
Spis treści

1. Znaczenie techniczne i gospodarcze szkła	11
2. Zarys historii wytwarzania szkła	15
Wykaz piśmiennictwa	20
3. Stan szklisty	22
3.1. Definicja szkła	22
3.2. Budowa wewnętrzna szkła	25
3.3. Elementy struktury krystalicznych związków zdolnych do przechodzenia w stan szklisty	28
3.4. Teoria krystalitów	32
3.5. Teoria bezpostaciowej ciągłej struktury	37
3.6. Teoria bezpostaciowej zdyferencjowanej struktury	42
3.7. Ocena przedstawionych teorii	45
Wykaz piśmiennictwa	48
4. Właściwości szkła	50
4.1. Właściwości stopionej masy szklanej	50
4.1.1. Lepkość	50
4.1.2. Napięcia powierzchniowe	62
4.1.3. Podatność na krystalizację	67
4.2. Właściwości mechaniczne	72
4.2.1. Gęstość szkła	72
4.2.2. Wytrzymałość mechaniczna szkła	74
4.2.3. Twardość	79
4.2.4. Kruchość	80
4.2.5. Sprężystość	80
4.3. Właściwości cieplne	83
4.3.1. Ciepło właściwe	83
4.3.2. Przewodność cieplna	84
4.3.3. Rozszerzalność cieplna	87

4.3.4. Odporność termiczna	90
4.4. Właściwości chemiczne	92
4.4.1. Odporność na działanie wody	92
4.4.2. Odporność na działanie kwasów	95
4.4.3. Odporność na działanie zasad	96
4.4.4. Odporność na wietrzenie	98
4.5. Właściwości elektryczne	99
4.5.1. Przewodność elektryczna — oporność elektryczna	99
4.5.2. Przenikalność dielektryczna	103
4.5.3. Stratność dielektryczna	104
4.5.4. Wytrzymałość elektryczna	105
4.6. Właściwości optyczne	106
4.6.1. Załamanie i dyspersja światła	106
4.6.2. Dwójłomność	109
4.6.3. Odbicie, pochłanianie i przepuszczalność promieniowania przez szkło	112
4.6.4. Barwa szkła	114
4.6.5. Przepuszczalność szkielek barwnych	117
4.6.6. Rozproszenie światła	119
4.7. Inne właściwości szkła	120
4.7.1. Właściwości radiologiczne	120
4.7.2. Luminescencja szkielek	121
4.7.3. Solaryzacja	122
4.7.4. Właściwości akustyczne	123
Wykaz piśmiennictwa	123
5. Podstawy technologii szkła	126
5.1. Zasady procesów technologicznych produkcji szkła	126
5.1.1. Ogólne zasady technologiczne	126
5.1.2. Istota technologii szkła i jej podział	133
5.1.3. Przebieg procesu produkcji szkła	137
5.1.4. Przetwórstwo szkła	142
5.1.5. Schematy technologiczne	143
5.2. Surowce szklarskie i sporządzanie zestawu	145
5.2.1. Podział surowców szklarskich	147
5.2.2. Surowce wprowadzające tlenki szkłotwórcze	159
5.2.3. Surowce wprowadzające tlenki przejściowe i modyfikatory	175
5.2.4. Surowce odpadowe	177
5.2.5. Surowce pomocnicze	180
5.2.6. Obliczanie składu zestawu surowcowego	183
5.2.7. Przygotowanie zestawu	184
5.2.8. Obróbka zestawu	187
5.2.9. Kontrola zestawu	187
5.3. Topienie masy szklanej	187
5.3.1. Teoretyczne podstawy topienia	212
5.3.2. Praktyka topienia szkła	228
5.4. Wady masy szklanej	228
5.4.1. Uwagi ogólne	228
5.4.2. Kamienie	230
5.4.3. Pęcherze	235
5.4.4. Smugi	239
5.5. Formowanie wyrobów	243
5.5.1. Definicja i znaczenie procesu formowania	243
5.5.2. Teoretyczne podstawy formowania	245

5.5.3.	Formowanie wyrobów metodą wydmuchiwania	254
5.5.4.	Formowanie wyrobów metodą wytłaczania	272
5.5.5.	Formowanie wyrobów metodą wytłaczająco-wydmuchującą	274
5.5.6.	Ciągnięcie szkła	279
5.5.7.	Walcowanie szkła	295
5.5.8.	Inne sposoby formowania	297
5.6.	Odpężanie i hartowanie szkła	304
5.6.1.	Wiadomości wstępne	304
5.6.2.	Naprężenia termiczne przemijające i trwałe	306
5.6.3.	Zjawisko sztucznej anizotropii optycznej w szkłe — dwójłomność wymuszona	308
5.6.4.	Badanie naprężeń w szkłe	309
5.6.5.	Odpężanie szkła	324
5.6.6.	Normy dopuszczalnych naprężeń	333
5.6.7.	Hartowanie szkła płaskiego	334
5.6.8.	Hartowanie innych szkieł	343
5.7.	Wykańczanie wyrobów	343
5.7.1.	Pojęcia podstawowe	343
5.7.2.	Usuwanie kap	344
5.7.3.	Szlifowanie	347
5.7.4.	Zatapianie	349
5.7.5.	Docieranie	349
5.7.6.	Szlifowanie wklęsłe	350
5.7.7.	Wiercenie otworów	351
5.7.8.	Cechowanie i znakowanie wyrobów	352
5.8.	Zdobienie	352
5.8.1.	Wprowadzenie	352
5.8.2.	Szlifowanie płaszczyzn	353
5.8.3.	Rzeźbienie	353
5.8.4.	Rytowanie	357
5.8.5.	Trawienie wzorów	358
5.8.6.	Matowanie	358
5.8.7.	Łuszczenie klejem — „kwiaty mrozu”	359
5.8.8.	Malowanie	359
5.8.9.	Lazurowanie	362
5.8.10.	Iryzowanie	362
5.8.11.	Metelizowanie	363
5.8.12.	Inne sposoby zdobienia	364
5.9.	Przetwórstwo szkła	364
5.9.1.	Zmiana kształtu	364
5.9.2.	Łączenie szkła	376
5.9.3.	Klejenie szkła	380
5.9.4.	Spiekanie szkła	381
5.9.5.	Zmiana właściwości tworzywa	382
5.10.	Dewitryfikacja	383
5.10.1.	Określenia i znaczenie w technice	383
5.10.2.	Kierowana krystalizacja szkła	384
5.10.3.	Skład chemiczny dewitryfikatów	385
5.10.4.	Technologia wytwarzania dewitryfikatów	393
5.10.5.	Właściwości tworzyw dewitryfikacyjnych	396
5.10.6.	Zastosowanie tworzyw dewitryfikacyjnych	398
	Wykaz piśmiennictwa	399

6. Piece szklarskie	405
6.1. Piece stosowane w przemyśle szklarskim	405
6.1.1. Piece topliwne	405
6.1.2. Piece pomocnicze	414
6.2. Mechanizm pracy pieców topliwnych o ruchu ciągłym	421
6.2.1. Gospodarka ciepła	421
6.2.2. Wytop szkła	434
6.3. Budowa pieca	443
6.3.1. Piec donicowy	443
6.3.2. Wanna szklarska	444
6.4. Materiały ogniotrwałe	458
6.5. Eksploatacja	461
6.5.1. Rozgrzewanie pieca	461
6.5.2. Eksploatacja	474
6.5.3. Studzenie pieca	475
Wykaz piśmiennictwa	476
 7. Pomiary i regulacja automatyczna w przemyśle szklarskim	 478
7.1. Wiadomości wstępne	478
7.2. Pomiary temperatury	480
7.2.1. Termometry termoelektryczne	480
7.2.2. Pirometry	487
7.2.3. Termometry elektryczne oporowe	493
7.3. Pomiary przepływu płynów	493
7.4. Pomiary poziomu lustra szkła	496
7.5. Analiza spalin	497
7.6. Pomiary ciśnienia	499
7.7. Rejestracja wyników pomiarów	499
7.8. Systemy przemysłowe regulacji automatycznej	502
7.8.1. Pneumatyczny system regulacji automatycznej PNEFAL	502
7.8.2. Elektroniczny system automatyki przemysłowej EFTRONIK	506
7.8.3. Elektroniczny system automatyki URS	508
7.9. Sterowanie procesami technologicznymi z zastosowaniem układów cyfrowych	512
7.9.1. Wiadomości wstępne	512
7.9.2. Systemy elektroniczne pomiarowo-regulacyjne cyfrowe	514
7.9.3. Możliwości zastosowań systemu MIKROSTER MSA-80	514
7.9.4. Ogólne zasady projektowania systemów mikroprocesorowych	516
7.9.5. Zastosowanie systemu mikroprocesorowego μ -DOZOMAT do odważania surowców w zestawiarńi	516
7.9.6. Zastosowanie sterownika MICON P-200 do sterowania wanną szklarską	518
Wykaz piśmiennictwa	519
 8. Instalacje i energetyka huty szkła	 521
8.1. Bilans energetyczny huty	521
8.1.1. Wiadomości ogólne	521
8.1.2. Układanie bilansów cieplnych	522
8.2. Instalacje paliwowe w hucie szkła	523
8.3. Elektroenergetyka huty szkła	527
8.3.1. Zasilanie zakładów szklarskich energią elektryczną	527

8.3.2. Eksploatacja urządzeń elektroenergetycznych i bezpieczeństwo pracy	530
8.4. Gospodarka wodno-ściekowa huty	531
8.4.1. Gospodarka wodą pitną i przemysłową	531
8.4.2. Zaopatrzenie w wodę ciepłą i gorącą	532
8.4.3. Zaopatrzenie w parę	533
8.4.4. Usuwanie ścieków	534
8.5. Sprężone powietrze i próżnia	535
8.5.1. Powietrze sprężarkowe i wentylatorowe	535
8.5.2. Instalacja próżni	537
8.5.3. Uwagi dotyczące prawidłowej obsługi i bezpieczeństwa pracy przy instalacjach	538
8.6. Zasady bezpieczeństwa i higieny pracy	538
8.7. Rola nadzoru inżynierskiego nad gospodarką energetyczną w hucie szkła	539
Wykaz piśmiennictwa	540
9. Bezpieczeństwo i higiena pracy oraz ochrona środowiska	541
9.1. Zagrożenia pracowników w hutach szkła	541
9.1.1. Promieniowanie ciepłe	541
9.1.2. Pary, gazy, pyły	542
9.1.3. Zapylenie	543
9.1.4. Wybuchy mieszanek gazowej	543
9.1.5. Okaleczenia	544
9.1.6. Profilaktyka	544
9.2. Oddziaływanie hut szkła na środowisko i metody zmniejszenia lub eliminacji zagrożeń	545
9.2.1. Zagrożenie środowiska naturalnego	545
9.2.2. Pyły i gazy	546
9.2.3. Ścieki	547
9.2.4. Odpady produkcyjne	548
Wykaz piśmiennictwa	548