszczanie	112
6.6. Czas konsolidacji (sklejanie). Samokohezja	114
6.7. Granica płynięcia i koło naprężeń Mohra	115
6.7.1. Numeryczna charakteryzacja płynności.....	117
6.8. Funkcja czasowa	119
6.9. Pomiar sypkości (płynięcia).....	119
6.10. Test ścinania (krzywa zniszczeniowa)	119
6.10.1. Tester ścinania Jenikego	121
6.10.2. Pierścieniowy tester ścinania Schulzego	122
6.10.3. Interpretacja krzywej zniszczeniowej (płynięcia)	124
6.11. Czas konsolidacji	126
6.12. Tarcie ścienne.....	127
6.13. Inne metody określenia właściwości reologicznych proszków	131
6.14. Podsumowanie	132
LITERATURA DO CZĘŚCI DRUGIEJ	132
7. Instrukcje do ćwiczeń laboratoryjnych – część druga	134
7.1. Wyznaczanie kąta tarcia przyściennego proszków ceramicznych.....	134
7.1.1. Cel ćwiczenia	134
7.1.2. Aparatura (wraz z instrukcją obsługi)	134

7.1.3. Waga laboratoryjna	138
7.1.4. Odczynniki	138
7.1.5. Wykonanie ćwiczenia.....	138
7.1.6. Opracowanie wyników.....	138
7.1.7. Przykładowe pytania i zagadnienia.....	138
7.2. Wyznaczanie konsolidacyjnej krzywej płynięcia proszków ceramicznych.....	138
7.2.1. Przygotowanie próbki	138
7.2.2. Pomiar	139
7.2.3. Waga laboratoryjna	140
7.2.4. Odczynniki	140
7.2.5. Wykonanie ćwiczenia.....	140
7.2.6. Opracowanie wyników.....	140
7.2.7. Przykładowe pytania i zagadnienia.....	140
7.3. Wyznaczanie krzywej płynięcia proszków ceramicznych.....	140
7.3.1. Przygotowanie próbki	140
7.3.2. Pomiar	141
7.3.3. Waga laboratoryjna	142
7.3.4. Odczynniki	142
7.3.5. Wykonanie ćwiczenia.....	142
7.3.6. Opracowanie wyników.....	142
7.3.7. Przykładowe pytania i zagadnienia.....	142
Podziękowania	142