

# 1. Wstęp

## 1.1. Historyczny rozwój materiałów

Człowiek od zarania dziejów wykorzystywał, a z czasem przetwarzał, materiały dla zdobycia pożywienia, zwiększenia swego bezpieczeństwa i zapewnienia sobie odpowiedniego poziomu życia. Śledząc dzieje cywilizacji ludzkiej można dojść do przekonania, że o jej rozwoju decyduje w dużej mierze rozwój materiałów i towarzyszący temu rozwój sił wytwórczych. Świadczy o tym niewątpliwie między innymi nazwanie różnych okresów w dziejach ludzkości od materiałów decydujących wówczas o warunkach życia, np. epoki: kamienia, brązu, żelaza. Również wdrożenie różnych wynalazków stało się możliwe dopiero po udostępnieniu odpowiednich materiałów. Przykładowo już w notatkach Leonardo da Vinci z piętnastego wieku znaleziono szkic helikoptera, lecz śmigłowiec wyprodukowano dopiero w latach czterdziestych dwudziestego wieku. Statki kosmiczne dawno opisano w literaturze, a niezbędnych obliczeń dokonano już w pierwszym dziesięcioleciu dwudziestego wieku, gdy pierwszy sztuczny satelita Ziemi wystartował z sukcesem dopiero pod koniec lat pięćdziesiątych, a pierwszy prom kosmiczny w latach siedemdziesiątych tego wieku.

## 1.2. Materiały konstrukcyjne

Metaloznawstwo jest nauką o budowie, właściwościach i metodach badań metalicznych materiałów konstrukcyjnych, tzn. używanych do produkcji maszyn, urządzeń i konstrukcji. Zadaniem tej dziedziny wiedzy technicznej jest określanie wpływu zmiany warunków zewnętrznych, w tym również wywołanej procesami technologicznymi, na budowę tworzywa oraz ustalanie zależności pomiędzy składem i budową tworzywa a jego właściwościami. Zrozumienie tych zależności wymaga znajomości elementarnych mikroprocesów zachodzących w materiale pod wpływem zmian temperatury, obciążenia i innych czynników zewnętrznych. Zdefiniowanie pojęcia struktury (budowy) materiału zależy od przyjętej skali obserwacji.

W skali podmikroskopowej (atomowej) rozpatruje się **strukturę krystaliczną**, tj. przestrzenny rozkład cząstek materii (atomów, jonów, cząsteczek), typ i symetrię sieci przestrzennej, rozkład cząstek materii w komórce zasadniczej, jej wymiary wreszcie. Współczesne metody eksperymentalne w zasadzie nie umożliwiają bezpośredniej obserwacji poszczególnych atomów, a tylko pewnych ich zgrupowań (np. strefy G P). Jednak pośrednio metodami dyfrakcji rentgenowskiej lub elektronowej wymienione cechy struktury krystalicznej można określić i zmierzyć ze znaczną dokładnością.

W skali mikroskopowej rozpatruje się **podstrukturę**, tj. strukturę rzeczywistą kryształu albo ziarna. Struktura rzeczywista obejmuje granice, orientację i rozmiary bloków oraz defekty struktury krystalicznej. Bezpośrednią obserwację podstruktury, zwłaszcza granic wąskokątowych lub dyslokacji, umożliwia mikroskopia elektronowa z wykorzystaniem techniki folii.

Wreszcie w skali mikroskopowej albo makroskopowej mówi się odpowiednio o **mikrostrukturze** albo **makrostrukturze**. Jej opis obejmuje w materiałach jednofazowych kształt, wielkość i orientację poszczególnych ziarn, a w materiałach wielofazowych ponadto rodzaj, udział i wzajemne usytuowanie faz składowych. W obu przypadkach opis obejmuje również ewentualne wady materiałowe: wtrącenia niemetaliczne (kształt i rozkład wydzieleń), pęknięcia, pory itp. Metody makroskopii oraz mikroskopii świetlnej i elektronowej umożliwiają bezpośrednią obserwację makrostruktury i mikrostruktury materiału oraz przy wykorzystaniu odpowiednich wskaźników jej ilościowy opis.

Pełny opis struktury wymaga więc znajomości składu chemicznego materiału (faz składowych), struktury krystalicznej, podstruktury i mikrostruktury. Warto pamiętać, że struktura materiału jest stabilna w określonych warunkach zewnętrznych (temperatura, ciśnienie). Zmiana tych warunków może wywołać w materiale przemianę fazową i w konsekwencji zmianę struktury, a więc i właściwości. Analogiczny skutek można uzyskać poddając materiał odpowiednim procesom technologicznym; w tym zakresie szczególnie efektywne są obróbka plastyczna i obróbka cieplna.

Do cech materiału o szczególnym znaczeniu użytkowym należą właściwości mechaniczne.

Rozumie się przez nie zespół cech (granica sprężystości, wytrzymałość, twardość) określających wytrzymałość oraz (granica plastyczności, wydłużenie, przewężenie, udarność) charakteryzujących plastyczność materiału. Spośród nich najczęściej wytrzymałość albo granica plastyczności są podstawą obliczeń podczas projektowania. Decydując o wymiarach przekroju elementów, niezbędnych do przenoszenia przewidywanych obciążeń, wespół z ciężarem właściwym przesądza o gabarycie i ciężarze konstrukcji.

Zespół cech umożliwiających zachowanie, niezmiennych w czasie, właściwości materiału, jak odporność na korodujące lub mechaniczne (erozja, kawitacja) działanie środowiska oraz mechaniczne działanie (ścieranie) współpracujących elementów, wreszcie odporność na działanie podwyższonej temperatury decydują o niezawodności i trwałości konstrukcji.

Przez właściwości technologiczne rozumie się podatność materiału do określonych technik wytwarzania, jak odlewanie (lejność), spawanie (spawalność), obróbka plastyczna (ciągliwość, tłoczność), obróbka skrawaniem (skrawalność), obróbka cieplna (hartowność) itp. Właściwości te, przy uwzględnieniu wielkości produkcji, decydują o wyborze optymalnej technologii, a w połączeniu z ceną materiału o koszcie konstrukcji.

Specjalne właściwości fizyczne, np. temperatura topnienia, rozszerzalność cieplna, przenikalność magnetyczna itp., czy chemiczne, np. odporność na utlenianie w wysokiej temperaturze, odporność na działanie określonej substancji chemicznej itp., w konkretnych przypadkach przesądzały wybór materiału, usuwając na dalszy plan właściwości mechaniczne, technologiczne oraz cenę.

Ogromna liczba współcześnie stosowanych materiałów konstrukcyjnych stwarza wielorakość kryteriów klasyfikacyjnych. Jedną z najogólniejszych jest klasyfikacja oparta na charakterze dominującego wiązania działającego między cząstkami materii. Z tego punktu widzenia wyróżnia się materiały:

- metaliczne o wiązaniu metalicznym,
- ceramiczne o wiązaniu kowalencyjnym albo jonowym,
- polimeryczne, w których działa wiązanie kowalencyjne (w obrębie makrocząsteczek) i siły Van der Waalsa (między makrocząsteczkami).

**Materiały metaliczne**, tj. metale techniczne i ich stopy, należą do grupy tworzyw krystalicznych. Charakteryzują się bardzo dobrymi właściwościami wytrzymałościowymi i plastycznymi, dobrą przewodnością elektryczną i cieplną oraz zróżnicowaną odpornością na korozję. Odznaczają się na ogół dobrymi właściwościami technologicznymi oraz łatwością nadawania im (stopy metali) bardzo różnorodnych właściwości fizycznych i chemicznych. Wadą materiałów metalicznych jest na ogół duży ciężar właściwy. Stanowią one podstawowe tworzywo na wyroby przemysłu maszynowego oraz na konstrukcje metalowe.

**Materiały ceramiczne** należą w zasadzie do tworzyw krystalicznych, jakkolwiek mogą mieć pewien udział fazy amorficznej. Cechuje je duża twardość i kruchość. Przeważnie są izolatorami elektrycznymi i cieplnymi, o znacznej odporności na korozję. Wadą ich są złe właściwości technologiczne, przez co wymagają specjalnych technik przetwarzania. Właściwości predystynują materiały ceramiczne do specjalnych zastosowań, np. do wyrobu elementów żaroodpornych, elektroizolacyjnych, termoizolacyjnych oraz jako specjalne materiały narzędziowe (ostrza narzędzi skrawających, środki ściernie i polerskie).

**Materiały polimeryczne**, tj. tworzywa sztuczne, należą do grupy tworzyw amorficznych. Odznaczają się stosunkowo dobrymi właściwościami mechanicznymi, są elektroizolatorami oraz są bardzo odporne na działanie czynników chemicznych. Zaletą ich jest mały ciężar właściwy, a wadą - mała odporność na działanie temperatur przekraczających 200-300° C (organiczne związki węgla z wodorem i tlenem). Aktualnie obserwuje się ogromny wzrost zastosowań tworzyw sztucznych, coraz skuteczniej konkurujących z materiałami metalicznymi w zakresie elementów maszyn i zdecydowanie wypierających metale i szkło w zakresie opakowań, albo metale i drewno w zakresie elementów wystroju wnętrz i taboru komunikacyjnego. Jednym z powodów wzrostu produkcji tworzyw sztucznych jest możliwość wydajnego powiększenia ich cech mechanicznych przez tzw. zbrojenie kompozyty, np. włóknami metalicznymi lub ceramicznymi (szkło, węgiel).