

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 odczytniki 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–płytką na reometrze Anton 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 zawiesin 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. Odczytniki 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 charakterystyka 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