



5. Właściwości materiałów i ich badanie

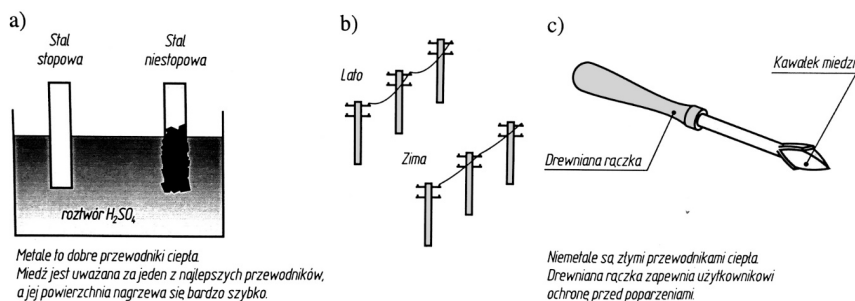
Wiesław Żelasko

5.1 Wprowadzenie

Z właściwościami różnych substancji można spotkać się, wielokrotnie, na lekcjach fizyki, chemii czy też w życiu codziennym. Są to cechy, które mogą być przedmiotem kształtowania i prowadzonych badań doświadczalnych z zakresu materiałoznawstwa. Do najważniejszych właściwości materiałowych należą:

- właściwości fizyczne i chemiczne;
- właściwości eksploatacyjne;
- właściwości technologiczne.

Do **właściwości chemicznych** zalicza się, przede wszystkim, skład chemiczny materiałów, odporność na utlenianie, odporność na działanie związków chemicznych i korozji. **Właściwości fizyczne** charakteryzuje, m.in. rozszerzalność cieplna, temperatura topnienia czy przewodnictwo cieplne. Znajomość **właściwości fizykochemicznych** można wykorzystać do wytwarzania, np. zabawek z materiałów o małej gęstości, którym może być styropian lub drewno. Parametry tych materiałów można znaleźć w różnego rodzaju poradnikach i tablicach, gdzie uzyskane wyniki zostały opracowane w oparciu o przeprowadzone badania.



Rysunek 5.1: Przykładowe właściwości materiałów

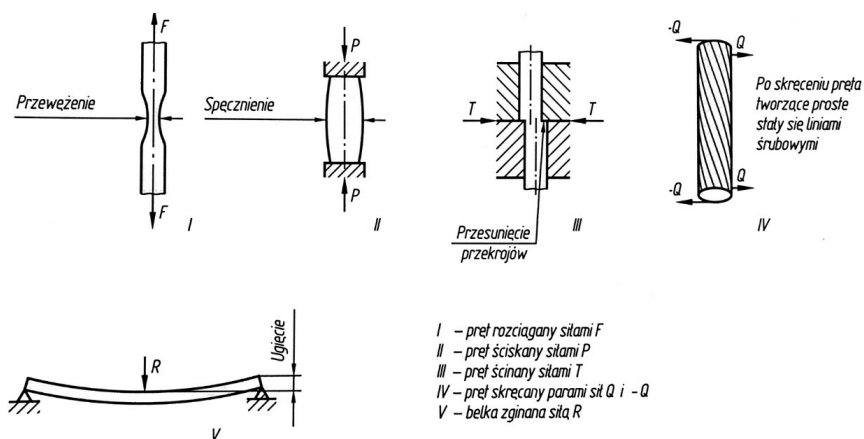
Właściwościami mechanicznymi określa się te cechy materiałów, które decydują o odporności metali i stopów na działanie różnych obciążeń, powodujących różnego rodzaju odkształcenia lub pęknięcia. Natomiast przydatność materiału do określonego rodzaju procesów technologicznych, np. odlewania, tłoczenia, spawania, hartowania, obróbki skrawaniem itp., charakteryzują **właściwości technologiczne**. Z kolei **właściwości eksploatacyjne** to cechy materiałów, określające jego trwałość w warunkach użytkowania.

5.2 Właściwości mechaniczne materiałów

Jednym z pierwszych etapów wytwarzania jest odpowiedni dobór materiałów na produkowane wyroby, które w przyszłości będą pracować w różnych warunkach. Podczas użytkowania, materiał musi, przede wszystkim, przeciwstawić się działaniu sił zewnętrznych, zmiennej temperatury czy działaniu korozji.

Takimi siłami zewnętrznymi mogą być obciążenia statyczne, działające w stanie równowagi, np. książka położona na biurku. Mogą również występować obciążenia dynamiczne, spowodowane przez poruszające się elementy, np. samochód wjeżdżający na most, młotek do wbijania gwoździ czy poruszające się tłoki w silniku. Z punktu widzenia potencjalnych użytkowników, wspomnianych wyrobów, najbardziej istotne jest to, aby żaden ze wspomnianych elementów nie uległ zniszczeniu.

To jak dany materiał będzie się zachowywał, pod wpływem różnych obciążeń zewnętrznych, można określić na podstawie jego właściwości mechanicznych. Pozwalają one, przede wszystkim, na wyznaczenie zakresu obciążeń dla różnych metali, tworzyw sztucznych czy materiałów ceramicznych.



Rysunek 5.2: Rodzaje obciążeń i odkształceń występujących w materiałach

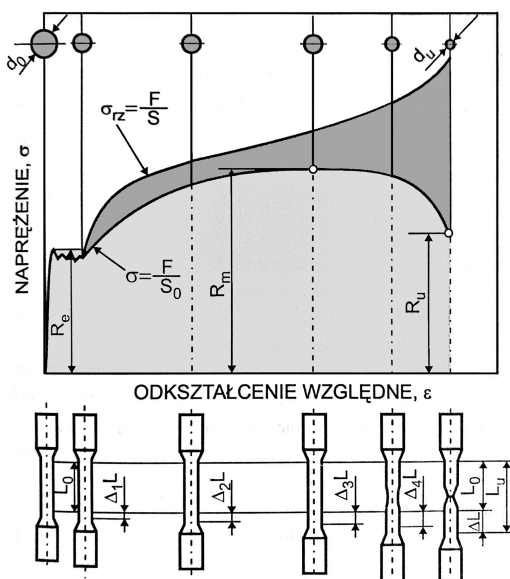
Badania właściwości materiałów, co niezwykle istotne, przeprowadzane są według określonych reguł i zasad, które nazywamy **normami**. Warunki, w których dokonywana jest ich analiza jakościowa, powinny być porównywalne z realnymi warunkami pracy, wytwarzanych z nich, w kolejnych etapach, urządzeń oraz produktów użytkowych. Do najczęściej stosowanych badań właściwości mechanicznych materiałów należą:

- statyczna próba wytrzymałości na rozciąganie, ściskanie, zginanie i skręcanie;
- statyczne metody pomiaru twardości;
- badania dynamiczne udarności;
- badania wytrzymałości zmęczeniowej.

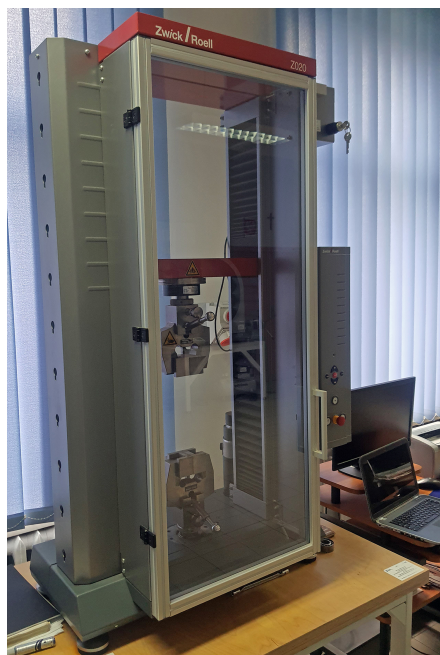
5.3 Statyczna próba rozciągania

Podstawowym badaniem wytrzymałości materiałów jest statyczna próba rozciągania. Jej główną zaletą jest możliwość jednoczesnego wyznaczenia dużej liczby wskaźników.

Próba rozciągania jest przeprowadzana na maszynach wytrzymałościowych, które mają możliwość określenia zależności pomiędzy występującym obciążeniem, a odkształceniem. Podczas badań rejestrowana jest siła rozciągająca F [N] i wydłużenie obciążonej próbki Δl [mm]. Pozwala to na określenie wartości występujących naprężeń i wskaźników wytrzymałościowych.

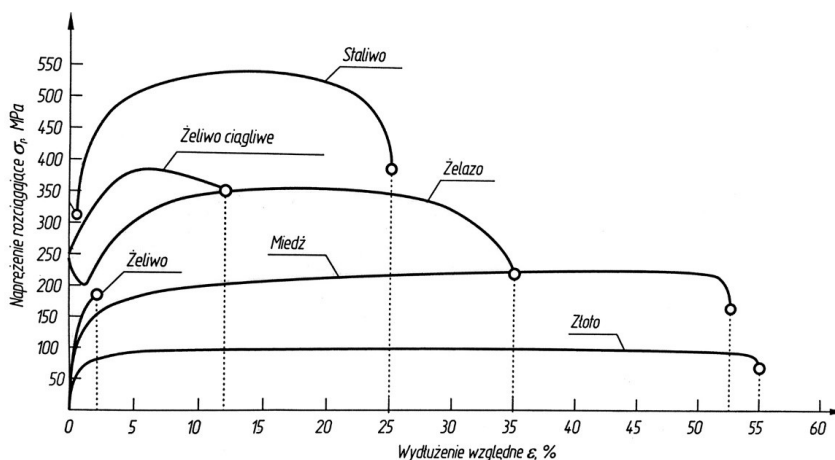


Rysunek 5.3: Schemat zjawisk zachodzących podczas próby rozciągania



Rysunek 5.4: Maszyna wytrzymałościowa stosowana do przeprowadzania próby rozciągania

W zależności od rodzaju rozciąganego materiału, krzywe rozciągania mogą przyjmować różny kształt, co przedstawiono na rysunku 5.5.



Rysunek 5.5: Wykresy rozciągania dla różnych materiałów

5.4 Próby twardości materiałów

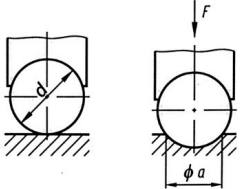
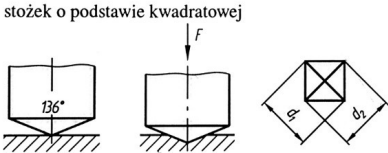
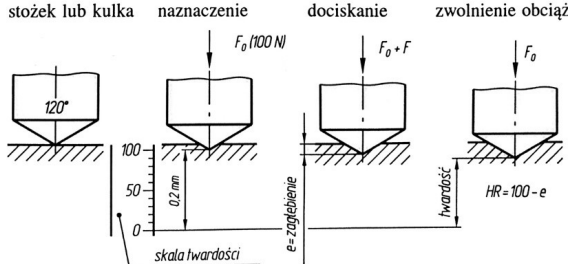
Twardość to opór, jaki stawia materiał, podczas wciskania w niego innego materiału lub jego zarysowania. Pomiary twardości są bardzo często stosowane do określania właściwości materiałów po obróbce cieplnej, narzędzi skrawających itp. Najszersze zastosowanie znalazły:

- statyczne metody pomiaru twardości, polegające na wgniataniu wgłębnika w badany materiał z siłą, zapewniającą uzyskanie trwałego odcisku - są to metody Brinella, Rockwella, Vickersa;
- dynamiczne metody pomiaru twardości, podczas których opór materiału może być spowodowany działaniem obciążenia udarowego, np. metoda Shore'a lub Poldiego;
- zarysowania, w których opór materiału przy zarysowaniu ma wpływ na jego twardość.

Statyczne metody pomiaru twardości

1. **Metoda Brinella (HB)** – polega na wgniataniu, z określoną siłą F , w badany materiał twardej kulki stalowej o średnicach 10, 5, 2,5 lub 1 mm. Jest często stosowana do pomiaru twardości stopów żelaza i metali nieżelaznych.

2. **Metoda Rockwella (HRC, HRB)** – polega na wciskaniu stożka diamentowego o kącie wierzchołkowym 120° , przy dwustopniowym obciążeniu $0,1 + 1,4$ kN lub stalowej kulki o średnicy $1/16''$ i obciążeniu $0,1 + 0,9$ kN. Określenie twardości sprowadza się do pomiaru głębokości odcisku, której wartość jest odczytywana bezpośrednio z urządzenia. Podczas pomiaru stożkiem twardość oznacza się symbolem HRC, natomiast przy pomiarze kulką twardość oznacza się symbolem HRB. Metoda ta jest często stosowana do określania właściwości przedmiotów po obróbce cieplnej i narzędzi skrawających.
3. **Metoda Vickersa** – polega na wciskaniu w materiał, piramidki diamentowej o podstawie kwadratowej i kącie wierzchołkowym 136° . Umożliwia ona badanie twardości cienkich powłok i przedmiotów o niewielkiej grubości.

| Metoda | Symbol | Zasada pomiaru |
|----------|---|---|
| Brinell | HB | <p>kulka o średnicy d</p>  $HB = \frac{0,102 \times 2F}{S}$ $S = \frac{\pi d}{2} (d - \sqrt{d^2 - a^2})$ <p>(F w N, a i d w mm)</p> |
| Vickers | HV | <p>stożek o podstawie kwadratowej</p>  $HV = 0,189 \frac{F}{d^2}$ <p>(F w N, d_1, d_2 w mm)</p> |
| Rockwell | $\left\{ \begin{array}{l} HRC \\ HRB \end{array} \right.$ | <p>stożek lub kulka naznaczenie dociskanie zwolnienie obciążenia</p>  <p>skala twardości</p> <p>$e = \text{zagłębienie}$</p> <p>twardość</p> $HR = 100 - e$ |

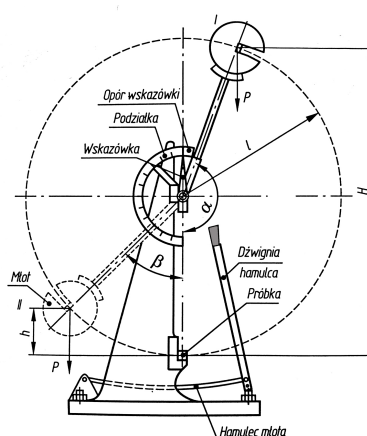
Rysunek 5.6: Statyczne metody pomiaru twardości



Rysunek 5.7: Stanowisko do badania twardości materiałów

5.5 Pomiar udarności materiałów

Wiele części maszyn i urządzeń pracuje pod zmiennym obciążeniem. Dlatego też, takie elementy są poddawane próbom udarności, polegającym na łamaniu (zginaniu udarowym) znormalizowanej próbki, jednokrotnym uderzeniem młota wahadłowego.

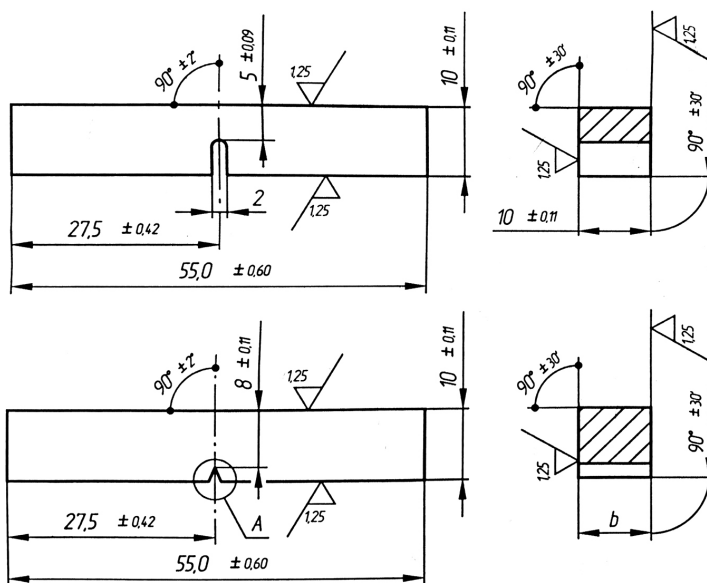


Rysunek 5.8: Stanowisko do badania udarności materiałów

Udarność można zdefiniować jako stosunek pracy do przekroju poprzecznego próbki. Można ją wyznaczyć z następującej zależności:

$$KC = \frac{K}{S_0} \left[\frac{J}{\text{cm}^2} \right].$$

Udarność oznacza się KCU, KCV, KCT w zależności od kształtu karbu znajdującego się na badanej próbce.

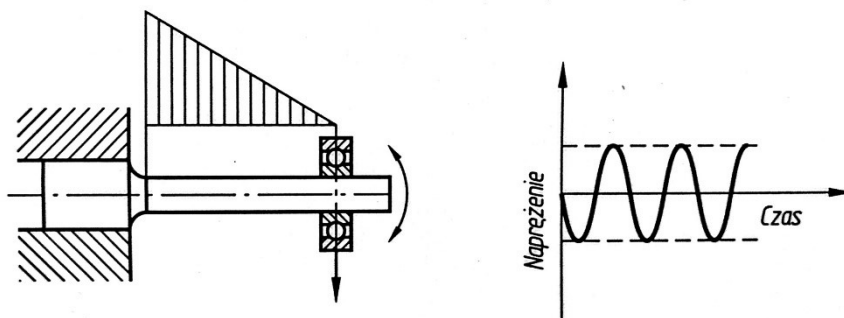


Rysunek 5.9: Próbkki do badania udarności

Na udarność ma wpływ także temperatura i dlatego, takie elementy jak szyny kolejowe, spoiny konstrukcji budowlanych, łopatki turbin są poddawane badaniom zarówno w obniżonych, jak i podwyższonych warunkach pracy.

5.6 Badania zmęczeniowe materiału

Najczęściej występujące, podczas eksploatacji, zniszczenia ruchomych części maszyn są spowodowane zmęczeniem materiału. Stanowią one 90% wszystkich występujących uszkodzeń. Najbardziej niebezpieczne są obciążenia, które wahają się od wartości dodatnich do ujemnych, tzn. jeżeli pręt jest na przemian ściskany i rozciągany. Wtedy może wystąpić zmęczenie materiału, powodujące jego pęknięcie.



Rysunek 5.10: Badania zmęczeniowe materiałów

5.7 Właściwości technologiczne metali i ich stopów

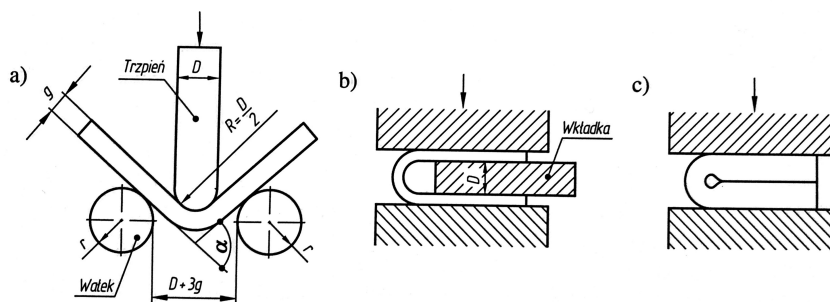
Ocena przydatności materiału, do wykonywania z niego wyrobów codziennego użytku, wymaga nie tylko znajomości jego właściwości wytrzymałościowych. Ponieważ w procesach wytwarzania części maszyn można wykorzystać różne technologie, np. odlewanie, obróbka skrawaniem czy obróbka plastyczna, niezwykle ważna jest znajomość właściwości technologicznych.

Właściwości technologiczne określają zachowanie się materiału w procesach, prowadzących do wykonania gotowego wyrobu. Zalicza się do nich plastyczność, skrawalność, spawalność, lejniść i hartowność.

Definicja 5.1 — Plastyczność. To właściwość, określająca możliwość zmiany kształtu materiału, za pomocą wywieranej na niego siły, np. walcowania, kucia, tłoczenia itp. Plastyczność materiału zależy od jego budowy wewnętrznej, twardości i temperatury.

Materiały miękkie są plastyczne na zimno i zwiększają swoją plastyczność podczas nagrzewania. Materiały twarde i kruche nie mogą być poddawane obróbce plastycznej, ponieważ mają skłonność do pęknięcia. Blachy, wykonane z tego samego gatunku stali, mogą się różnie zachowywać podczas procesu tłoczenia. W zależności od sposobu walcowania i zastosowanej obróbki cieplnej, można uzyskać wyroby o dobrej plastyczności lub ze śladami pęknięcia.

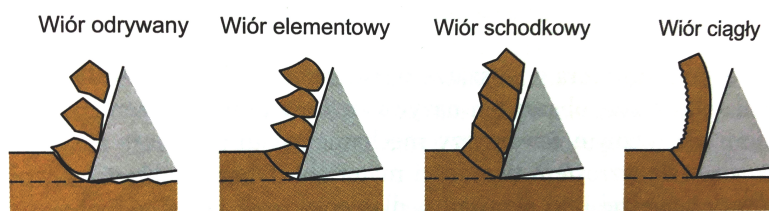
Jedną z praktycznych miar plastyczności jest wartość kąta, o jaki można zgiąć próbkę, bez spowodowania pęknięcia. Materiały o dużej plastyczności są poddawane próbie wielokrotnego przeginania, a miarą plastyczności jest liczba przegięć, wykonanych do pojawienia się pierwszych pęknięć.



Rysunek 5.11: Technologiczna próba zginania

Definicja 5.2 — Skrawalność. To podatność materiału do obróbki narzędziami skrawającymi. W dużym stopniu zależy ona od budowy wewnętrznej materiału i jego składu chemicznego. Skrawalność określają trwałość ostrza narzędzia, opór skrawania, gładkość powierzchni oraz postać powstającego wióra.

Materiały twarde i kruche obrabia się trudniej niż miękkie i plastyczne. Jednak materiały miękkie nie odznaczają się dobrą skrawalnością, ponieważ powstające odpady (wióry) oblepiają ostrze narzędzia skrawającego. Powstające zjawisko nazywamy narostem. Najczęściej dobra skrawalność występuje w materiałach, które nie odznaczają się dobrymi właściwościami mechanicznymi.



Rysunek 5.12: Rodzaje wiórów powstających podczas obróbki skrawaniem

Definicja 5.3 — Lejność. Jest to cecha metali i stopów używanych w odlewnictwie. Właściwości odlewnicze charakteryzują przydatność materiału do wykonywania odlewów.

Podstawowymi właściwościami odlewniczymi są:

- lejność, która decyduje o dobrym wypełnieniu formy ciekłym metalem i otrzymaniu odlewu o dobrych właściwościach użytko-

wych. Na tę właściwość ma wpływ temperatura ciekłego metalu, jego rzadkoplątność po roztopieniu oraz skład chemiczny;

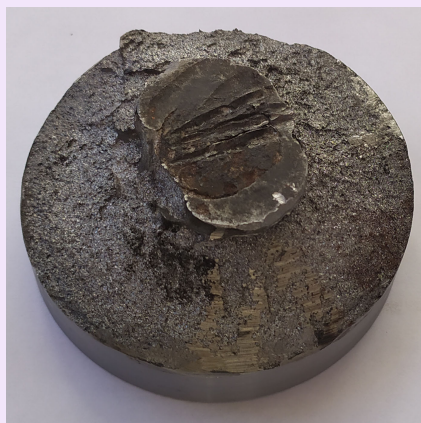
- skurcz odlewniczy, czyli właściwość decydująca o powstawaniu w odlewie naprężeń, mogących powodować jego pęknięcia, odkształcenia, powstawanie jam skurczowych, porowatość itp.

Definicja 5.4 — Spawalność. Jest miarą przydatności do wykonania połączeń spawanych i ma wpływ na proces tworzenia spoiny.

Stale o niskiej zawartości węgla, charakteryzują się dobrą spawalnością. Spawanie stali węglowych i stopowych jest znacznie trudniejsze, a brak znajomości tego faktu może powodować poważne awarie w konstrukcjach spawanych. Ocena spawalności może odbywać się na podstawie wielu technologicznych prób pęknięcia i odkształceń materiału.

5.8 Ćwiczenie do samodzielnego wykonania

Ćwiczenie 5.1 Na podstawie oględzin pękniętego metalu, można stwierdzić, czy zniszczenie części nastąpiło w wyniku przekroczenia naprężeń dopuszczalnych, czy też zmęczenia materiału. Pęknięcie, w wyniku działających zewnętrznych obciążeń, przechodzi na granicach ziaren, a na przełomie można zaobserwować ostre krawędzie poszczególnych kryształów. Przełom, powstający w wyniku naprężeń zmęczeniowych, na dużej części obserwowanej powierzchni jest gładki.



Rysunek 5.13: Przełom materiałowy

Można również ocenić skłonność materiału do kruchości na zimno, na podstawie wyglądu jego przełomu. Przełom ciągliwy jest matowy z popielatym odcieniem. Podczas obniżania się temperatury udarność materiału maleje, wtedy można zaobserwować błyszczący przełom. ■