

10



ELEKTRYK

**Wykorzystywanie różnych materiałów
w elektrotechnice**



MINISTERSTWO EDUKACJI
NARODOWEJ



Ryszard Zankowski

Wykorzystywanie różnych materiałów w elektrotechnice 724[01].O2.02

Poradnik dla ucznia

Wydawca
Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy
Radom 2007

Recenzenci:

mgr inż. Grażyna Adamiec
mgr inż. Henryk Kucharski

Opracowanie redakcyjne:

mgr inż. Barbara Kapruziak

Konsultacja:

mgr inż. Ryszard Dolata

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki modułowej 724[01]O2.02 „Wykorzystywanie różnych materiałów w elektrotechnice”, zawartego w modułowym programie nauczania dla zawodu elektryk.

Wydawca

Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2007

SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie	3
2. Wymagania wstępne	5
3. Cele kształcenia	6
4. Materiał nauczania	7
4.1. Rodzaje materiałów stosowanych w maszynach i urządzeniach	7
4.1.1. Materiał nauczania	7
4.1.2. Pytania sprawdzające	8
4.1.3. Ćwiczenia	8
4.1.4. Sprawdzian postępów	9
4.2. Materiały przewodzące	10
4.2.1. Materiał nauczania	10
4.2.2. Pytania sprawdzające	18
4.2.3. Ćwiczenia	18
4.2.4. Sprawdzian postępów	20
4.3. Materiały półprzewodnikowe	21
4.3.1. Materiał nauczania	21
4.3.2. Pytania sprawdzające	21
4.3.3. Ćwiczenia	22
4.3.4. Sprawdzian postępów	22
4.4. Materiały izolacyjne	23
4.4.1. Materiał nauczania	23
4.4.2. Pytania sprawdzające	26
4.4.3. Ćwiczenia	26
4.4.4. Sprawdzian postępów	27
4.5. Materiały magnetyczne i konstrukcyjne	28
4.5.1. Materiał nauczania	28
4.5.2. Pytania sprawdzające	30
4.5.3. Ćwiczenia	30
4.5.4. Sprawdzian postępów	31
5. Sprawdzian osiągnięć	32
6. Literatura	36

1. WPROWADZENIE

Poradnik ten będzie Ci pomocny w przyswajaniu wiedzy o rodzajach, właściwościach i zastosowaniu podstawowych materiałów stosowanych w elektrotechnice a także w kształtowaniu umiejętności trafnego wyboru materiałów z uwzględnieniem ich jakości, trwałości, możliwości zastosowania, ochrony środowiska oraz czynnika ekonomicznego.

W poradniku zamieszczono:

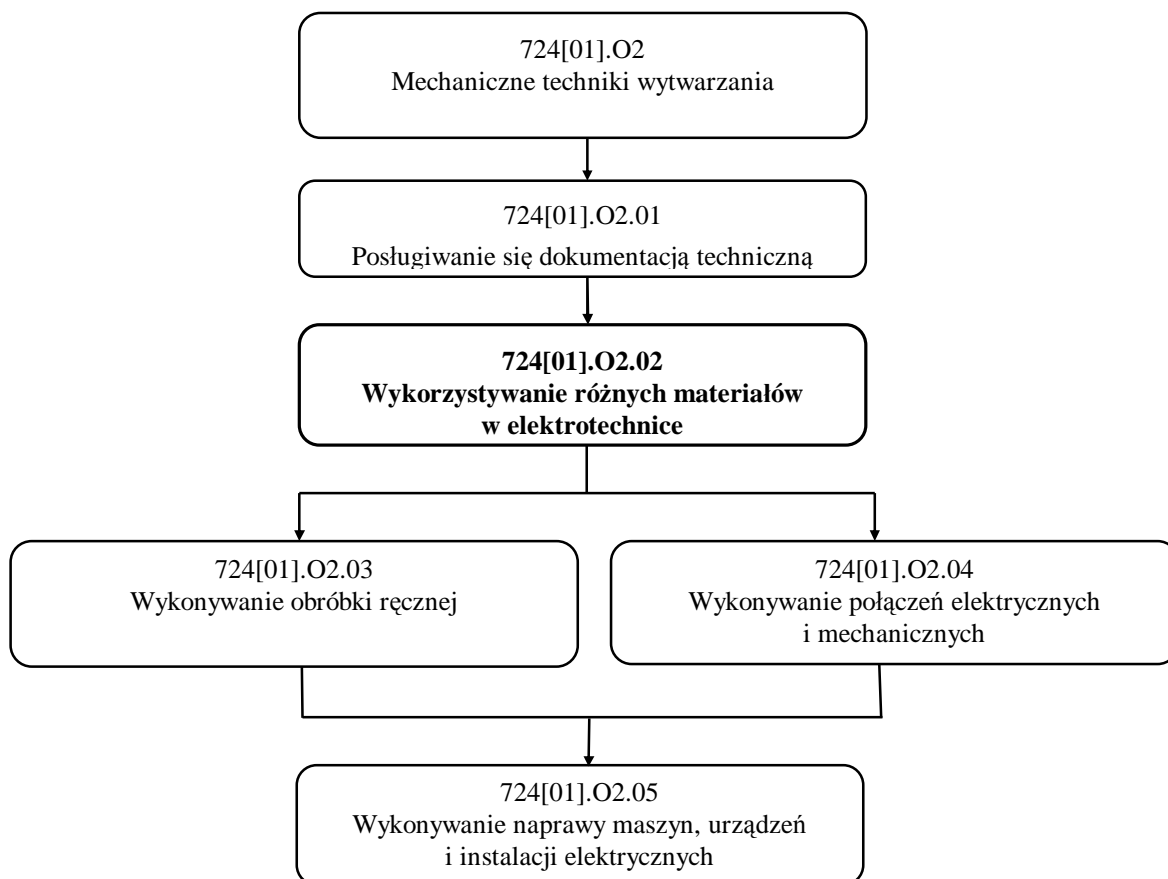
- wymagania wstępne określające umiejętności, jakie powinieneś posiadać, abyś mógł bez problemów rozpocząć pracę z poradnikiem,
- cele kształcenia, czyli wykaz umiejętności, jakie opanujesz w wyniku kształcenia w ramach tej jednostki modułowej,
- materiał nauczania, czyli wiadomości teoretyczne konieczne do opanowania treści jednostki modułowej,
- zestaw pytań sprawdzających, czy opanowałeś już podane treści,
- ćwiczenia zawierające polecenia, sposób wykonania oraz wyposażenie stanowiska pracy, które pozwolą Ci ukształtować określone umiejętności praktyczne,
- sprawdzian postępów pozwalający sprawdzić Twój poziom wiedzy po wykonaniu ćwiczeń,
- sprawdzian osiągnięć opracowany w postaci testu, który umożliwi sprawdzenie Twoich wiadomości i umiejętności opanowanych podczas realizacji programu danej jednostki modułowej,
- literaturę związaną z programem jednostki modułowej umożliwiającą pogłębienie Twojej wiedzy z zakresu programu tej jednostki.

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczeń odpowiedz samodzielnie na pytania sprawdzające, które są zamieszczone w każdym rozdziale, po materiale nauczania. Udzielone odpowiedzi pozwolą Ci sprawdzić, czy jesteś dobrze przygotowany do wykonania zadań.

Po zakończeniu realizacji programu tej jednostki modułowej nauczyciel sprawdzi Twoje wiadomości i umiejętności za pomocą testu pisemnego i praktycznego. Abyś miał możliwość dokonania ewaluacji swoich działań rozwiąż przykładowy test zamieszczony na końcu niniejszego poradnika.

Bezpieczeństwo i higiena pracy

W czasie pobytu w pracowni musisz przestrzegać regulaminów, przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy oraz instrukcji przeciwpożarowych, wynikających z rodzaju wykonywanych prac. Przepisy te poznasz podczas trwania nauki.



Schemat układu jednostek modułowych

2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- korzystać z różnych źródeł informacji,
- komunikować się i pracować w zespole,
- dokonywać oceny swoich umiejętności,
- wyszukiwać, selekcjonować, porządkować, przetwarzać i przechowywać informacje niezbędne do wykonywania zadań zawodowych,
- rozróżniać elementy budowy maszyn i urządzeń elektrycznych,
- charakteryzować elementy konstrukcyjne maszyn i urządzeń,
- charakteryzować rolę izolacji w maszynach elektrycznych,
- charakteryzować własności obwodów elektrycznych i magnetycznych maszyn elektrycznych,
- posługiwać się podstawowymi pojęciami z zakresu elektrotechniki,
- swobodnie posługiwać się językiem technicznym.

3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- rozróżniać materiały stosowane w elektrotechnice,
- rozpoznać materiały stosowane w konstrukcjach maszyn i urządzeń elektrycznych,
- określić właściwości materiałów konstrukcyjnych,
- scharakteryzować obróbkę cieplną,
- rozpoznać materiały przewodzące,
- rozpoznać materiały izolacyjne,
- określić właściwości materiałów przewodzących i izolacyjnych,
- określić właściwości materiałów magnetycznie miękkich i twardych,
- określić właściwości materiałów magnetycznych,
- rozpoznać tworzywa sztuczne,
- określić właściwości tworzyw sztucznych,
- rozpoznać powłoki ochronne i dekoracyjne,
- wskazać przykłady zastosowania powłok ochronnych i dekoracyjnych,
- zastosować przepisy bezpieczeństwa i higieny pracy, ochrony przeciwpożarowej oraz ochrony środowiska.

4. MATERIAŁ NAUCZANIA

4.1. Rodzaje materiałów stosowanych w maszynach i urządzeniach

4.1.1. Materiał nauczania

Materiały stosowane w elektrotechnice do budowy maszyn i urządzeń, zwane materiałami elektrotechnicznymi, mają ogromny wpływ na wydajność procesów technologicznych, poziom techniczny wytwarzanych maszyn oraz ich nowoczesność i niezawodność. Efektywność projektowania i produkcji maszyn zależy od bogactwa asortymentu materiałów, uniwersalności ich stosowania oraz od łatwości ich przetwarzania.

Znajomość własności i technologii przetwórstwa materiałów decyduje w znacznym stopniu o poprawnych rozwiązaniach konstrukcyjnych.

Zarówno konstruktor jak i technolog powinien dysponować informacjami w zakresie:

- własności materiałów w stanie wyjściowym,
- sposobów przetwórstwa i ich wpływu na własności materiału,
- czynników narażeniowych w warunkach eksploatacji powodujących zmiany odwracalne i nieodwracalne zachodzące w zastosowanych materiałach,
- wzajemnego wpływu współpracujących ze sobą materiałów,
- czynników wpływających na różnorodność własności materiałów,
- czynników wpływających na wybór konkretnej technologii stosowanej dla danego materiału.

Materiały elektrotechniczne ze względu na funkcje, jakie spełniają w maszynie czy urządzeniu elektrycznym można podzielić na:

- materiały przewodzące,
- materiały magnetyczne,
- materiały elektroizolacyjne,
- materiały konstrukcyjne.

Wielkością określającą **własności przewodzące** danego materiału jest **konduktywność** g . Jej odwrotność nosi nazwę rezystywności ρ . Jednostką konduktywności jest $1/\Omega \cdot m$ – w praktyce używa się jednostki: $m/\Omega \cdot mm^2 = 10^6 \text{ S/m}$, zaś jednostką rezystywności jest $\Omega \cdot m$ – w praktyce stosuje się jednostkę $\Omega \cdot mm^2/m = 10^{-6} \Omega \cdot m$.

Ze względu na wartość konduktywności (rezystywności) materiały można podzielić na:

- przewodniki – mają dużą konduktywność (najlepsze własności przewodzące w temperaturze pokojowej wykazują metale czyste),
- półprzewodniki – zajmują pośrednie miejsce między przewodnikami a dielektrykami ze względu na zdolność przewodzenia – ich konduktywność w temperaturze pokojowej wynosi ($10^{-8} \dots 10^5$) S/m,
- dielektryki, czyli izolatory – materiały o bardzo małej konduktywności, a więc o bardzo dużej rezystywności.

Własności magnetyczne środowiska określa wielkość zwana przenikalnością magnetyczną μ , przy czym: $\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$, gdzie:

μ_0 – przenikalność magnetyczna próżni, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$,

μ_r – przenikalność magnetyczna względna środowiska (wielkość bezwymiarowa), która mówi, ile razy przenikalność danego środowiska jest większa od przenikalności magnetycznej próżni.

Materiały ze względu na właściwości magnetyczne można podzielić na:

- materiały diamagnetyczne (kwarc, srebro, bizmut, miedź) – przenikalność magnetyczna względna jest mniejsza od jedności ($\mu_r < 1$) i nie zależy od natężenia pola magnetycznego,
- materiały paramagnetyczne (platyna, aluminium) – przenikalność magnetyczna względna μ_r jest większa od jedności ($\mu_r > 1$) i nie zależy od natężenia pola magnetycznego,
- materiały ferromagnetyczne (żelazo, kobalt, nikiel) – przenikalność magnetyczna względna jest wielokrotnie (setki i tysiące razy) większa od jedności ($\mu_r \gg 1$) i nie jest stała, lecz zależy od natężenia pola magnetycznego.

4.1.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jak można podzielić materiały z uwagi na funkcje, jakie pełnią w maszynie elektrycznej?
2. Co to jest konduktywność i jaka jest jej jednostka?
3. Co to jest rezystywność i jaka jest jej jednostka?
4. Jak można podzielić materiały ze względu na wartość konduktywności?
5. Jak można podzielić materiały ze względu na ich właściwości magnetyczne?
6. Jaka wielkość określa własności magnetyczne środowiska?
7. Czym różnią się od siebie diamagnetyki, paramagnetyki i ferromagnetyki?

4.1.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Porównaj własności przewodzących trzech materiałów: platyny, germanu i szkła.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) odszukać dane dotyczące wymienionych materiałów,
- 2) wybrać informacje dotyczące własności przewodzących materiałów, czyli wartości konduktywności lub rezystywności,
- 3) zamieścić te dane w tabeli,
- 4) porównać uzyskane wartości i właściwie sklasyfikować wymienione materiały,
- 5) zapisać wnioski i uzasadnić swój wybór.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stanowisko komputerowe z dostępem do Internetu,
- Polskie Normy,
- zestawienia tabelaryczne właściwości materiałów,
- katalogi,
- zeszyt ćwiczeń.

Ćwiczenie 2

Porównaj własności magnetycznych trzech materiałów: wody, powietrza i kobaltu.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) odszukać (korzystając z różnych źródeł informacji) dane dotyczące wymienionych materiałów,
- 2) wybrać te informacje, które dotyczą własności magnetycznych materiałów (wartości μ_r , czyli przenikalności magnetycznej względnej środowiska),
- 3) porównać uzyskane wartości,
- 4) właściwie sklasyfikować wymienione materiały,
- 5) zapisać wnioski i uzasadnić swój wybór.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stanowisko komputerowe z dostępem do Internetu,
- Polskie Normy,
- zestawienia tabelaryczne właściwości materiałów,
- katalogi,
- zeszyt ćwiczeń.

4.1.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:	Tak	Nie
1) dokonać podziału materiałów z uwagi na funkcje, jakie pełnią w maszynie elektrycznej?
2) zdefiniować konduktywność i podać jej jednostki?
3) zdefiniować rezystywność i podać jej jednostki?
4) podzielić materiały ze względu na wartość konduktywności?
5) podzielić materiały ze względu na ich własności magnetyczne?
6) scharakteryzować diamagnetyki, paramagnetyki i ferromagnetyki?

4.2. Materiały przewodzące

4.2.1. Materiał nauczania

Przewodniki są to materiały, które charakteryzują się dużą konduktywnością, a więc małą rezystywnością, która w temperaturze 20°C wynosi: $\rho \leq 10^{-6} \Omega \cdot m$.

Im mniejsza rezystywność materiału, tym lepszym jest on przewodnikiem.

Do materiałów przewodzących zalicza się:

- metale,
- stopy metali,
- materiały węglowe,
- elektrolity.

Stopy są to substancje o własnościach metalicznych, składające się z dwóch lub większej liczby pierwiastków, z których co najmniej jeden, użyty w przeważającej ilości, jest metalem.

Metody uzyskiwania stopów:

- przez stapianie składników w piecu w odpowiednio wysokiej temperaturze,
- metodą elektrolizy,
- przez prasowanie,
- przez spiekanie odpowiednio wymieszanych proszków (w wyniku tego procesu otrzymuje się spieki).

Własności metali i stopów

Własności mechaniczne – są to cechy związane z wytrzymałością materiału na działanie różnego rodzaju sił zewnętrznych.

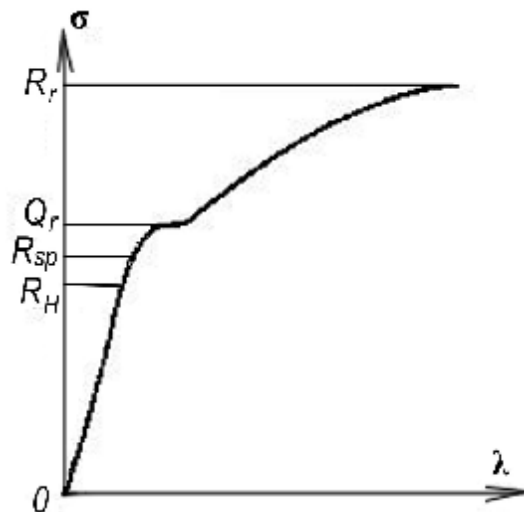
Własności mechaniczne metali i stopów określają:

- lejność (zdolność do wypełniania form – metale i stopy odznaczają się gęstopłynnością i dają często odlewy porowate),
- skrawalność (podatność do obróbki skrawaniem),
- ścieralność (podatność do zużywania się wskutek tarcia ślizgowego),
- plastyczność (podatność do odkształceń trwałych),
- wytrzymałość zmęczeniowa (na rozciąganie, ściskanie, pełzanie, zginanie),
- twardość (odporność materiału na odkształcenia trwałe),
- udarność.

Podczas badania wytrzymałości na rozciąganie próbkę materiału poddaje się działaniu sił rozciągających – powstają wtedy naprężenia powodujące wydłużenie materiału.

W początkowym okresie rozciągania przy znacznym wzroście wartości siły widoczny jest niewielki przyrost długości próbki materiału – odkształcenia mają charakter sprężysty.

Gdy siła wzrośnie ponad pewną wartość, po przekroczeniu granicy sprężystości pojawiają się odkształcenia trwałe. Po przekroczeniu naprężeń odpowiadających granicy plastyczności wydłużenie próbki znacznie wzrasta mimo niewielkiego przyrostu siły, aż w pewnym momencie nastąpi zerwanie próbki. Przedstawia to rysunek 1.



Rys. 1. Zależność naprężenia metalu od wydłużenia: R_r – wytrzymałość na rozciąganie wyrażona jako naprężenie, przy którym następuje zerwanie próbki, Q_r – granica plastyczności wyrażona jako naprężenie odpowiadające wydłużeniu trwałemu 0,2%, R_{sp} – granica sprężystości, przy której odkształcenia trwałe nie przekraczają pewnej wartości, R_H – granica proporcjonalności [5, s. 27]

Twardość jest to odporność materiału na odkształcenia trwałe powstające wskutek wciskania weń węgelnika.

Do pomiaru twardości metali stosuje się metody:

- Brinella (polega na wgniataniu w badany materiał pod obciążeniem hartowanej kulki),
- Rockwella,
- Vickersa.

Każda z tych metod posiada odrębną swoją skalę twardości oznaczaną odpowiednio dla metody: HB, HR, HV. Twardość wyraża się w N/mm^2 .

Udarność rozumiana jako wynik badania udarowego zginania – jest to odporność materiału na dynamiczne gięcie próbki o określonych kształtach. Do określenia udarności używa się młota udarowościowego, najczęściej typu Charpy.

Obróbka cieplna metali i ich stopów

Obróbka cieplna polega na wykonaniu zabiegów cieplnych w celu zmiany struktury metalu, a tym samym jego własności:

- mechanicznych: wytrzymałość, twardość, ciągliwość, sprężystość,
- fizycznych,
- technologicznych (skrawalność).

Proces technologiczny obróbki cieplnej składa się z następujących operacji:

- hartowania,
- odpuszczania,
- wyżarzania.

Hartowanie polega na:

- nagraniu obrabianej części do określonej temperatury,
- krótkim wygrzaniu w tej temperaturze, by uzyskać jednakową temperaturę całego detalu,
- szybkim schłodzeniem w środku chłodzącym (woda, olej).

Cel hartowania:

- zwiększenie twardości obrabianego materiału,
- zwiększenie wytrzymałości obrabianego materiału,
- zwiększenie granicy plastyczności obrabianego materiału.

Odpuszczanie polega na:

- nagraniu (wcześniej zahartowanej) obrabianej części do odpowiedniej temperatury (180–650°C),
- wytrzymaniu przez pewien czas w tej temperaturze,
- powolnym schładzaniu (na powietrzu, w wodzie bądź w oleju).

Cel odpuszczania:

- usunięcie naprężeń hartowniczych,
- zmniejszenie kruchości obrabianego materiału,
- zwiększenie ciągliwości obrabianego materiału.

Wyżarzanie polega na:

- nagraniu obrabianej części do odpowiedniej temperatury,
- wygrzaniu jej w tej temperaturze przez dłuższy czas,
- powolnym studzeniu do temperatury otoczenia.

Cel wyżarzania:

- usunięcie naprężeń wewnętrznych,
- usunięcie skutków hartowania,
- zwiększenie plastyczności materiału,
- polepszenie obrabialności materiału.

Własności elektryczne – rezystywność metali i stopów

Wielkością określającą własności przewodzące przewodnika jest konduktywność g :

$$g = \frac{J}{E}$$

gdzie: J – gęstość prądu [A/m^2]

E – natężenie pola elektrycznego [V/m],

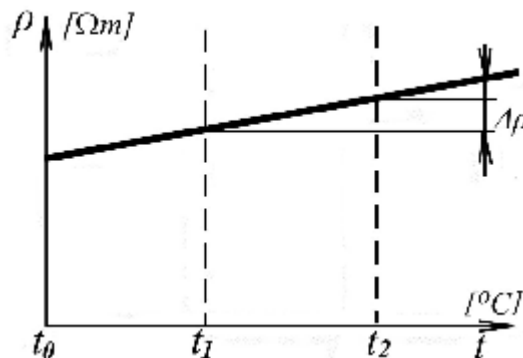
Wymiar konduktywności g : [S/m] lub [$1/\Omega \cdot m$].

Odwrotnością konduktywności g jest rezystywność r :

$$\rho = \frac{1}{g}$$

gdzie: r wyrażone jest w [$\Omega \cdot m$] lub w $\left[\frac{\Omega \cdot mm^2}{m} = 10^{-6} \Omega \cdot m \right]$

Rezystywność wzrasta z temperaturą. W granicach zmian temperatury od -30 do $+110^\circ C$ zależność jest liniowa.



Rys. 2. Zależność rezystywności metalu od temperatury [2, s. 19]

Rezystancję w temperaturze T [K] obliczyć można według wzoru:

$$R_T = R_0 \cdot [1 + \alpha \cdot (T - T_0)]$$

gdzie: R_0 – rezystancja przewodnika w temperaturze $T_0 = 293 \text{ K}$ ($+20^\circ \text{ C}$),
 α – współczynnik temperaturowy rezystancji.

Tabela 1. Przewodność właściwa i opór właściwy najważniejszych metali (w temp. 0° C) [2, s. 21]

Metale	Konduktywność γ	Rezystywność ρ	Współczynnik temperaturowy oporu α
	$[10^6 \frac{\text{S}}{\text{m}}]$	$[10^{-6} \cdot \Omega \cdot \text{m}]$	$[\frac{1}{\text{K}}]$
Aluminium	35÷38	0,026÷0,031	0,0044
Chrom	38,5	0,024	0,0040
Cyna	8,8	0,114	0,0044
Cynk	16÷18	0,060÷0,055	0,0035
Iryd	18,9	0,053	0,0041
Kadm	13,1	0,076	0,0040
Kobalt	9,4	0,106	0,0051
Magnez	25	0,040	0,0039
Mangan	21,6	0,048	–
Miedź elektrolityczna	58,4	0,017	0,0042
Molibden	21	0,049	0,0048
Nikiel	11,5	0,087	0,0061
Ołów	4,8	0,21	0,0041
Osm	9,7	0,103	0,0040
Platyna	9	0,110	0,0031
Rtęć	1,04	0,96	0,00092
Srebro	62,5	0,016	0,0036
Stalowe przewody	4÷10	0,250÷0,100	0,0050÷0,0055
Wolfram	18	0,055	0,0052
Złoto	45	0,021	0,00377
Żelazo elektrolityczne	10,3	0,097	0,0047

Własności chemiczne

Związane są one z odpornością materiału na działanie środowiska. Metale najczęściej wykazują tendencje do korozji.

Korozja metali polega na niszczeniu metalu pod wpływem oddziaływania środowiska (zarodnikami korozji są niejednorodności chemiczne i fizyczne na powierzchni metalu wywołane m.in. zanieczyszczeniami niejednorodnością kryształów czy chropowatością powierzchni).

Rodzaje korozji:

- chemiczna (utlenianie się),
- elektrochemiczna (jonizacja).

Korozja chemiczna zachodzi wskutek bezpośredniego działania na metale suchych gazów, w tym również tlenu (korozja gazowa) oraz wskutek działania środowiska cieplego nie wykazującego wyraźnego przewodnictwa elektrycznego (np. korozja żelaza i miedzi w przypadku występowania aktywnej siarki w produktach naftowych pochodzących z rop zasiarczonych).

Korozja elektrochemiczna zachodzi w obecności elektrolitów. Woda lub wilgoć skroplona na powierzchni metalu tworzy z zanieczyszczeniami elektrolit.

Wielkością charakteryzującą metal z punktu widzenia zdolności do ulegania korozji jest potencjał elektrochemiczny metalu.

Potencjał elektrochemiczny elektrody metalowej zanurzonej w elektrolicie jest to zmiana skoku potencjału na krawędzi metalu. Przyjmuje się umownie potencjał tzw. normalnej elektrody wodorowej jako równy zeru i względem niej określa się potencjał dowolnej elektrody. Wartość potencjału elektrochemicznego danego pierwiastka charakteryzuje jego zdolność do przejścia do roztworu, przy czym im bardziej ujemny jest potencjał, tym większa skłonność metalu do przejścia do roztworu, a więc mniejsza odporność na korozję.

Tabela 2 przedstawia potencjały elektrochemiczne wybranych metali, zaś Tabela 3 przedstawia odporność wybranych metali na działanie korodujące kilku związków.

Tabela 2. Potencjał metali względem elektrody wodorowej [5, s. 48]

Metal/ion	Potencjał [V]	Metal/ion	Potencjał [V]
Au/Au + + +	+ 1,42	Pb/Pb + +	- 0,13
Pt/Pt + + + +	+ 1,2	Sn/Sn + +	- 0,135
Ag/Ag +	+ 0,80	Ni/Ni + +	- 0,20
Hg/Hg + +	+ 0,79	Fe/Fe + +	- 0,44
Cu/Cu + +	+ 0,35	Zn/Zn + +	- 0,77
H ₂ /H +	0,00	Al/Al + + +	- 1,67
		Mg/Mg + +	- 2,34
		Na/Na +	- 2,7

(„+ ” oznacza stopień jonizacji atomu)

Tabela 3. Odporność niektórych metali na korozję [5, s. 52]

Materiał	Kwas solny HCl		Kwas azotowy HNO ₂		Kwas siarkowy H ₂ SO ₄		Kwas fluorowodorowy HF	Kwas octowy CH ₃ COOH		Chlor Cl	Roztwór soli NaCl i KCl	Amoniak NH ₃
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]		[%]	[%]			
Stężenie	5	50	5	50	5	50	-	5	50	-	-	-
Aluminium	V	V	III	V	IV	V	V	IV	V	III	V	V
Braz	V	V	V	V	III	V	V	IV	V	V	I	V
Cyna	II	III	III	V	III	V	V	I	I	I	III	I
Miedź	III	V	V	V	III	V	V	II	V	V	II	V
Mosiądz	I	V	IV	V	II	V	V	II	III	IV	II	V
Nikiel	II	III	V	V	II	II	I	IV	V	I	I	III
Ołów	II	V	III	V	I	I	V	I	III	III	IV	II
Platyna	I	I	I	I	-	-	-	-	-	I	V	-
Stal węglowa	V	V	V	V	III	V	V	IV	V	III	III	III
Żeliwo	V	V	V	V	V	V	V	V	V	III	III	III

W tabeli 3 przyjęto następujące oznaczenia: I – doskonale odporny, II – dość odporny, III – średnio odporny, IV – mało odporny, V – nieodporny.

Przy doborze materiału należy liczyć się z możliwością występowania korozji i wobec tego trzeba urządzenia chronić przed jej skutkami.

Do najbardziej skutecznych sposobów ochrony przed korozją można zaliczyć:

- dobór odpowiedniego metalu lub stopu,
- osłabienie agresywności środowiska,
- stosowanie ochrony katodowej,
- stosowanie powłok ochronnych metalicznych,
- stosowanie powłok ochronnych metalicznych wytworzonych na powierzchni metalu,
- stosowanie powłok ochronnych niemetalicznych nakładanych na powierzchnię metalu.

Powłoki ochronne

Powłoki ochronne są to warstwy materiału nałożone na powierzchnię części metalowej w celu zabezpieczenia jej przed korozją lub uszkodzeniami – mają głównie za zadanie odcięcie powierzchni metalu od środowiska korozyjnego.

W zależności od sposobu nakładania powłoki rozróżnia się:

- powłoki elektrolityczne,
- powłoki metalizacyjne,
- powłoki platerowe,
- powłoki kontaktowe.

Najważniejsze korzyści wynikające ze stosowania metody elektrolitycznego osadzania metali w porównaniu z innymi metodami to:

- duża równomierność otrzymywanych powłok,
- możliwość otrzymania powłok o żądanej grubości,
- niska temperatura pracy kąpieli,
- duża czystość nakładanych powłok,
- niewielka porowatość powłok,
- dobra przyczepność powłok,
- duża szybkość nakładania,
- możliwość osadzania różnych metali i stopów jako powłok jednowarstwowych lub wielowarstwowych,
- możliwość automatyzacji procesu.

Powłoki galwaniczne stosowane w praktyce dzieli się na:

- powłoki ochronne – mają za zadanie wyłącznie ochronę przed korozją,
- powłoki dekoracyjne – mają za zadanie poprawę wyglądu zewnętrznego powierzchni (barwa, połysk, gładkość),
- powłoki ochronno-dekoracyjne – stosowane jako ochrona przed korozją z jednoczesnym nadaniem i zachowaniem własności dekoracyjnych powierzchni metalu podłoża.

Jako typowe **powłoki ochronne** na stali stosuje się głównie powłoki anodowe, czyli powłoki z metalu, który w określonym środowisku korozyjnym jest mniej szlachetny niż metal podłoża, a więc jego potencjał elektrochemiczny jest bardziej ujemny niż potencjał chronionego metalu (powłoka taka chroni metal podłoża nie tylko w sposób mechaniczny, ale i elektrochemiczny).

Należą do nich przede wszystkim powłoki cynkowe i kadmowe oraz stosowane rzadziej powłoki niklowe, miedziowe i cynowe.

Jako **powłoki dekoracyjne** najczęściej stosuje się elektrolityczne powłoki chromowe, złote, rodowe, palladowe i platynowe o bardzo małej grubości, rzędu od dziesiątych części do 3 μm .

Stosowane są również powłoki srebrne i niklowe (mają wtedy nieco większą grubość), ale zachodzi konieczność stosowania dodatkowej obróbki w celu ochrony przed pokrywaniem się nalotem powierzchniowym.

Jako **powłoki ochronno–dekoracyjne** stosuje się powłoki wielowarstwowe: nikiel-chrom, miedź-nikiel, miedź-nikiel-chrom (o różnych kombinacjach tych warstw). Główną ochronę przed korozją stanowią tu warstwy niklu,

Ogólna charakterystyka materiałów przewodowych

Materiałom przewodowym stawia się następujące wymagania:

- wysoka wartość przewodnictwa elektrycznego (małe spadki napięcia i małe straty energii).
- wysoka wartość wytrzymałości mechanicznej,
- niezmienność w czasie własności elektrycznych i mechanicznych,
- możliwie niska cena (względny ekonomiczne).

Wymagania te spełniają tylko niektóre metale i stopy.

W tabeli 4 zestawiono własności wybranych materiałów przewodowych.

Tabela 4. Własności wybranych materiałów przewodowych [www.inmet.gliwice.pl]

Własność Material	Stopień czystości	Koncentracja elektronów	Ruchliwość elektronów	Konduktywność	Temperaturowy współczynnik przyrostu rezystancji	Wytrzymałość na rozciąganie	Ciężar właściwy
		n	k	γ	α	R_t	δ_{20}
	%	cm^{-3}	$\frac{\text{cm}^2}{\text{V}\cdot\text{s}}$	$\frac{\text{MS}}{\text{m}}$	$\frac{1}{\text{deg}}$	$\frac{\text{MN}}{\text{m}^2}$	$\frac{\text{N}}{\text{m}^3}$
Ag (czyste)	99,90	$5,9 \cdot 10^{22}$	66	62,50	0,0040	~180	$10,5 \cdot 10^4$
Cu (czyste)	99,99	$8,5 \cdot 10^{22}$	43	59,77	0,0041	200-290	–
Cu (miękkie)	99,95	–	–	57,00	0,0041	>265	$8,89 \cdot 10^4$
Al (czyste)	99,99	$8,3 \cdot 10^{22}$	27	38,20	0,0040	120-180	–
Al (twarde)	99,50	–	–	34,80	0,0040	>176	$2,70 \cdot 10^4$
Fe (czyste)	–	–	–	10,30	0,0059	–	–
Stal węglowa	do 1,7%C	–	–	7,00	0,0059	>580	$7,80 \cdot 10^4$

Miedź i stopy miedzi

Miedź jest najpowszechniej stosowanym materiałem przewodowym.

Cechy miedzi:

- bardzo duża konduktywność,
- dobra wytrzymałość mechaniczna,
- duża przewodność cieplna,
- odporność na korozję atmosferyczną,
- duża ciągliwość,
- zdolność do tworzenia stopów z różnymi pierwiastkami o bardzo dobrych właściwościach mechanicznych,
- złe własności odlewnicze,
- ulega korozji w środowiskach żrących,
- wysoka cena.

Przy zastosowaniu stopów miedzi z innymi pierwiastkami uzyskuje się dodatkowe cechy:

- podatność na obróbkę skrawaniem – mosiądz (stop z cynkiem),
- odporność na ścieranie – brąz kadmowy,

- duża wytrzymałość mechaniczna i twardość – brąz berylowy,
- duża sprężystość – brąz krzemowy.

Zastosowanie stopów miedzi pozwala osiągnąć powyższe cechy, ale odbywa się to kosztem zmniejszenia przewodności elektrycznej.

Zastosowanie miedzi i jej stopów:

- druty nawojowe do silników, generatorów, dławików, cewek elektromagnesów,
- żyły przewodów instalacyjnych,
- żyły kabli energetycznych,
- elementy aparatów elektrycznych i rozdzielnic,
- trakcja kolejowa (brąz),
- części przewodzące aparatów i urządzeń wysokiego napięcia (mosiądz, brąz).

Aluminium i jego stopy

Cechy aluminium:

- słabsze własności przewodzące od miedzi (mniejsza konduktywność),
- mały ciężar właściwy,
- słabsze własności mechaniczne,
- jest plastyczne i ciągliwe – wykazuje niekorzystne zjawisko płynięcia,
- duża odporność na korozję.

Najczęściej spotykane stopy aluminium: z magnezem i krzemem(aldrej) oraz z krzemem (silumin).

Zastosowanie aluminium i stopów:

- przewody linii napowietrznych (linki z aldreju lub linki staloaluminiumowe),
- żyły kabli energetycznych,
- połączenia szynowe w rozdzielniach,
- okładziny kondensatorów,
- uzwojenia klatkowe silników asynchronicznych.

Stal

Cechy stali:

- niewielka konduktywność,
- bardzo dobre własności mechaniczne,
- ulega korozji – wymaga ochrony antykorozyjnej np. przez ocynkowanie.

Zastosowanie stali:

- przewody odgromowe,
- uziomy,
- rdzenie przewodów staloaluminiumowych,
- przewody jezdne staloaluminiumowe,
- noże uziemników.

Węgiel i grafit

Cechy węgla i grafitu:

- dobre własności mechaniczne w temperaturze do 3500 K,
- nieaktywność chemiczna do temperatury ok. 900 K,
- dobre przewodnictwo ciepłe(zwłaszcza grafitu),
- wysoka temperatura sublimacji (ok. 3900 K),
- mały ciężar właściwy,
- dobra obrabialność mechaniczna.

Zastosowanie węgla i grafitu:

- styki ślizgowe (szczotki),
- rezystory warstwowe,
- elektrody stosowane w przemyśle hutniczym,
- elektrody do lamp łukowych,
- elektrody spawalnicze,
- elementy oporowe do pieców elektrycznych,
- zbieracze prądu w trakcji elektrycznej.

Materiały oporowe

Materiały oporowe, odznaczające się dużą rezystywnością, małą wartością współczynnika temperaturowego, dużą obciążalnością prądową, wysoką temperaturą długotrwałej pracy, dużą wytrzymałością na zrywanie i podatnością na obróbkę skrawaniem stosowane są w rezystorach oraz elementach grzejnych.

Do materiałów oporowych zalicza się:

- manganin (stop miedzi, manganu i niklu),
- konstantan (stop miedzi i niklu),
- kanthal A (stop żelaza, chromu, aluminium i kobaltu),
- nikielina (stop miedzi, niklu i cynku),
- nichrom (stop chromu i niklu),
- silit.

4.2.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie rodzaje metali stosowane są do produkcji przewodów i kabli?
2. Jakie są główne cechy miedzi i jej stopów?
3. Jakimi właściwościami charakteryzuje się aluminium i jego stopy?
4. Jakie są własności stali?
5. Jakie są przykłady powłok ochronnych?
6. Jakie są przykłady powłok dekoracyjnych?
7. Na czym polega hartowanie?
8. Na czym polega odpuszczanie?
9. Na czym polega wyżarzanie?
10. Jakie jest zastosowanie podstawowych materiałów przewodzących?
11. Czym charakteryzuje się węgiel i grafit?

4.2.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Porównaj własności różnych materiałów przewodzących, biorąc pod uwagę ich własności elektryczne, mechaniczne, magnetyczne, cieplne i chemiczne oraz możliwe zastosowania.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) wyszukać podstawowe właściwości materiałów przewodzących,
- 2) określić właściwości materiałów zgodnie z wytycznymi,

- 3) uzasadnić wybór materiału do określonego zastosowania,
- 4) porównać właściwości różnych materiałów przewodzących.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stanowisko komputerowe z dostępem do Internetu,
- Polskie Normy,
- zestawienia tabelaryczne właściwości materiałów,
- katalogi i materiały reklamowe,
- zeszyt do ćwiczeń.

Ćwiczenie 2

Spośród wielu próbek różnych materiałów wybierz te, które należą do materiałów przewodzących. Nazwij te materiały, omów ich cechy i zastosowanie.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z próbkami udostępnionych materiałów,
- 2) wybrać próbki materiałów stosowanych na przewody i uzasadnić swój wybór,
- 3) wybrać próbki materiałów stosowanych na elementy oporowe i uzasadnić swój wybór,
- 4) określić zastosowania konkretnych próbek materiałów,
- 5) podać cechy charakterystyczne dla rozpoznanych materiałów,
- 6) efekty swojej pracy przedstawić na forum klasy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- instrukcje do ćwiczeń,
- zestawy próbek różnych materiałów,
- Polskie Normy,
- zestawienia tabelaryczne właściwości materiałów,
- katalogi i materiały reklamowe,
- zeszyt do ćwiczeń.

Ćwiczenie 3

Dobierz materiały do wykonania:

- rezystora o rezystancji R
 - elementu grzejjego o mocy P
- Zaprojektuj wykonanie takich elementów.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) dokonać analizy właściwości różnych materiałów przewodzących pod kątem konkretnych zastosowań,
- 2) wybrać właściwe materiały,
- 3) opracować algorytm postępowania,
- 4) wykonać stosowne obliczenia przyjmując konkretne założenia,
- 5) zaprezentować efekty swojej pracy na forum klasy (z uzasadnieniem).

Wyposażenie stanowiska pracy:

- instrukcje do ćwiczeń,
- Polskie Normy,
- zestawienia tabelaryczne właściwości materiałów,
- katalogi i materiały reklamowe,
- kalkulator,
- zeszyt do ćwiczeń,
- ewentualnie stanowisko komputerowe.

4.2.4. Sprawdźan postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) scharakteryzować podstawowe własności elektryczne materiałów przewodzących?
2) scharakteryzować podstawowe własności mechaniczne materiałów przewodzących?
3) porównać własności podstawowych materiałów przewodzących?
4) dobrać materiały przewodzące do konkretnych celów?
5) rozpoznać materiały przewodzące na podstawie ich wyglądu?
6) rozpoznać powłoki ochronne i dekoracyjne na podstawie ich wyglądu?
7) scharakteryzować obróbkę cieplną?

4.3. Materiały półprzewodnikowe

4.3.1. Materiał nauczania

Materiały półprzewodzące są to materiały, których rezystywność w temperaturze 20°C zawarta jest w granicach $10^{-8} \div 10^5$ S/m (jest większa niż metali, a mniejsza niż dielektryków).

Najczęściej stosowanymi materiałami półprzewodnikowymi są :

- pierwiastki grupy IV – krzem, german,
- związki pierwiastków grup III i V – arsenek galu, azotek galu, antymonek indu,
- związki pierwiastków grup II i VI – telurek kadmu.

Materiały półprzewodnikowe są wytwarzane w postaci monokryształu, polikryształu lub proszku.

Półprzewodniki są to najczęściej substancje krystaliczne, których wartość rezystancji maleje ze wzrostem temperatury.

Półprzewodniki dzielą się na:

- półprzewodniki samoistne (nie zawierają domieszek),
- półprzewodniki domieszkowane.

Półprzewodniki samoistne nie posiadają zbyt wielu elektronów swobodnych, co objawia się małą konduktywnością. W praktyce stosuje się tzw. domieszkowanie. Materiały uzyskane przez domieszkowanie nazywamy półprzewodnikami niesamoistnymi lub półprzewodnikami domieszkowanymi.

Na skutek domieszkowania powstają dwa typy półprzewodników:

- półprzewodniki typu n,
- półprzewodniki typu p.

Domieszkowanie polega na wprowadzeniu do struktury kryształu dodatkowych atomów pierwiastka, który nie wchodzi w skład czystego półprzewodnika. Ponieważ w wiązaniach kowalencyjnych bierze udział ustalona liczba elektronów podmiana któregoś z jonów atomem domieszki powoduje wystąpienie nadmiaru lub niedoboru elektronów.

Wprowadzenie domieszki produkującej nadmiar elektronów (w stosunku do ilości niezbędnej do stworzenia wiązań) powoduje powstanie półprzewodnika typu n, a domieszka taka nazywana jest domieszką donorową.

Wprowadzenie domieszki produkującej niedobór elektronów powoduje powstanie półprzewodnika typu p, zaś domieszka taka nazywana jest domieszką akceptorową.

Zastosowanie półprzewodników:

- przyrządy prostownicze,
- przyrządy wzmacniające,
- przyrządy optoelektroniczne,
- układy scalone różnej skali integracji.

4.3.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie materiały stosowane są jako półprzewodniki?
2. Co to są półprzewodniki samoistne?
3. Co to są półprzewodniki typu n?
4. Co to są półprzewodniki typu p?
5. Jakie jest zastosowanie półprzewodników?

4.3.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Dokonaj analizy właściwości materiałów półprzewodnikowych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) wymienić znane mu materiały półprzewodnikowe,
- 2) korzystając z różnych źródeł informacji odnaleźć własności tych materiałów,
- 3) porównać różne materiały półprzewodnikowe np. umieszczając zgromadzone informacje w zaprojektowanej przez siebie tabeli,
- 4) sformułować wnioski.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stanowisko komputerowe z dostępem do Internetu,
- czasopisma naukowe,
- literatura,
- katalogi.

4.3.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) wymienić materiały półprzewodnikowe?
2) wskazać właściwości elektryczne różnych materiałów półprzewodnikowych?
3) wyjaśnić, na czym polega domieszkowanie?
4) porównać właściwości elektryczne różnych materiałów półprzewodnikowych?
5) wymienić wpływ temperatury na właściwości złącza P-N ?
6) wskazać zastosowanie przyrządów półprzewodnikowych?

4.4. Materiały izolacyjne

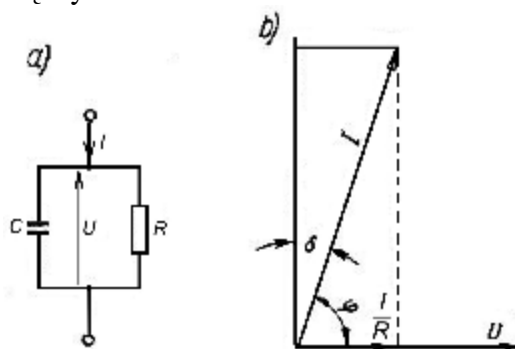
4.4.1. Materiał nauczania

Materiały izolacyjne, zwane inaczej dielektrykami składają się z cząsteczek elektrycznie obojętnych, w których ładunki elektryczne (poza sporadycznymi przypadkami) są związane i nie mogą się przemieszczać pod wpływem pola elektrycznego.

Dielektryki charakteryzują się bardzo dużą wartością rezystywności – przekracza ona wartość $10^8 \Omega \cdot m$. Ich głównym zadaniem jest izolowanie obwodów elektrycznych.

Parametry dielektryków

1. Wytrzymałość dielektryczna – jest to stosunek wartości napięcia powodującego przebicie warstwy dielektryka do grubości tej warstwy.
2. Wytrzymałość elektryczna dielektryka – jest to największą wartość natężenia pola elektrycznego E_{max} , która nie wywołuje jeszcze przebicia w cieczy albo w dielektryku stałym, lub przeskoku iskry w gazie.
3. Klasa izolacji (wskaźnik temperaturowy) – jest to najwyższa dopuszczalna temperatura pracy ciągłej materiału izolacyjnego pozostającego w kontakcie z powietrzem.
4. Napięcie wytrzymywane – jest to takie napięcie, przy którym próbka nie ulega przebiciu w ustalonym czasie (1÷30 min).
6. Przenikalność elektryczna względna ϵ_0 – jest to bezwymiarowy współczynnik, który wykazuje, ile razy pojemność kondensatora, zawierającego dany dielektryk jest większa od pojemności kondensatora próżniowego.
7. Stratność dielektryczna $\tan \delta$ – jest to tangens kąta dopełniającego do kąta prostego kąt przesunięcia fazowego między U a I .



Rys. 3. Schemat zastępczy dielektryka (a) i przesunięcie fazy prądu w układzie z dielektrykiem ze stratami (b) [2, s. 26]

W maszynach elektrycznych izolacja wszystkich obwodów maszyny tworzy tzw. układ izolacyjny.

Rodzaje izolacji w maszynie elektrycznej:

- izolacja główna – oddziela obwody elektryczne od obwodów magnetycznych i konstrukcyjnych,
- izolacja zwojowa – oddziela od siebie poszczególne elementy tego samego obwodu elektrycznego.

Wymagania stawiane materiałom elektroizolacyjnym:

- dobre właściwości dielektryczne,
- odporność na wpływ temperatury,
- dobra przewodność cieplna,
- wytrzymałość mechaniczna,
- odporność na wpływy atmosferyczne i chemiczne,
- odporność na starzenie się.

Wymagania te w znacznym stopniu spełniają tworzywa sztuczne.

Tworzywa sztuczne

Tworzywa sztuczne są to materiały, których podstawowym składnikiem są związki wielkocząsteczkowe, syntetyczne lub pochodzenia naturalnego.

Związki wielkocząsteczkowe noszą nazwę polimerów.

Ze względu na pochodzenie można je najogólniej podzielić na trzy podstawowe grupy:

- naturalne związki wielkocząsteczkowe występujące w przyrodzie (celuloza, białko, kauczuk),
- związki wielkocząsteczkowe otrzymywane z polimerów pochodzenia naturalnego w wyniku modyfikacji polegającej na chemicznej zmianie właściwości polimerów naturalnych (pochodne celulozy np. octan celulozy, celulozę regenerowaną np. celofan, pochodne kauczuku np. chlorokauczuk, tworzywa białkowe np. galalit),
- syntetyczne związki wielkocząsteczkowe wytwarzane na podstawie reakcji chemicznej ze związków małocząsteczkowych (polietylen, polistyren, polichlorek winylu, polipropylen fenoplasty).

Uwzględniając powyższą klasyfikację można dokonać podziału materiałów elektroizolacyjnych również ze względu na stan skupienia.

Podział materiałów elektroizolacyjnych

1. Dielektryki gazowe (gazy).
2. Dielektryki ciekłe (ciecze).
3. Dielektryki stałe (materiały stałe).

Szczegółową klasyfikację materiałów elektroizolacyjnych przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Podział materiałów elektroizolacyjnych [5, s. 45]

Gazy	nieślachetne występujące w atmosferze, syntetyczne, szlachetne			
Ciecze	oleje mineralne, oleje syntetyczne, oleje naturalne			
Materiały stałe	nieorganiczne	szkło, ceramika, mika, azbest		
	organiczne naturalne	celuloza, asfalty, woski, żywice naturalne		
	organiczne syntetyczne	plastomery	termoplasty, duroplasty	
		elastomery	kauczuki: naturalne, syntetyczne	
półwyroby		emalie i lakiery, żywice lane, materiały warstwowe, tłoczywa, tkaniny sycone, taśmy, koszulki, folie		

W zależności od wytrzymałości cieplnej i odporności na starzenie się materiały elektroizolacyjne zostały podzielone na klasy, którym odpowiada określona temperatura maksymalna trwale dopuszczalna.

Klasy izolacji oznaczone są następującymi symbolami: z,X,Y,A,E,B,F,H,C.

Tabela 6. Klasy materiałów elektroizolacyjnych[3, s. 47]

Symbol klasy izolacji	Temperatura maksymalna trwale dopuszczalna [w °C]
z	60
X	75
Y	90
A	105
E	120
B	130
F	155
H	180
C	ponad 180

W maszynach elektrycznych stosuje się materiały izolacyjne klas: A,E,B,F,H,C, a przede wszystkim materiały izolacyjne klas: B,F,H.

Przykłady zastosowań tworzyw sztucznych jako materiałów elektroizolacyjnych

Materiały na izolację żłobkową:

- folie poliwęglowe,
- papier aramidowy.

Materiały do izolowania cewek:

- taśmy jedwabne nasycone,
- taśmy szklane nasycone,
- taśmy poliestrowe.

Materiały na przekładki izolacyjne:

- preszpan (otrzymywany z czystej celulozy siarczanej).

Materiały na tabliczki zaciskowe:

- tłoczywa.

Materiały na obudowy do skrzynek zaciskowych:

- bakelit.

Materiały na rdzenie wirnika i stojana:

- żywice proszkowe poliestrowe i epoksydowe.

Materiały do izolacji uzwojeń:

- lakiery epoksydowe
- lakiery fenolowo-alkidowe,
- lakiery fenolowo-izoftalowe.

Materiały na izolację i powłoki przewodów i kabli:

- zmięczony polichlorek winylu,
- polietylen

Materiały na osprzęt instalacyjny (obudowy puszek, gniazd wtykowych, oprawek, wtyczek, wyłączników):

- tłoczywa termoutwardzalne.

- Materiały na obwody drukowane:
 - laminaty.
- Materiały na kondensatory:
 - folie polistyrenowe i poliestrowe.
- Materiały na obudowy aparatów elektronicznych:
 - tłoczywa,
 - termoplasty: poliolefina, polistyren, poliwęglan i polimetakrylanumetyl.

- Zalety tworzyw sztucznych:
 - łatwość przetwórstwa (możliwość przetwarzania poprzez wytłaczanie, wtryskiwanie lub prasowanie na prasach automatycznych),
 - mała gęstość,
 - dobre właściwości mechaniczne,
 - odporność na korozję,
 - możliwość otrzymania wyrobów przezroczystych
 - możliwość barwienia na wiele kolorów
- Wady tworzyw sztucznych:
 - niska odporność na podwyższoną temperaturę,
 - łatwopalność,
 - uciążliwość dla środowiska.

4.4.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie są podstawowe parametry dielektryków?
2. Jakie wymagania stawia się dielektrykom?
3. Co to jest układ elektroizolacyjny?
4. Co to znaczy, że materiał elektroizolacyjny należy do klasy A, B, E?
5. Jak dzielą się dielektryki stałe?
6. Jak dzielą się dielektryki ciekłe?
7. Jak dzielą się dielektryki gazowe?
8. Jak dzielą się tworzywa sztuczne?
9. Jakie są właściwości tworzyw sztucznych?

4.4.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Dokonaj analizy właściwości materiałów izolacyjnych oraz ich zastosowania na podstawie informacji z różnych źródeł.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) korzystając z różnych źródeł informacji odnaleźć typowe materiały elektroizolacyjne stosowane w maszynach i urządzeniach elektrycznych,
- 2) określić podstawowe właściwości materiałów izolacyjnych na podstawie materiałów źródłowych,
- 3) porównać właściwości różnych materiałów izolacyjnych,
- 4) przyporządkować konkretny materiał do określonego zastosowania,
- 5) uzasadnić swój wybór,
- 6) zaprezentować efekty swojej pracy na forum klasy.

- Wyposażenie stanowiska pracy:
- stanowisko komputerowe z dostępem do Internetu,
 - zestawienia tabelaryczne właściwości materiałów izolacyjnych,
 - czasopisma specjalistyczne,
 - Polskie Normy,
 - katalogi i materiały reklamowe,
 - zeszyt ćwiczeń.

Ćwiczenie 2

Rozpoznaj próbki materiałów izolacyjnych oraz określ ich cechy i zastosowanie.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z próbkami udostępnionych materiałów,
- 2) nazwać poszczególne próbki materiałów,
- 3) określić właściwości materiałów,
- 4) wskazać i uzasadnić zastosowanie określonych materiałów z przedstawionych próbek,
- 5) porównać ze sobą różne materiały izolacyjne.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- instrukcje do ćwiczeń,
- zestawy próbek różnych materiałów,
- zestawienia tabelaryczne właściwości materiałów,
- czasopisma specjalistyczne,
- Polskie Normy,
- katalogi i materiały reklamowe,
- zeszyt ćwiczeń.

4.4.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) wymienić wymagania stawiane materiałom izolacyjnym?
2) wymienić podstawowe właściwości materiałów izolacyjnych?
3) dokonać podziału materiałów izolacyjnych?
4) podać przykłady ciekłych, stałych i gazowych materiałów izolacyjnych?
5) zastosować wybrane materiały izolacyjne do konkretnych celów?
6) dokonać podziału tworzyw sztucznych?
7) wymienić zalety i wady tworzyw sztucznych?
8) rozpoznać tworzywa sztuczne?

4.5. Materiały magnetyczne i konstrukcyjne

4.5.1. Materiał nauczania

Materiały magnetyczne

Podział materiałów ze względu na ich własności magnetyczne:

Diamagnetyczne – w materiałach tych pole magnetyczne prądów elementarnych przeciwdziała polu magnetycznemu przyłożonemu z zewnątrz. W materiałach diamagnetycznych wypadkowa indukcja magnetyczna B jest mniejsza niż w próżni, tzn.

$$B < \mu_0 H$$

Do materiałów diamagnetycznych należą m.in. woda, kwarc, srebro, bizmut, miedź.

Paramagnetyczne – w materiałach tych pole magnetyczne prądów elementarnych współdziała z polem magnetycznym przyłożonym z zewnątrz i wobec tego wypadkowa indukcja magnetyczna B jest większa niż w próżni, tzn.

$$B > \mu_0 H$$

Do materiałów paramagnetycznych należą m.in. platyna ($\mu_r = 1,00027$), aluminium ($\mu_r = 1,000020$), powietrze i inne.

Ferromagnetyczne – w materiałach tych pole magnetyczne prądów elementarnych współdziała z polem magnetycznym przyłożonym z zewnątrz, wypadkowa indukcja magnetyczna B jest dużo większa niż w próżni, tzn.

$$B \gg \mu_0 H$$

Do materiałów tych należą żelazo, kobalt, nikiel i ich stopy.

Materiały magnetyczne, służące do wykonania obwodów magnetycznych maszyn elektrycznych muszą zapewnić jak najmniejszą reluktancję (opór magnetyczny) na drodze strumienia magnetycznego. Wymagania te spełniają ferromagnetyki.

Bardzo dobre własności magnetyczne wykazuje czyste żelazo, ale stosowane jest rzadko w tej postaci to tylko w przypadku stałego pola magnetycznego. W zmiennym polu magnetycznym występują w nim duże straty wywołane prądami wirowymi – w celu ich ograniczenia wprowadza się do żelaza dodatki stopowe zwiększające rezystywność oraz wszystkie elementy obwodu magnetycznego wykonuje się z blach, odizolowanych od siebie lakierem bądź szkłem wodnym.

Podział materiałów magnetycznych używanych w technice

Materiały magnetycznie miękkie – charakteryzują się dużą przenikalnością magnetyczną, wąską i stromą pętlą histerezy oraz małą wartością natężenia koercji.

Materiały te łatwo ulegają namagnesowaniu i wykazują małe straty energii przy przemagnesowywaniu.

Do materiałów magnetycznie miękkich zaliczamy:

- staliwo,
- żeliwo,
- stale niskostopowe (stop żelaza z węglem),
- stale żelazokrzemowe (stop żelaza i krzemu),
- stale żelazokobaltowe,
- permaloje (stop żelaza z niklem),
- ferryty.

Zastosowanie materiałów magnetycznie miękkich:

- stojany maszyn prądu stałego,

- wirniki maszyn synchronicznych,
- rdzenie transformatorów,
- rdzenie prądnic i silników,
- nabiegunniki magnesów,
- jarzma magnetyczne,
- wzmacniacze magnetyczne.

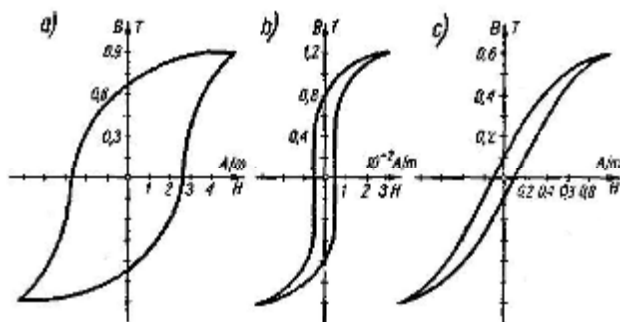
Materiały magnetycznie twarde – charakteryzują się szeroką, stromą pętlą histerezy o dużych wartościach natężenia koercji. Zachowują one własności magnetyczne po usunięciu zewnętrznego pola magnetycznego.

Do materiałów magnetycznie twardych zaliczamy:

- stale (wolframowe, chromowe),
- stopy:
 - Alni (stop żelaza z aluminium i niklem),
 - Alnisi (stop żelaza z aluminium, niklem i krzemem),
 - Alnico (stop żelaza z aluminium, niklem i kobaltem).

Zastosowanie materiałów magnetycznie twardych:

- magnesy trwałe w maszynach elektrycznych małej mocy.



Rys. 4. Charakterystyczne krzywe histerezy dla materiałów o: a) dużej sile koercji, b) dużej przenikalności, c) niezmienniej (stałej) przenikalności [2, s. 19]

Materiały konstrukcyjne

Materiały konstrukcyjne mają za zadanie zapewnienie maszynie elektrycznej odpowiedniej sztywności, wytrzymałości na drgania, uderzenia, działania mechaniczne czynników zewnętrznych, zabezpieczenie niez izolowanych elementów przed dotknięciem, stworzenie osłon dla elementów narażonych na uszkodzenia, właściwe ułożyskowanie elementów wirujących.

Z materiałów konstrukcyjnych wykonuje się:

- obudowy,
- korpusy,
- osłony,
- wały,
- oprawy,
- pokrywy,
- kanały.

Przykłady materiałów konstrukcyjnych:

- stal (węglowa, stopowa),
- staliwo,
- żeliwo.

4.5.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie są podstawowe właściwości magnetyczne diamagnetyków, paramagnetyków i ferromagnetyków?
2. Jakie podstawowe wielkości fizyczne charakteryzują materiały magnetyczne?
3. Jakie podstawowe materiały stosowane są do budowy magnesów trwałych?
4. Jakie materiały zaliczamy do materiałów magnetycznie miękkich?
5. Jakie elementy maszyny wykonuje się z materiałów konstrukcyjnych?

4.5.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Dokonaj analizy właściwości różnych materiałów magnetycznych oraz ich zastosowania w oparciu o informacje z różnych źródeł.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) odnaleźć typowe materiały magnetyczne stosowane w maszynach elektrycznych, korzystając z różnych źródeł informacji,
- 2) określić właściwości materiałów magnetycznych,
- 3) uzasadnić wybór materiału magnetycznego do określonego zastosowania,
- 4) porównać właściwości różnych materiałów magnetycznych.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stanowisko komputerowe z dostępem do Internetu,
- tekst przewodni,
- zestawienia tabelaryczne właściwości materiałów magnetycznych,
- czasopisma specjalistyczne,
- Polskie Normy,
- katalogi i materiały reklamowe,
- zeszyt ćwiczeń.

Ćwiczenie 2

Rozpoznaj próbki materiałów magnetycznych oraz określ ich cechy i zastosowanie.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z przedstawionymi próbkami materiałów magnetycznych,
- 2) rozpoznać materiały magnetycznie twarde i miękkie,
- 3) określić właściwości materiałów magnetycznych,
- 4) ustalić rodzaj materiału magnetycznego: miękki czy twardy magnetycznie,
- 5) wskazać zastosowanie określonych materiałów z przedstawionych próbek,
- 6) porównać ze sobą różne materiały magnetyczne.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- tekst przewodni,
- zestawy próbek różnych materiałów magnetycznych,

- zestawienia tabelaryczne właściwości materiałów magnetycznych,
- czasopisma specjalistyczne,
- Polskie Normy,
- katalogi i materiały reklamowe,
- zeszyt ćwiczeń.

4.5.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) dokonać podziału materiałów magnetycznych?
2) wymienić podstawowe właściwości materiałów paramagnetycznych?
3) wymienić podstawowe właściwości materiałów diamagnetycznych?
4) wymienić podstawowe właściwości materiałów ferromagnetycznych?
5) zastosować wybrane materiały magnetyczne do konkretnych celów?
6) wymienić elementy maszyn wykonane z materiałów konstrukcyjnych?

5. SPRAWDZIAN OSIĄGNIĘĆ

INSTRUKCJA DLA UCZNIĄ

1. Przeczytaj uważnie instrukcję, masz na tę czynność 5 minut.
2. Podpisz imieniem i nazwiskiem kartę odpowiedzi.
3. Zapoznaj się z zestawem zadań testowych.
4. Test zawiera 20 zadań. Do każdego zadania dołączone są 4 możliwości odpowiedzi. Tylko jedna jest prawidłowa.
5. Udzielaj odpowiedzi tylko na załączonej karcie odpowiedzi, stawiając w odpowiedniej rubryce znak X. W przypadku pomyłki należy błędną odpowiedź zaznaczyć kółkiem, a następnie ponownie zakreślić odpowiedź prawidłową.
6. Pracuj samodzielnie, bo tylko wtedy będziesz miał satysfakcję z wykonanego zadania.
7. Możesz uzyskać maksymalnie 20 punktów.
8. Kiedy udzielenie odpowiedzi będzie Ci sprawiało trudność, wtedy odłóż jego rozwiązanie na później i wróć do niego, gdy zostanie Ci czas wolny.
9. Na rozwiązanie testu masz 45 minut.
10. Po zakończeniu testu podnieś rękę i zaczekaj aż nauczyciel odbierze od Ciebie pracę.

Powodzenia!

ZESTAW ZADAŃ TESTOWYCH

1. Podatność metali do odkształceń trwałych to
 - a) plastyczność.
 - b) ścieralność.
 - c) lejność.
 - d) twardość.
2. Potencjał elektrochemiczny metali jest wielkością charakteryzującą metal z punktu widzenia
 - a) magnesowania.
 - b) odkształceń sprężystych.
 - c) ulegania korozji.
 - d) odkształceń plastycznych.
3. Zastosowanie stopów miedzi z innymi pierwiastkami pozwala na
 - a) zwiększenie przewodności elektrycznej w stosunku do miedzi.
 - b) zmniejszenie przewodności elektrycznej w stosunku do miedzi.
 - c) nie ma wpływu na przewodność elektryczną.
 - d) zwiększenie twardości.
4. Mika należy do materiałów izolacyjnych
 - a) organicznych syntetycznych.
 - b) nieorganicznych.
 - c) organicznych naturalnych.
 - d) ciekłych.

5. Do materiałów izolacyjnych nieorganicznych należą
 - a) woski.
 - b) kauczuki.
 - c) ceramika.
 - d) asfalty.

6. Do izolacji uzwojeń stosuje się
 - a) lakiery epoksydowe.
 - b) tłoczywa.
 - c) preszpan.
 - d) żywice proszkowe.

7. Preszpan otrzymywany jest z
 - a) włókien roślinnych.
 - b) czystej celulozy siarczanowej.
 - c) jedwabiu octanowego.
 - d) papieru aramidowego.

8. Powietrze jest
 - a) diamagnetykiem.
 - b) ferromagnetykiem.
 - c) paramagnetykiem.
 - d) żadnym z wymienionych.

9. Magnesy trwale wykonuje się z
 - a) materiałów magnetycznie twardych.
 - b) materiałów magnetycznie miękkich.
 - c) dowolnego materiału magnetycznego.
 - d) diamagnetyka.

10. Wielkość kąta stratności dielektrycznej materiału dielektryka zastosowanego do budowy kondensatora powinna być
 - a) jak największa.
 - b) nie ma znaczenia.
 - c) jak najmniejsza.
 - d) zależy od warunków środowiska.

11. Szkło należy do materiałów elektroizolacyjnych
 - a) organicznych naturalnych.
 - b) organicznych syntetycznych.
 - c) nieorganicznych.
 - d) żadnych z wymienionych.

12. Do wyrobu styków ślizgowych (szczotek) stosuje się
 - a) węgiel i grafit.
 - b) ołów.
 - c) miedź.
 - d) srebro.

13. Dla materiałów ferromagnetycznych wartość μ_r jest

- a) $\mu_r > 1$.
- b) $\mu_r < 1$.
- c) $\mu_r \gg 1$.
- d) $\mu_r = 1$.

14. Jednostką konduktywności jest

- a) S/m.
- b) $\Omega \cdot m$.
- c) S·m.
- d) Ω/m .

15. Jednostką rezystywności jest

- a) $1/\Omega \cdot m^2$.
- b) $\Omega \cdot mm^2/m$.
- c) Ω/m .
- d) m/ Ω .

16. Aluminium jest

- a) ferromagnetykiem.
- b) paramagnetykiem.
- c) diamagnetykiem.
- d) żadnym z wymienionych.

17. Wąska i stroma pętla histerezy charakteryzuje

- a) materiały magnetycznie miękkie.
- b) materiały magnetycznie twarde.
- c) ferromagnetyki.
- d) paramagnetyki.

18. Do materiałów magnetycznie miękkich zalicza się

- a) stal chromową.
- b) stal krzemową.
- c) stal kobaltową.
- d) żeliwo.

19. Metoda Vickersa służy do określenia

- a) wytrzymałości na rozciąganie.
- b) udarności.
- c) twardości metali.
- d) płaszczyzności.

20. Do materiałów diamagnetycznych należy

- a) nikiel.
- b) miedź.
- c) platyna.
- d) stal.

KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko

Wykorzystywanie różnych materiałów w elektrotechnice

Zakreśl poprawną odpowiedź.

Nr zadania	Odpowiedź				Punkty
1	a	b	c	d	
2	a	b	c	d	
3	a	b	c	d	
4	a	b	c	d	
5	a	b	c	d	
6	a	b	c	d	
7	a	b	c	d	
8	a	b	c	d	
9	a	b	c	d	
10	a	b	c	d	
11	a	b	c	d	
12	a	b	c	d	
13	a	b	c	d	
14	a	b	c	d	
15	a	b	c	d	
16	a	b	c	d	
17	a	b	c	d	
18	a	b	c	d	
19	a	b	c	d	
20	a	b	c	d	
Razem:					

6. LITERATURA

1. Bolkowski S. : Elektrotechnika. WSiP, Warszawa 1999
2. Borowski M.: Materiałoznawstwo dla elektryków i elektroników. PWSZ, Warszawa 1993
3. Goźlińska E.: Maszyny elektryczne. WSiP, Warszawa 1998
4. Otyński A.: Podstawy technologii i konstrukcji mechanicznych. WSiP, Warszawa 1995
5. Praca zbiorowa: Poradnik inżyniera elektryka. WNT, Warszawa 1997