

# Spis treści

|                                                                                                                                                                             |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Słowo wstępne .....</b>                                                                                                                                                  | <b>9</b>  |
| <b>1. Ogólna charakterystyka tendencji rozwojowych inżynierii materiałowej i metod kształtowania struktury i własności powierzchni materiałów inżynierskich .....</b>       | <b>13</b> |
| 1.1. Znaczenie rozwoju inżynierii materiałowej dla gospodarki opartej na wiedzy i innowacji.....                                                                            | 13        |
| 1.2. Współczesne znaczenie technologii kształtowania struktury i własności powierzchni materiałów inżynierskich.....                                                        | 16        |
| 1.3. Konieczność naukowego prognozowania rozwoju metod kształtowania struktury i własności powierzchni materiałów inżynierskich .....                                       | 22        |
| 1.4. Ogólna klasyfikacja warstw powierzchniowych i metod kształtowania struktury i własności powierzchni materiałów inżynierskich .....                                     | 33        |
| <b>2. Technologie kształtowania struktury i własności powierzchni materiałów inżynierskich w wyniku chemicznego oddziaływania ośrodka w podwyższonej temperaturze .....</b> | <b>41</b> |
| 2.1. Ogólna charakterystyka obróbki cieplno-chemicznej stali i innych stopów żelaza .....                                                                                   | 41        |
| 2.2. Perspektywy rozwojowe obróbki cieplno-chemicznej stali i innych stopów żelaza .....                                                                                    | 49        |
| 2.3. Nawęglanie .....                                                                                                                                                       | 51        |
| 2.4. Azotowanie .....                                                                                                                                                       | 56        |
| 2.5. Kompleksowe nasycanie azotem i innymi niemetalami .....                                                                                                                | 62        |
| 2.6. Pasywacja .....                                                                                                                                                        | 67        |
| 2.7. Dyfuzyjne nasycanie innymi niemetalami .....                                                                                                                           | 72        |
| 2.8. Metalizowanie dyfuzyjne.....                                                                                                                                           | 75        |
| 2.9. Atmosfery ochronne i obróbka cieplna w próżni .....                                                                                                                    | 80        |

|                                                                                                                                                                                    |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>3. Technologie kształtowania struktury i własności powierzchni materiałów inżynierskich przez nanoszenie powłok z fazy gazowej.....</b>                                         | <b>83</b>  |
| 3.1. Ogólna charakterystyka procesów nanoszenia powłok i ich rozwoju .....                                                                                                         | 83         |
| 3.2. Fizyczne osadzanie powłok z fazy gazowej PVD.....                                                                                                                             | 91         |
| 3.3. Chemiczne osadzanie powłok z fazy gazowej CVD .....                                                                                                                           | 111        |
| 3.4. Funkcjonalne powłoki gradientowe.....                                                                                                                                         | 118        |
| 3.5. Technologie hybrydowe obróbki powierzchniowej.....                                                                                                                            | 119        |
| 3.6. Implantacja jonów.....                                                                                                                                                        | 121        |
| 3.7. Diamentopodobne powłoki węglowe .....                                                                                                                                         | 126        |
| <b>4. Technologie kształtowania struktury i własności powierzchni materiałów inżynierskich przez osadzanie powłok z fazy ciekłej i stałej .....</b>                                | <b>131</b> |
| 4.1. Ogólna klasyfikacja procesów osadzania powłok z fazy ciekłej i stałej.....                                                                                                    | 131        |
| 4.2. Osadzanie powłok zanurzeniowych ogniowych .....                                                                                                                               | 133        |
| 4.3. Osadzanie galwaniczne powłok .....                                                                                                                                            | 143        |
| 4.4. Osadzanie powłok zol-żel z fazy ciekłej.....                                                                                                                                  | 152        |
| 4.5. Osadzanie powłok organicznych z fazy ciekłej .....                                                                                                                            | 164        |
| 4.6. Osadzanie elektroforetyczne powłok z fazy ciekłej .....                                                                                                                       | 170        |
| 4.7. Nakładanie powłok organicznych proszkowych z fazy stałej.....                                                                                                                 | 173        |
| <b>5. Technologie kształtowania struktury i własności powierzchni materiałów inżynierskich z wykorzystaniem promieniowania laserowego i innych technologii spawalniczych .....</b> | <b>175</b> |
| 5.1. Ogólna klasyfikacja technologii nanoszenia powłok metodami spawalniczymi .....                                                                                                | 175        |
| 5.2. Warstwy powierzchniowe kształtowane z wykorzystaniem technologii laserowych .....                                                                                             | 177        |
| 5.3. Technologie napawania kształtujące strukturę i własności warstw powierzchniowych elementów maszyn.....                                                                        | 198        |

|                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.4. Technologie natryskiwania cieplnego warstw powierzchniowych ..... | 206 |
| 5.5. Technologie detonacyjnego nanoszenia powłok .....                 | 216 |

## **6. Struktura i własności powierzchni nanostrukturalnych i innych wybranych materiałów inżynierskich ..... 220**

|                                                                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.1. Struktura i własności twardych powłok na spiekanych materiałach<br>narzędziowych .....                                           | 220 |
| 6.2. Struktura i własności powłok PVD i CVD na stopach miedzi .....                                                                   | 231 |
| 6.3. Struktura i własności narzędziowych materiałów gradientowych<br>wytwarzanych metodami metalurgii proszków .....                  | 239 |
| 6.4. Struktura i własności powierzchni stali narzędziowych stopowych do pracy<br>na gorąco obrobionych laserowo .....                 | 248 |
| 6.5. Struktura i własności powierzchni stopów magnezu obrobionych laserowo ..                                                         | 253 |
| 6.6. Powierzchniowe warstwy stopowe odlewnicze i infiltracyjne .....                                                                  | 260 |
| 6.7. Powierzchniowe warstwy formowane metodami metalurgii proszków .....                                                              | 263 |
| 6.8. Powierzchniowe warstwy ceramiczne .....                                                                                          | 265 |
| 6.9. Struktura i własności wybranych nanostrukturalnych pokryć i warstw<br>wierzchnich .....                                          | 266 |
| 6.10. Struktura powierzchni materiałów elektronicznych obrobionych metodami<br>litograficznymi i nanolitograficznymi .....            | 284 |
| 6.11. Struktura i własności powierzchni materiałów fotowoltaicznych .....                                                             | 295 |
| 6.12. Struktura i własności powierzchni implantów i biomateriałów stosowanych<br>w medycynie oraz w inżynierii stomatologicznej ..... | 318 |

## **7. Struktura i własności materiałów polimerowych obrabianych powierzchniowo oraz pokryć polimerowych ..... 336**

|                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.1. Ogólna charakterystyka obróbki powierzchniowej materiałów polimerowych<br>i pokryć polimerowych .....    | 336 |
| 7.2. Technologie mechanicznej, chemicznej i płomieniowej obróbki powierzchni<br>materiałów polimerowych ..... | 340 |
| 7.3. Obróbka powierzchni materiałów polimerowych z wykorzystaniem różnych<br>rodzajów promieniowania .....    | 344 |

|                                                                                                                                                  |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 7.4. Ogólna charakterystyka obróbki powierzchni materiałów polimerowych związanej z oddziaływaniem plazmy niskotemperaturowej.....               | 347        |
| 7.5. Metody obróbki powierzchni materiałów polimerowych związane z oddziaływaniem plazmy niskotemperaturowej pod ciśnieniem atmosferycznym ..... | 351        |
| 7.6. Obróbka powierzchni materiałów polimerowych związana z nanoszeniem innych materiałów .....                                                  | 356        |
| 7.7. Pokrycia polimerowe na innych materiałach technicznych.....                                                                                 | 358        |
| <b>8. Ocena perspektyw rozwojowych technologii kształtowania struktury i własności powierzchni materiałów inżynierskich ....</b>                 | <b>362</b> |
| 8.1. Metody wyłaniania krytycznych technologii kształtowania struktury i własności powierzchni materiałów inżynierskich.....                     | 362        |
| 8.2. Makroscenariusze przyszłych wydarzeń dotyczących technologii kształtowania struktury i własności powierzchni materiałów inżynierskich ...   | 377        |
| 8.3. Perspektywy rozwojowe technologii krytycznych kształtowania struktury i własności powierzchni materiałów inżynierskich.....                 | 405        |
| <b>Uwagi końcowe .....</b>                                                                                                                       | <b>434</b> |
| <b>Adiutorium. Zdjęcia materiałograficzne powierzchni materiałów inżynierskich .....</b>                                                         | <b>448</b> |
| <b>Literatura .....</b>                                                                                                                          | <b>458</b> |