



MINISTERSTWO EDUKACJI
i NAUKI



Wanda Buła

**Dobieranie materiałów konstrukcyjnych
311[50].O2.02**

Poradnik dla ucznia

Wydawca

**Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy
Radom 2005**

Recenzenci:

mgr inż. Bogdan Chmieliński

mgr inż. Henryk Krystkowiak

Opracowanie redakcyjne:

Katarzyna Maćkowska

Konsultacja:

dr inż. Janusz Figurski

Korekta:

mgr Joanna Iwanowska

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki modułowej Dobieranie materiałów konstrukcyjnych 311[50].O2.02 zawartego w modułowym programie nauczania dla zawodu technik mechatronik.

Wydawca,

Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2005

Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego

SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie	4
2. Wymagania wstępne	5
3. Cele kształcenia	6
4. Materiał nauczania	7
4.1. Wiadomości wstępne	7
4.1.1. Materiał nauczania	7
4.1.2. Pytania sprawdzające	7
4.1.3. Ćwiczenia	8
4.1.4. Sprawdzian postępów	8
4.2. Właściwości metali i ich stopów	9
4.2.1. Materiał nauczania	9
4.2.2. Pytania sprawdzające	10
4.2.3. Ćwiczenia	10
4.2.4. Sprawdzian postępów	13
4.3. Stopy żelaza	14
4.3.1. Materiał nauczania	14
4.3.2. Pytania sprawdzające	20
4.3.3. Ćwiczenia	20
4.3.4. Sprawdzian postępów	23
4.4. Metale nieżelazne i ich stopy	24
4.4.1. Materiał nauczania	24
4.4.2. Pytania sprawdzające	26
4.4.3. Ćwiczenia	26
4.4.4. Sprawdzian postępów	27
4.5. Kompozyty. Super twarde materiały narzędziowe	28
4.5.1. Materiał nauczania	28
4.5.2. Pytania sprawdzające	29
4.5.3. Ćwiczenia	29
4.5.4. Sprawdzian postępów	30
4.6. Materiały z proszków spiekanych	30
4.6.1. Materiał nauczania	30
4.6.2. Pytania sprawdzające	32
4.6.3. Ćwiczenia	33
4.6.4. Sprawdzian postępów	33
4.7. Obróbka cieplna stali	34
4.7.1. Materiał nauczania	34
4.7.2. Pytania sprawdzające	39
4.7.3. Ćwiczenia	40
4.7.4. Sprawdzian postępów	41
4.8. Obróbka cieplno-chemiczna	42
4.8.1. Materiał nauczania	42
4.8.2. Pytania sprawdzające	43
4.8.3. Ćwiczenia	44
4.8.4. Sprawdzian postępów	45
4.9. Korozja materiałów	45
4.9.1. Materiał nauczania	45
4.9.2. Pytania sprawdzające	47
4.9.3. Ćwiczenia	48

4.9.4. Sprawdzian postępów	48
4.10. Tworzywa sztuczne	49
4.10.1. Materiał nauczania	49
4.10.2. Pytania sprawdzające	51
4.10.3. Ćwiczenia	51
4.10.4. Sprawdzian postępów	51
4.11. Farby, lakiery i emalie	52
4.11.1. Materiał nauczania	52
4.11.2. Pytania sprawdzające	53
4.11.3. Ćwiczenia	53
4.11.4. Sprawdzian postępów	54
4.12. Guma. Materiały uszczelniające i izolacyjne	54
4.12.1. Materiał nauczania	54
4.12.2. Pytania sprawdzające	56
4.12.3. Ćwiczenia	57
4.12.4. Sprawdzian postępów	58
4.13. Materiały ceramiczne. Szkło	59
4.13.1. Materiał nauczania	59
4.13.2. Pytania sprawdzające	61
4.13.3. Ćwiczenia	61
4.13.4. Sprawdzian postępów	62
5. Sprawdzian osiągnięć	63
6. Literatura	69

1. WPROWADZENIE

Poradnik będzie Ci pomocny w przyswajaniu podstawowej wiedzy i umiejętności z zakresu badania i doboru materiałów konstrukcyjnych. Zdobyta wiedza i umiejętności umożliwią Ci wykonywanie zadań zawodowych technika mechatronika w zakresie doboru materiałów do projektowanych urządzeń i systemów mechatronicznych.

W poradniku zamieszczono:

- wymagania wstępne, wykaz umiejętności, jakie powinieneś mieć już ukształtowane, abyś bez problemów mógł korzystać z poradnika,
- cele kształcenia, wykaz umiejętności, jakie ukształtujesz podczas pracy z poradnikiem,
- materiał nauczania, „pigułkę” wiadomości teoretycznych niezbędnych do opanowania treści jednostki modułowej,
- zestaw pytań przydatny do sprawdzenia, czy już opanowałeś materiał nauczania,
- ćwiczenia, które pomogą Ci zweryfikować wiadomości teoretyczne oraz ukształtować umiejętności praktyczne,
- sprawdzian osiągnięć, przykładowy zestaw zadań i pytań. Pozytywny wynik sprawdzianu potwierdzi, że dobrze pracowałeś podczas zajęć i opanowałeś wiedzę i umiejętności z zakresu tej jednostki modułowej,
- wykaz literatury.

2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji programu nauczania jednostki modułowej powinienś umieć:

- stosować układ SI,
- posługiwać się podstawowymi pojęciami z zakresu chemii i fizyki, takimi jak: właściwości fizyczne i chemiczne, stop metalu, polimery, symbole pierwiastków chemicznych; z zakresu statyki, dynamiki, kinematyki, takimi jak: masa, siła, prędkość, energia; z zakresu zajęć technicznych: obróbka plastyczna, odlewanie, skrawanie, spawanie, lutowanie,
- określać właściwości fizyczne i chemiczne żelaza i metali nieżelaznych,
- obsługiwać komputer na poziomie podstawowym,
- korzystać z różnych źródeł informacji,
- dokonać prezentacji wykonanej pracy,
- współpracować w grupie z uwzględnieniem podziału zadań,
- wyciągać i uzasadniać wnioski z wykonanych ćwiczeń.

3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- scharakteryzować właściwości materiałów technicznych,
- wykonać pomiar twardości metodą Brinella, Rockwella, Vickersa,
- wykonać próbę udarności,
- przygotować stanowisko do badań,
- sklasyfikować stopy żelaza z węglem,
- ustalić właściwości stopów żelaza z węglem w zależności od zawartości węgla,
- określić gatunek stopu żelaza z węglem na podstawie oznaczenia,
- sklasyfikować stopy metali nieżelaznych,
- rozróżnić materiały przewodzące, izolatory i półprzewodniki,
- scharakteryzować rodzaje obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej,
- określić właściwości i przeznaczenie materiałów niemetalowych,
- rozpoznać zjawiska korozyjne i ich skutki oraz wskazać sposoby zapobiegania korozji,
- dobrać materiały na elementy konstrukcyjne stosowane w urządzeniach i systemach mechatronicznych,
- skorzystać z literatury, dokumentacji technicznej, norm i katalogów,
- zastosować przepisy bezpieczeństwa i higieny pracy, ochrony przeciwpożarowej oraz zasady ergonomii.

4. MATERIAŁ NAUCZANIA

4.1. Wiadomości wstępne

4.1.1. Materiał nauczania

Dobór materiału jest istotnym elementem podczas projektowania części maszyn i urządzeń. Nikt nie zaproponuje papieru jako materiału do wykonania noża, a drewna do sporządzania przewodów elektrycznych. O doborze materiałów do wykonania określonych części decyduje doświadczenie i wiedza projektanta, który, aby wykonać dobrze swoje zadanie musi z wielu dostępnych materiałów wybrać najlepszy, uwzględniając między innymi następujące czynniki:

- właściwości odpowiednie do wymagań eksploatacyjnych,
- koszty surowca oraz koszty (ilość energii) wytwarzania,
- wpływ wybranej technologii wytwarzania na środowisko,
- prawidłowe kojarzenie materiałów w wyrobie, na przykład dwa elementy z różnych materiałów współpracujące ze sobą w podwyższonej temperaturze muszą mieć podobny współczynnik rozszerzalności cieplnej,
- trwałość innych części pracujących w zespole.

Rosnąca ilość dostępnych dla konstruktora materiałów utrudnia optymalny dobór jedynie w oparciu o jego wiedzę i doświadczenie. Obecnie obok systemów komputerowego wspomagania projektowania CAD i wytwarzania CAM istnieją systemy CAMS (Computer Aided Materials Selection). Dostępne są obszerne bazy danych, zarówno w sieci Internet, jak i na dyskach CD, są to bazy umożliwiające uzyskanie informacji o danej grupie materiałów w oparciu, o które konstruktor dokonuje wyboru.

Dobór materiałów konstrukcyjnych opiera się na badaniach ich właściwości. W ramach tej jednostki modułowej nabędziesz między innymi umiejętność pomiaru twardości materiałów różnymi metodami oraz wykonania próby udarności. Badania te będziesz przeprowadzał w pracowni projektowania, w której obowiązują następujące zasady bezpiecznej pracy:

1. Podczas wykonywania ćwiczeń należy bezwzględnie przestrzegać przepisów bhp zawartych w instrukcjach obsługi poszczególnych urządzeń i aparatury.
2. Nie należy opierać się o korpusy maszyn i obudowy urządzeń.
3. Nie wolno uruchamiać bez zezwolenia nauczyciela aparatury badawczej.
4. Należy bezzwłocznie informować prowadzącego o wszystkich zauważonych usterkach lub nienormalnej pracy urządzeń.
5. Należy stosować przepisy przeciwpożarowe obowiązujące w szkole.
6. Należy stosować zalecenia prowadzącego związane z ergonomiczną postawą przy pracy.
7. Po zakończeniu ćwiczenia należy uporządkować swoje stanowisko.

4.1. 2. Pytania sprawdzające

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

1. Jakie czynniki należy uwzględniać przy doborze materiałów?
2. Jakie zasady bhp obowiązują w pracowni projektowania?

4.1.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Uzasadnij dobór materiałów, jakiego dokonała firma CPP PREMA Kielce na: pokrywy, tłok, tuleję i uszczelnienia siłownika D32.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) wypisać z katalogu CPP PREMA Kielce, z jakich materiałów wykonany jest siłownik pneumatyczny z jednostronnym tłoczyskiem D32,
- 2) uzasadnić dobór materiałów, jaki dokonała firma na: pokrywy, tłok, tuleję i uszczelnienia siłownika D32.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- katalog CPP PREMA Kielce Pneumatyka.

Ćwiczenie 2

Określ cechy materiału, uwzględniane podczas doboru na określone w tabeli elementy.

Sposób wykonania ćwiczenia.

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zaznaczyć w tabeli 1 znakiem X, cechy materiału, uwzględnione podczas doboru materiału na określone w tabeli 1 elementy.

Tabela 1. Cechy materiału (do ćwiczenia 2).

Cecha materiału	Tłok w silniku spalinowym	Obudowa termometru lekarskiego	Obudowa komputera	Nieznacznie obciążone koło zębate	Izolacja przewodów elektrycznych
odporność na wysokie temperatury					
odporność na działanie uderzeń					
właściwości ekranujące i izolujące					
trudnozapałność oraz samogaśnięcie					
mały współczynnik tarcia					
estetyka wykonania					
wytrzymałość					
przewodność cieplna					
cena					
kolor					
odporność na korozję					

Wyposażenie stanowiska pracy:

- arkusz ćwiczeniowy.

4.1.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

- | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 1) określić, zasady doboru materiałów na różne części maszyn? | Tak | Nie |
| 2) określić kryteria stosowane przy doborze materiałów na części maszyn urządzeń i systemów mechatronicznych? | ☐ | ☐ |
| 3) określić zasady bezpiecznej pracy obowiązujące w pracowni projektowania? | ☐ | ☐ |

4.2. Właściwości metali i ich stopów

4.2.1. Materiał nauczania

Dobór materiału do elementu urządzenia polega na uwzględnieniu jego cech, aby zostały spełnione wymagania eksploatacyjne. Cechy materiałów, czyli jego właściwości dzielimy na: chemiczne, fizyczne (mechaniczne, termiczne, termoizolacyjne, termodynamiczne i dynamiczne, optyczne, elektryczne i magnetyczne i wiele innych) technologiczne (plastyczność, skrawalność, leżność) i eksploatacyjne.

Właściwości mechaniczne to cechy, które decydują o odporności materiałów na działanie różnych obciążeń. Pozwalają one określić zakres obciążeń, jaki można zastosować dla określonego materiału, porównać właściwości różnych materiałów lub dokonać oceny jakościowej materiału w warunkach przemysłowych i laboratoryjnych. Określaniem wartości parametrów opisujących właściwości mechaniczne materiałów konstrukcyjnych zajmuje się materiałoznawstwo. Najczęściej uwzględnia się następujące właściwości mechaniczne: wytrzymałość na rozciąganie, ściskanie, zginanie, skręcanie, twardość, uderzalność.

Wyniki badań właściwości wytrzymałościowych materiałów, obok ich trwałości, możliwości zastosowania, ochrony środowiska oraz czynnika ekonomicznego stanowią podstawowe kryterium doboru materiałów na części urządzeń i systemów mechatronicznych. Wyniki te są niezbędne dla konstruktorów i użytkowników.

Wartości parametrów opisujących właściwości wytrzymałościowe dla określonego gatunku materiału, na przykład stali, znajdują się w normach, poradnikach i w dokumentacji technologicznej dotyczącej wyrobu. Wartości te przyjmujemy do obliczeń wytrzymałościowych. W wielu przypadkach dokonuje się oceny, czy otrzymany materiał spełnia wymagania normy, przeprowadzając badania ściśle określone normami.

Pomiar twardości jest szeroko rozpowszechniony w praktyce, co wynika z prostoty i szybkości wykonywania pomiaru oraz występowania zależności między twardością a innymi właściwościami dla stali, w określonych granicach zawartości węgla. Do pomiaru twardości stosuje się najczęściej próby:

- statyczne, polegające na wgnięciu wgłębnika (penetratora) w dany materiał z siłą zapewniającą uzyskanie trwałego odcisku (metody: Brinella, Rockwella, Vickersa) różniące się między sobą rodzajem wgłębnika i sposobem wykonania pomiaru,
- dynamiczne, podczas których opór materiału jest wywołany działaniem obciążenia uderowego (metoda Shore'a lub Poldiego).

Dobór metody zależy od rodzaju badanego materiału i jego twardości.

Właściwości wytrzymałościowe i twardość bada się w warunkach statycznych, gdy siła działa powoli, od zera do maksymalnej wartości.

Materiały przeznaczone na części urządzeń pracujące pod zmieniającym się gwałtownie obciążeniem muszą być badane w podobnych warunkach. Wymaganie to spełnia **próba uderzalności**, której wykonanie polega na łamaniu (zginaniu uderowym) próbki jednokrotnym uderzeniem młota wahadłowego.

Ponieważ istnieje konieczność porównywania właściwości różnych materiałów, badania ich muszą być wykonywane metodami ściśle określonymi normami.

Od 2002 roku wprowadzono normy PN-EN badania twardości, które wprowadzają między innymi zmiany oznaczenia twardości Brinella.

4.2.2. Pytania sprawdzające

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

1. Na czym polega dobór materiałów do produkcji różnych części urządzeń?
2. Jaką właściwość aluminium wykorzystasz do obliczenia masy płyty aluminiowej o określonej objętości?
3. Co to są właściwości mechaniczne?
4. Gdzie znajdziesz wartości właściwości wytrzymałościowych dla określonego gatunku materiału?
5. Czy właściwości wytrzymałościowe materiału zależą od warunków zewnętrznych?
6. Jaki jest cel dokonywania badań parametrów wytrzymałościowych, jeśli ich wartości możemy znaleźć w normach i poradnikach?
7. Jakie dodatkowe kryterium, oprócz właściwości wytrzymałościowych, będziesz uwzględniał podczas doboru materiałów na części maszyn i urządzeń pracujących w warunkach zmieniających się gwałtownie obciążeń?

4.2.3 Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Podaj przykłady właściwości materiałów technicznych.

Sposób wykonania ćwiczenia.

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś

- 1) na podstawie tekstów z Poradnika Mechanika uzupełnić tabelę 2.

Tabela 2. Właściwości materiałów (do ćwiczenia 1)

Lp.	Rodzaj właściwości	Przykłady właściwości
1	fizyczne	
2	chemiczne	
3	mechaniczne	
4	technologiczne	

Wyposażenie stanowiska pracy:

- Mały Poradnik Mechanika,
- arkusz ćwiczeniowy.

Ćwiczenie 2

Przeprowadź pomiar twardości metodą Brinella.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z informacjami w Poradniku Mechanika i w normie dotyczącymi metody Brinella,
- 2) uważnie obserwować czynności nauczyciela podczas pokazu wykonania pomiaru,
- 3) przygotować stanowisko do badań: zamocować odpowiednią kulkę i ustalić wymagany nacisk, położyć próbkę na stoliku,
- 4) wykonać próbę zgodnie z normą (instrukcją obsługi używanego twardościomierza),
- 5) odczytać wynik badania,
- 6) zwolnić i zdjąć próbkę,

- 7) pełny zapis zamieścić w tabeli pomiarów,
- 8) wyszukać w odpowiedniej tablicy zawartej w normie PN-93/H-84019 wartość twardości dla badanej stali i wpisać ją do tabeli,
- 9) powtórzyć badanie dla pozostałych próbek i dokonać odpowiednie wpisy do tabeli,
- 10) w rubryce uwagi dokonać wpisy dotyczące ewentualnych niezgodnościach z PN i dla tych materiałów wykonać pomiar powtórnie,
- 11) uporządkować stanowisko badań.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- próbki stali,
- twardościomierz Brinella z wyposażeniem – PN-EN ISO 6506: 2002 Metale - Pomiar twardości sposobem Brinella – część 1 Metoda badań,
- instrukcja obsługi używanego do badań twardościomierza,
- arkusz ćwiczeniowy,
- Poradnik dla Ucznia,
- Mały Poradnik Mechanika,

Ćwiczenie 3

Przeprowadź pomiar twardości metodą Rockwella.

Sposób wykonania ćwiczenia.

Aby wykonać ćwiczenie, powinien:

- 1) zapoznać się z informacjami w Poradniku Mechanika i w normie o metodzie Brinella,
- 2) uważnie obserwować czynności nauczyciela podczas pokazu wykonania pomiaru,
- 3) przygotować stanowisko do badań: wybrać skalę lub w zależności od rodzaju badanej stali, zamocować w trzpieniu twardościomierza stożek diamentowy lub kulkę i założyć odpowiednie obciążniki, w czasie wykonywania próby unikać wstrząsów,
- 4) ustawić badaną próbkę na odpowiednim stoliku,
- 5) doprowadzić poprzez pokręcanie kółkiem do zetknięcia próbki z wgłębniakiem,
- 6) w dalszym ciągu pokręcać kółkiem do ustawienia małej wskazówki na punkcie 4 małej skali lub innego wskazania ustalonego dla danego twardościomierza, (w przypadku przekroczenia tej wartości, należy pomiar przeprowadzić powtórnie, obniżając stół i zmieniając położenie próbki),
- 7) wyzerować czujnik zegarowy przez pokręcanie jego tarczą, nastawić tarczę czujnika tak, aby jego wskazówka pokrywała się z działką zerową wybranej skali,.
- 8) zwolnić dźwignię obciążenia głównego,
- 9) po 2-3 sekundach odczytać twardość na czujniku,
- 10) wykonać jeszcze dwa pomiary dla danej próbki, przy czym odległość środków sąsiednich odcisków i odległości ich od brzegu próbki powinna wynosić, co najmniej 3 mm,
- 11) wpisać odczytane wartości do tabeli pomiarów, za ostateczny wynik przyjąć średnią z trzech pomiarów.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- twardościomierz typu Rockwella z wyposażeniem,
- płytka wzorcowa twardości,
- próbka stali do badań,
- Mały Poradnik Mechanika,
- PN-EN ISO 6508-1:2002 Metale - Pomiar twardości sposobem Rockwella – Część 1: Metoda badań (skala A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T),

- instrukcja obsługi używanego do badań twardościomierza,
- arkusz ćwiczeniowy,
- poradnik dla ucznia.

Ćwiczenie 4

Przeprowadź pomiar twardości metodą Vickersa.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z informacjami w Małym Poradniku Mechanika i w normie dotyczącymi metody Vickersa,
- 2) uważnie obserwować czynności nauczyciela podczas pokazu wykonania pomiaru,
- 3) przygotować stanowisko do badań: odchylić obiektyw zabezpieczając go zapadką, wybrać za pomocą przycisków obciążenie, na trzpień pomiarowy nałożyć końcówkę z diamentowym ostrzem,
- 4) badaną próbkę umieścić na stoliku tak, aby wierzchołek wgłębnika znalazł się na wysokości 0,3-0,5 mm nad badaną powierzchnią,
- 5) zwolnić zapadkę powodując powolne zagłębienie się wgłębnika w badany materiał,
- 6) po 12-15 sekundach (zakończenie pomiaru sygnalizowane jest przez sygnał świetlny i podniesienie się wgłębnika) zwolnić obciążenie, podnieść i przesunąć wgłębnik,
- 7) opuścić stół, przesunąć obiektyw w położenie pomiarowe,
- 8) zmierzyć długość przekątnej,
- 9) obrócić okular o 90° i zmierzyć drugą przekątną (powinny być równe),
- 10) odczytać twardość HV z tablic,
- 11) wpisać wynik do tabeli,
- 12) powtórzyć pomiar dla kolejnych próbek.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- twardościomierz Vickersa z wyposażeniem,
- próbki stali do badań,
- PN-EN ISO 6507-1:1999 Metale - Pomiar twardości sposobem Vickersa,
- Poradnik dla Ucznia,
- Mały Poradnik Mechanika
- arkusz ćwiczeniowy.

Ćwiczenie 5.

Określ metody pomiaru twardości podanych stopów.

- | | |
|---------------------------------|-------------------------|
| 1. () żeliwa | a. metoda Vickersa |
| 2. () stal hartowana | b. metoda Rockwella HRB |
| 3. () stopy miedzi | c. metoda Rockwella HRC |
| 4. () blacha o grubości 0,1 mm | d. metoda Brinella |

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) w oparciu o treści z Małego Poradnika Mechanika wpisać w nawiasy litery odpowiadające dobranym metodom pomiaru.

- Wyposażenie stanowiska pracy:
- Mały Poradnik Mechanika,
 - arkusz ćwiczeniowy.

Ćwiczenie 6.

Zbadaj udarność stali sposobem Charpy'ego,

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) zapoznać się z informacjami w Małym Poradniku Mechanika i w normach o próbie udarności sposobem Charpy'ego,
- 2) zapoznać się z informacjami zawartymi w podręczniku i w normach o próbie udarności,
- 3) uważnie obserwować czynności nauczyciela przy pokazie wykonania pomiaru
- 4) odczytać temperaturę otoczenia,
- 5) sprawdzić młot: po swobodnym opuszczeniu wahadła młota z położenia wyjściowego i wykonaniu przez wahadło jednego wachnięcia, wskazówka powinna pokazywać na podziałce zero,
- 6) podnieść młot do położenia wyjściowego,
- 7) ułożyć próbkę na podporach młota zgodnie z wymaganiami normy (punkt 7.1),
- 8) opuścić młot i po uderzeniu i złamaniu próbki odczytać wartość pracy uderzenia zużytej na złamanie próbki,
- 9) sporządzić protokół badania zgodne z normą (punkt 8) pomijając punkty c,d,

Wyposażenie stanowiska pracy:

- młot Charpy'ego,
- Mały Poradnik Mechanika,
- normy,
- próbki stalowe do badań,
- mikrometr lub inny przyrząd pomiarowy do mierzenia z dokładnością do 0,05mm,
- termometr do mierzenia temperatury otoczenia,
- arkusz ćwiczeniowy.

4.2.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

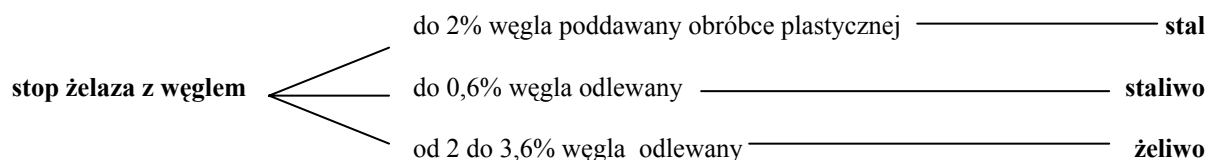
	Tak	Nie
1) wymienić najczęściej wykonywane rodzaje badań właściwości mechanicznych?	☐	☐
2) określić pojęcie wytrzymałości na rozciąganie?	☐	☐
3) wyjaśnić, różnicę między badaniami statycznymi a dynamicznymi właściwości wytrzymałościowych?	☐	☐
4) wyjaśnić, dlaczego pomiar twardości jest wykonywany kilkoma metodami?	☐	☐
5) określić, na czym polega pomiar twardości metodą Brinella?	☐	☐
6) przygotować stanowisko do badań i zmierzyć twardość metodą Brinella?	☐	☐
7) określić, na czym polega pomiar twardości metodą Rockwella?	☐	☐
8) przygotować stanowisko do badań i zmierzyć twardość metodą Rockwella?	☐	☐
9) określić, na czym polega pomiar twardości metodą Vickersa?	☐	☐
10) przygotować stanowisko do badań i zmierzyć twardość metodą Vickersa?	☐	☐
11) określić, na czym polega próba udarności?	☐	☐
12) przygotować stanowisko do badań i wykonać próbę udarności?	☐	☐

4.3. Stopy żelaza

4.3.1. Materiał nauczania

Stopy żelaza z węglem, stale, staliwa i żeliwa (rys.1), należą do najczęściej stosowanych materiałów konstrukcyjnych. Ich właściwości zmieniające się w szerokim zakresie w zależności od składu chemicznego (rys.2) i technologii wytwarzania wyrobu. Stale i staliwa wyróżniają się złożonym składem chemicznym, wpływającym na ich właściwości użytkowe.

Na właściwości żeliw obok składu chemicznego duży wpływ mają warunki krzepnięcia.



Rys.1. Stopy żelaza z węglem.

Ze względu na bardzo dużą ilość stopów żelaza z węglem dla ułatwienia rozpoznawania materiału stosuje się oznaczenia umożliwiające szybkie odszukanie w normach, katalogach wyrobów i kartach materiałowych oraz identyfikację właściwości.

W związku z nieukończonym procesem dostosowywania polskich norm do systemu europejskiego (PN-EN) w poradnikach, kartach materiałowych, podręcznikach, powszechnie podawane są oznaczenia według PN, które zostaną całkowicie wycofane wraz z konsekwentnym wprowadzaniem systemu norm europejskich PN-EN. W Małym poradniku mechanika, z którego prawdopodobnie korzystasz w czasie ćwiczeń jest klasyfikacja obowiązująca do 2002 roku. Podczas doboru stali w ćwiczeniach (z wyjątkiem ćwiczeń, w których zaznaczono konieczność korzystania z PN-EN) możesz korzystać z danych obowiązujących do 2002.

Tabela 3. Składniki symbolu głównego znaku wybranych stali oznaczonych według ich zastosowania oraz właściwości mechanicznych. [1, s. 532]

Stale lub produkty ze stali	Składniki symbolu głównego znaku stali (przykłady oznaczeń stali)
Stale konstrukcyjne	S i liczba odpowiadająca minimalnej granicy plastyczności w MPa (S235)
Stale maszynowe	E i liczba odpowiadająca minimalnej granicy plastyczności w MPa (E295)
Stale na urządzenia ciśnieniowe	P i liczba odpowiadająca minimalnej granicy plastyczności w MPa (P460)
Stale na rury przewodowe	L i liczba odpowiadająca minimalnej granicy plastyczności w MPa (L360)
Produkty płaskie walcowane na zimno ze stali o podwyższonej wytrzymałości przeznaczonych do kształtowania na zimno	H i liczba odpowiadająca minimalnej granicy plastyczności w MPa lub HT i liczba odpowiadająca minimalnej wytrzymałości na rozciąganie w MPa (H420)
Produkty płaskie ze stali miękkich przeznaczone do kształtowania na zimno (z wyjątkiem stali z grupy H)	DC dla produktów walcowanych na zimno, lub DD dla produktów walcowanych na gorąco, lub DX dla produktów bez wymaganego sposobu walcowania i dwa symbole cyfrowe lub literowe charakteryzujące stal (DC03)
Produkty (blacha i taśma) walcowni blachy ocynowanej	TH i liczba odpowiadająca nominalnej twardości HR30Tm dla produktów o jednokrotnie zredukowanej grubości T i liczba odpowiadająca nominalnej granicy plastyczności w MPa dla produktów o dwukrotnie zredukowanej grubości (TH52, T660)
Stale elektrotechniczne	M i liczba odpowiadająca 100-krotnej maksymalnej stratności w W/kg, kreska pozioma, liczba odpowiadająca 100-krotnej grubości produktu w mm oraz litera (A, D, E, N, S lub P) oznaczająca rodzaj blachy lub taśmy (M430-50D)

- Oznaczanie stali zgodnie z normami europejskimi obowiązują dwa systemy znakowania stali:
- **znakowy** (wg PN-EN 10027-1:1994); **znak stali składa się z symboli literowych i cyfr,**
 - **cyfrowy** (wg PN-EN 10027-2:1994); **znak stali składa się tylko z cyfr.**

Każdy gatunek stali ma nadany znak i numer (tabela 3), identyfikujący tylko jeden materiał. Symbole w znaku są tak dobrane, że wskazują na jej główne cechy (na zastosowanie, właściwości mechaniczne lub fizyczne, albo skład chemiczny), co ułatwia przybliżoną identyfikację gatunku stali (tabela 4). Numer stali, który można podawać zamiast znaku, jest łatwiejszy do elektronicznego przetwarzania danych, gdyż składa się tylko z pięciu cyfr.

Znaki stali dzielą się na dwie główne grupy:

- znaki z symbolami wskazującymi na zastosowanie oraz właściwości mechaniczne lub fizyczne stali,
- znaki z symbolami wskazującymi na skład chemiczny stali (tabela 4).

Podstawę klasyfikacji stali stanowią najczęściej jej skład chemiczny i zastosowanie. Ze względu na skład chemiczny stale dzieli się na niestopowe (tabele 6, 7, 8,) i stopowe, w których zawartość pierwiastków stopowych określają wymagania odpowiednich norm. Podział stali w Poradniku dla ucznia przedstawiono zgodnie z normą PN-EN 10020:2003. Obecnie, w Polsce stosuje się przejściowo także inne zasady podziału stali (PN oraz PN-ISO).

Tabela 4. Składniki symbolu głównego znaku wybranych stali oznaczonych według ich składu chemicznego [3, s. 533].

Grupa stali	Składniki symbolu głównego znaku stali (przykłady oznaczeń)
Stale niestopowe (bez stali automatowych) o średnim stężeniu Mn <1%	C i liczba oznaczająca średnie stężenie węgla w stali w setnych częściach % (C35)
Stale niestopowe o średnim stężeniu Mn ≥1%, stale niestopowe automatowe i stale stopowe (bez szybkołącznych) o stężeniu każdego pierwiastka stopowego <5%	liczba oznaczająca średnie stężenie węgla w setnych częściach %, symbole chemiczne pierwiastków stopowych i na końcu liczby (rozdzielone kreskami), podające średnie stężenie głównych pierwiastków stopowych (w %) pomnożone przez odpowiedni współczynnik (4 – dla Cr, Co, Mn, Ni, Si, W; 10 – dla Al, Be, Cu, Mo, Nb, Pb, Ta, Ti, V, Zr; 100 – dla Ce, N, P, S; 1000 dla B); (33MnCrB5-2)
Stale stopowe (bez szybkołącznych) o stężeniu przynajmniej jednego pierwiastka stopowego <5%	X, liczba oznaczająca średnie stężenie węgla w stali w setnych częściach %, symbole chemiczne pierwiastków stopowych i na końcu liczby (rozdzielone kreskami) podające stężenie głównych pierwiastków stopowych w % (X8CrNiMoAl15-7-2)
Stale szybkołączne	HS i liczby (rozdzielone kreskami), podające średnie stężenie (w %) pierwiastków w kolejności: W, Mo, V, Co (HS2-9-1-8)

Klasyfikacja stali według składu chemicznego (tabela 4):

- stale niestopowe o niewielkiej zawartości innych pierwiastków określonych normą (tabele 5, 6, 7),
- stale nierdzewne zawierające poniżej 10,5% Cr i poniżej 1,2% C,
- stale stopowe, w których stężenie, co najmniej jednego z pierwiastków jest równe lub większe od wartości granicznej dla stali niestopowych.

Klasyfikacja stali według ich własności:

- odporne na korozję,
- żaroodporne,
- żarowytrzymałe.

W grupie stali **odpornych na korozję** wyróżnia się:

- stale trudno rdzewiejące (przeznaczone do stosowania w temperaturze otoczenia na elementy, od których wymagana jest podwyższona odporność na korozję atmosferyczną, a także w środowisku atmosfery przemysłowej),

- stale odporne na korozję (stosowane na elementy narażone na korozję chemiczną, elektrochemiczną i atmosferyczną – działanie zasad, kwasów, soli i innych agresywnych środków).

Klasyfikacja stali według klas jakości:

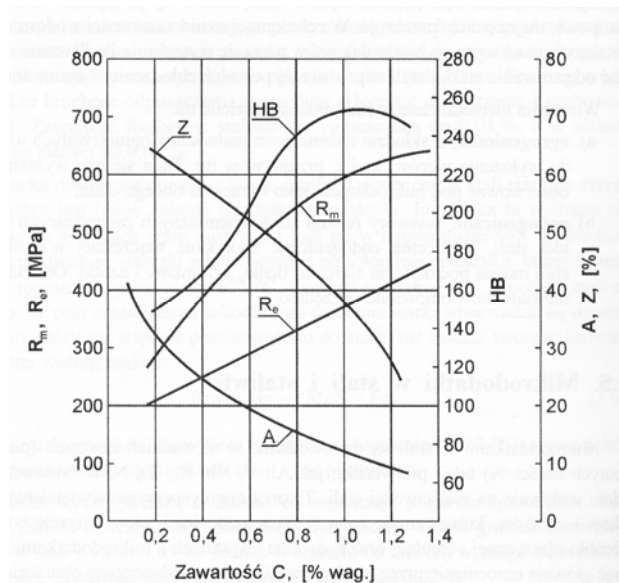
- stale, dla których określone są wymagania dotyczące niektórych właściwości, zalicza się do nich między innymi stale: miękkie na taśmy i blachy, walcowane na gorąco lub zimno, do przeróbki plastycznej na zimno (tłoczone i głęboko tłoczone), automatowe, maszynowe, sprężynowe, elektrotechniczne o określonych wymaganiach dotyczących ich właściwości magnetycznych, na elektrody otulone i drut do spawania,
- stale specjalne charakteryzujące się wyższym stopniem czystości i mniejszym udziałem wtrąceń niemetalicznych niż stale jakościowe. Stale te są zwykle przeznaczone do ulepszania cieplnego lub hartowania powierzchniowego. Są to między innymi stale: narzędziowe, maszynowe do nawęglania, do hartowania powierzchniowego, na elektrody otulone i drut do spawania.

Tabela 5. Zawartość węgla i wybrane właściwości mechaniczne niestopowych stali konstrukcyjnych i maszynowych [PN-EN 10027-1:1994].

Znak stali	max C%	R _m , MPa	R _e , Mpa	A, %	Znak stali	max C%	R _m , MPa	R _e , Mpa	A, %
S185	-	190	185	18	S275JR	0,21	410	275	22
S235JR	0,2	340	235	26	S275J0	0,18			
S235JRG1	0,2				S275J2G3	0,18			
S235JRG2	0,17				S275J2G4	0,18			
S235J0	0,17	470	295	20	S355JR	0,24	490	355	22
S235J2G3	0,17				S355J0	0,2			
S235J2G4	0,17				S355J2G3	0,2			
E295	-				S355J2G4	0,2			
E335	-	570	335	16	S355K2G3	0,2	490	355	22
E360	-	670	360	11	S355K2G4	0,2			

Tabela 6. Gatunki i właściwości stali narzędziowych niestopowych [PN-EN ISO 4957:2003]

Znak stali	Średnie stężenie pierwiastków ¹⁾ , %			Twardość		Temperatura, °C	
	C	Mn	Si	po wyżarzaniu HB	Po hartowaniu i odpuszczaniu, HRC	hartowania	odpuszczania
C45U	0,45	0,7	0,28	≤207 ²⁾	≥54	810	180
C70U	0,7	0,25	0,2	≤183	≥57	800	
C80U	0,8	0,25	0,2	≤192	≥58	790	
C90U	0,9	0,25	0,2	≤207	≥60	780	
C105U	1,25	0,25	0,2	≤212	≥61	780	
C120U	1,2	0,25	0,2	≤217	≥62	770	
- ¹⁾ P <0.03, S <0.03					²⁾ W stanie surowym		



Rys. 2. Wpływ zawartości węgla na właściwości stali. [3, s. 36]

Klasyfikacja stali stopowych według jakości, właściwości i zastosowania

Stale jakościowe, są to między innymi:

- stale konstrukcyjne drobnoziarniste, o ograniczonej minimalnej granicy plastyczności i uderności przeznaczone na zbiorniki i rurociągi pracujące pod ciśnieniem,
- stale elektrotechniczne,
- stale z miedzią jako jedynym składnikiem stopowym.

Tabela 7. Orientacyjny skład chemiczny, warunki obróbki cieplnej oraz niektóre właściwości mechaniczne stali niestopowych do ulepszania cieplnego (jakościowych Cxx oraz specjalnych CxxE i CxxR) [1, s. 540]

Znak stali	C%	Temperatura, °C / sposób chłodzenia*			Minimalne właściwości mechaniczne		
		hartowania	odpuszczania	normalizowania	R _m , MPa	R _e , MPa	A, %
C22 C22E C22R	0,17÷0,24	860÷900/w	550÷660	880÷920	410	210	25
C25 C25E C25R	0,22÷0,29				440	230	23
C30 C30E C30R	0,27÷0,34	850÷890/w		870÷910	480	250	21
C35 C35E C35R	0,32÷0,39	840÷880/w,o		860÷900	520	270	19
C40 C40E C40R	0,37÷0,44	830÷870/w,o		850÷890	550	290	17
C45 C45E C45R	0,42÷0,5	820÷860/w,o		840÷880	580	305	16
C50 C50E C50R	0,47÷0,55	810÷850/o,w		860÷870	610	320	14
C55 C55E C55R	0,52÷0,6	805÷845/o,w		825÷865	640	330	12
C60 C60E C60R	0,57÷0,65	800÷840/o,w		820÷860	670	640	11
28Mn6	0,25÷0,32	830÷870/w,o	540÷680	850÷890	600	310	18

* - w, o – chłodzenie odpowiednie w wodzie lub oleju

Stale specjalne, wszystkie nie ujęte w klasie stali stopowych jakościowych lub stali nierdzewnych, między innymi:

- stale maszynowe (do budowy maszyn),
- stale na urządzenia ciśnieniowe,
- stale konstrukcyjne,
- stale szybko tnące,
- stale narzędziowe stopowe do pracy na zimno,
- stale narzędziowe stopowe do pracy na gorąco,
- stale na łożyska toczne (tabela 8),
- stale o szczególnych właściwościach fizycznych.

Tabela 8. Wybrane stale na łożyska toczne [PN-EN ISO 683-17:2002U]

Grupa stali na elementy łożysk tocznych	Znak stali	Stężenie pierwiastków ¹⁾ , %				
		C	Si	Mn	Cr	Mo
Do hartowania powierzchniowego	C56E2	0,56	≤0,4	0,8	-	-
	56Mn4	0,56		1,1,	-	-
	70Mn4	0,7		1	-	-
	43CrMo4	0,43		0,8	1,05	0,23
Odporne na korozję, wysokochromowe	X47Cr14	0,47	≤1	≤1	13,5	-
	X56Cr14	0,65			13,5	≤0,75
	X1089CrMo17	1,08			17	0,6
	X89CrMoV18-1	0,89			18	1,1

Staliwa niestopowe

Staliwa niestopowe (węglowe) klasyfikuje się na dwie grupy podlegające odpowiednio odbiorowi:

- na podstawie właściwości mechanicznych,
- na podstawie właściwości mechanicznych oraz składu chemicznego.

Tabela 9. Skład chemiczny i właściwości mechaniczne staliw niestopowych konstrukcyjnych [PN-ISO 3755:1994]

Znak staliwa ¹⁾	Maksymalne stężenie głównych pierwiastków ²⁾ , %			Minimalne właściwości mechaniczne				
	C	Mn	Si	R _e (R _{p0,2}), MPa	R _m , MPa	A, %	Z, %	KV ³⁾ , J
200-400W	0,25	1	0,6	200	400	25	40	45
230-450W		1,2		230	450	22	31	45
270-480W		1,2		270	480	18	25	22
340-550W		1,5		340	550	15	21	20

¹⁾ W – odbiór staliwa na podstawie składu chemicznego i własności mechanicznych.

²⁾ P ≤ 0,035, S ≤ 0,035, Ni ≤ 0,4, Cr ≤ 0,35, Cu ≤ 0,4, Mo ≤ 0,15, V ≤ 0,05, Ni + Cr + Cu + Mo + V ≤ 1

³⁾ Dla gatunków 200-400 i 230-450, minimalna praca łamania wynosi odpowiednio 30 J i 25 J.

Skład chemiczny staliw zestawiono w tabeli 9. Znak staliwa składa się z dwóch liczb określających wyrażone w MPa wartości: minimalnej granicy plastyczności R_e oraz minimalnej wytrzymałości na rozciąganie R_m (200-400), po których, w przypadku staliw węglowych podlegających odbiorowi także na podstawie składu chemicznego, umieszczona jest litera W (270-480W).

Oznaczenie staliwa stopowego odpornego na korozję składa się z litery G, po której dalsze składniki symbolu są identyczne z oznaczeniami stali stopowych: GX12Cr12.

Klasyfikacja żeliwa szarego niestopowego

Żeliwo szare niestopowe (węglowe) można podzielić na trzy grupy (tabela 10):

- żeliwo szare zwykłe,
- żeliwo modyfikowane,
- żeliwo sferoidalne.

Żeliwo szare klasyfikuje się w dwóch grupach: według wytrzymałości na rozciąganie lub według twardości. Oznacza się je literami EN-GJL, następnie po znaku pauzy liczbą, odpowiadającą minimalnej wytrzymałości na rozciąganie w MPa próbek z oddzielnie odlewanych wlewków próbnych, lub (w drugiej grupie) po znaku pauzy literami HB i liczbą, odpowiadającą maksymalnej wartości twardości Brinella.

Tabela 10. Klasyfikacja żeliwa szarego [PN-EN 1561:2000]

Znak żeliwa	Wytrzymałość na rozciąganie, R_m , Mpa	Znak żeliwa	Twardość, HB
EN-GJL-100	100÷200	EN-GJL-HB155	≤155
EN-GJL-150	150÷250	EN-GJL-HB175	100÷175
EN-GJL-200	200÷300	EN-GJL-HB195	120÷195
EN-GJL-250	250÷350	EN-GJL-HB215	145÷215
EN-GJL-300	300÷350	EN-GJL-HB235	165÷235
EN-GJL-350	350÷450	EN-GJL-HB255	185÷255

Dobór materiałów do elementów maszyn i urządzeń oparty jest o informacje zawarte w Polskich Normach, które zawierają następujące dane: znak określonego gatunku stali, jej skład chemiczny, właściwości wytrzymałościowe i zastosowanie oraz dla niektórych stopów informacje dotyczące parametrów obróbki cieplnej, orientacyjne właściwości technologiczne, warunki pracy. Po podjęciu decyzji, z jakiej grupy materiałów będzie wykonany wyrób (stopu żelaza, stopu metali kolorowych, tworzywa sztucznego lub drewna) zaczynamy dobór gatunku materiału. Dobór ten zaczynamy od wyszukania w PN zastosowania różnych stopów, jeśli znajdziemy określony element, na przykład śrubę, możemy wykonać ją z tego materiału. Możemy, pod warunkiem, że nie będzie ona pracowała:

- w dużych obciążeniach (wtedy należy wykonać obliczenia wytrzymałościowe, które pozwolą określić R_m i dobrać materiał z norm lub z katalogów materiałowych),
- w agresywnej atmosferze (konieczność poszukania odpowiedniej stali kwasoodpornej),
- w innych specjalnych warunkach (wysoka temperatura, niska temperatura, woda morska i inne), które wymagają zastosowania odpowiednich materiałów.

Można także skorzystać z doświadczenia firm, które produkują podobny do wyrób i po analizie właściwości eksploatacyjnych, kosztów i innych czynników stanowiących kryteria wyboru materiału zastosować taki sam materiał lub zamiennik wyszukany w kartach materiałowych (jeżeli nie istnieje zastrzeżenie patentowe).

4.3.2. Pytania sprawdzające

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

1. Jakie czynniki wpływają na właściwości stopów żelaza z węglem?
2. Jakie znasz stopy żelaza z węglem?
3. W jaki sposób wzrost zawartości węgla wpływa na właściwości wytrzymałościowe stali?
4. Jaka jest nazwa następujących materiałów: S185, E295, C22R, C45U, X47Cr14, 200-400W, EN-GJL-10.
5. Na czym polega najprostszy sposób doboru materiałów na części maszyn i urządzeń?

4.3.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Określ znaki różnych rodzajów stali.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) wpisać w tabeli 11 znak wybranej stali określonego rodzaju.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- arkusz ćwiczeniowy,

- PN-EN 10020:2003,
- PN-EN 10027-2:1994,
- PN-EN 10027-1:1994.

Tabela 11. Znaki stali (do ćwiczenia 1).

Lp.	Rodzaj stali	Znak stali
1	stopowa	
2	szybkotnąca	
3	narzędziowa niestopowa	
4	niestopowa do ulepszania cieplnego specjalna	
5	niestopowa do ulepszania cieplnego jakościowa	
6	niestopowa maszynowa	
7	niestopowa konstrukcyjna	
8	staliwo niestopowe konstrukcyjne	

Ćwiczenie 2

Dobierz materiał do wykonania zwilżanych elementów manometru cyfrowego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) podkreślić w wykazie dobrany materiał.

Materiał używany do wykonania elementów zwilżanych manometru cyfrowego to:

- stal narzędziowa,
- staliwo niestopowe,
- żeliwo,
- stal szybkotnąca,
- stal odporna na korozję.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- arkusz ćwiczeniowy,
- Mały poradnik mechanika,
- manometr cyfrowy.

Ćwiczenie 3

Dobierz gatunek stali do elementów maszyn i urządzeń .

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) dobrać gatunki stali do wymienionych w kolumnie I elementów maszyn i narzędzi,
 - 2) wpisać w nawiasy litery odpowiadające dobranemu gatunkowi stali.
- | | |
|------------------------|--------------|
| 1. () gwoździe, śruby | A - C60E |
| 2. () wały, osie | B - C22R |
| 3. () manometry | C - C120U |
| 4. () pilniki | D - X30Cr13 |
| | E - S235JRG1 |

Wyposażenie stanowiska pracy:

- arkusz ćwiczeniowy
- Poradnik dla Ucznia.

Ćwiczenie 4

Określ właściwości stopów żelaza.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) do charakterystyki żeliw, posługując się Małym Poradnikiem Mechanika, przyporządkować gatunki żeliw: a - żeliwo szare, b - żeliwo białe, c - żeliwo stopowe, d - żeliwo ciągliwe, e - sferoidalne,
- 2) wpisać w nawiasy litery odpowiadające przyporządkowanym gatunkom.
 1. () Nie nadaje się na części konstrukcyjne, jest twarde, kruche i trudne do obróbki mechanicznej.
 2. () Otrzymywane jest przez dodanie do ciekłego żeliwa stopów magnezu, a następnie modyfikowane żelazo-krzemem.
 3. () Odznacza się dobrymi właściwościami odlewniczymi, dużą wytrzymałością na ścieranie i małą udurowieniem.
 4. () Otrzymywane jest przez długotrwałe wyżarzanie odlewów z żeliwa białego, w wyniku, czego następuje rozpad cementytu na grafit i żelazo. Odznacza się dobrymi właściwościami mechanicznymi i dobrą plastycznością, stosowane jest na drobne części maszyn i urządzeń.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- arkusz ćwiczeniowy,
- Mały Poradnik Mechanika.

Ćwiczenie 5

Określ właściwości stopów żelaza.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) uszeregować podane gatunki stali wg wzrastającej zawartości węgla
- 2) wpisać w nawiasy litery odpowiadające wytrzymałości po ulepszeniu cieplnym danego gatunku stali:

1. () C22R	5. () C60E	a – 500 MPa	e – 700 MPa
2. () C30	6. () C50	b – 850 MPa	f – 630 MPa
3. () C40	7. () C55R	c – 800 MPa	g – 550 MPa
4. () C45	8. () C25	d – 600 MPa	h – 650 MPa

Wyposażenie stanowiska pracy:

- Mały Poradnik Mechanika,
- arkusz ćwiczeniowy.

Ćwiczenie 6

Ustal właściwości i zastosowanie następujących gatunków stali: C120U, C40, S235J0, C80U, C70U, X56Cr14, E295.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś

- 1) wypełnić tabelę w arkuszu ćwiczeniowym.

Wyposażenie stanowiska pracy:

PN-EN 10020:2003 PN-EN 10027-2:1994 PN-EN 10027-1:1994,

- arkusz ćwiczeniowy,
- Mały Poradnik Mechanika,

Ćwiczenie 7

Określ wpływ domieszek na właściwości stali.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) posługując się Małym Poradnikiem Mechanika, przyporządkować domieszki zwykłej stali, wymienione w kolumnie I,
- 2) wpisać w nawiasy litery odpowiadające wpływowi domieszek na właściwości stali.
 1. () siarka a. odtlenia stal
 2. () fosfor b. powoduje kruchość na gorąco
 3. () węgiel c. powoduje kruchość na zimno
 4. () krzem d. zwiększa twardość
e. zwiększa wytrzymałość stalowych wyrobów walcowanych na gorąco

Wyposażenie stanowiska pracy:

- Mały Poradnik Mechanika,
- arkusz ćwiczeniowy.

4.3.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) sklasyfikować stopy żelaza z węglem?	☐	☐
2) określić, na czym polega różnica między stalą a staliwem?	☐	☐
3) wskazać na różnice istniejące między stalą a żeliwem?	☐	☐
4) określić właściwości różnych rodzajów żeliw?	☐	☐
5) ustalić właściwości stopów żelaza z węglem, w zależności od zawartości węgla?	☐	☐
6) sklasyfikować stale wg PN-EN?	☐	☐
7) określić gatunek stopu żelaza z węglem oznaczonego znakiem: S185?	☐	☐
8) określić gatunek stopu żelaza z węglem oznaczonego znakiem: E295?	☐	☐
9) określić gatunek stopu żelaza z węglem oznaczonego znakiem: C30?	☐	☐
10) określić gatunek stopu żelaza z węglem oznaczonego znakiem: 33MnCrB5-2?	☐	☐
11) określić gatunek stopu żelaza z węglem oznaczonego znakiem: X8CrNiMoAl15-7-2?	☐	☐
12) określić gatunek stopu żelaza z węglem oznaczonego znakiem: C70U?	☐	☐
13) określić gatunek stopu żelaza z węglem oznaczonego znakiem: 230-450W?	☐	☐
14) określić gatunek stopu żelaza z węglem oznaczonego znakiem: EN-GJL-150?	☐	☐
15) dobrać stopy żelaza z węglem na elementy konstrukcyjne stosowane w urządzeniach i systemach mechatronicznych.?	☐	☐

4.4. Metale nieżelazne i ich stopy

4.4.1. Materiał nauczania

Do metali nieżelaznych stosowanych w budowie maszyn i urządzeń technicznych zalicza się: miedź, nikiel, cynk, cynę, ołów, aluminium, magnez i chrom (tabela 12). Stopy metali nieżelaznych charakteryzują się bardzo zróżnicowanymi właściwościami, dlatego mimo wyższej ceny od stopów żelaza znajdują one szerokie zastosowanie. Materiały na elementy konstrukcyjne stosowane w urządzeniach i systemach mechatronicznych wzbogacają listę podaną w tabeli 12 o srebro, złoto i ich stopy (tabela 13).

Tabela 12. Zastosowanie metali nieżelaznych

Metal	Przykłady zastosowania
Miedź	Główny składnik mosiądzów i brązów. Przewody elektryczne, rury, blachy, nity, części aparatury elektrotechnicznej, chemicznej, miedziowanie.
Nikiel	Dodatek do stali i stopów metali nieżelaznych. Części aparatury chemicznej, niklowanie.
Cynk	Składnik mosiądzów, stopów cynku. Blachy, taśmy, wyroby tłoczone, cynkowanie.
Cyna	Składnik brązów, lutów, stopów łożyskowych. Pobielenie.
Ołów	Główny składnik stopów lekkich i łożyskowych. Części aparatury chemicznej, pokrycie kabli elektrycznych, akumulatory.
Aluminium	Główny składnik stopów lekkich. Części aparatury chemicznej, przewody elektryczne, naczynia,
Magnez	Składnik stopów lekkich.
Chrom	Dodatek stopowy do stali konstrukcyjnych, narzędziowych, nierdzewnych, kwaso i ługoodpornych, żeliwa kwasoodpornego i stopów na opory grzejne. Chromowanie.

Do oznaczania stopów metali nieżelaznych stosuje się znaki, w których są symbole chemiczne pierwiastków wchodzących w skład stopu oraz ewentualnie liczby określające ich zawartość. Stopy metali nieżelaznych podobnie jak stopy żelaza z węglem posiadają nazwy handlowe. Stop:

- miedzi z innymi metalami z wyjątkiem cynku i niklu (nazwa w zależności od głównego pierwiastka stopowego) – brąz cynowy (CuSn10), brąz krzemowy (CuSi3Mn1),
- miedzi z cynkiem – mosiądz (CuZn38Pb2, Cu Zn 30),
- aluminium z miedzią – dural (AlCu4Mg Mn),
- aluminium z manganem – aluman (AlMn1),
- aluminium z magnezem i manganem – hydronalium (AlMg2Mn),
- miedzi z niklem: miedzionikiel (Ni do 30%), nikielina (Cu Ni19, 40% N), konstantan (CuNi40Mn1),
- aluminium z magnezem, krzemem i manganem – anticorodal (AlMgSiMn),
- aluminium z magnezem i krzemem – aldrey (AlMgSi),
- nikiel z żelazem (do 20%) i molibdenem (do 25%) – hastelloy (Ni Fe30Cr21 Mo3).

Najczęściej stosowane stopy cyny i ołowiu to **stopy łożyskowe**, stosowane do wylewania panewek łożysk ślizgowych w: samochodach, wagonach, sprężarkach i innych maszynach. Stopy te mają miękką i plastyczną ośnoję z cząstkami nośnymi twardych faz zapewniających dużą odporność na ścieranie.

Ważnym metalem, choć stosowanym w ograniczonym stopniu jest **nikiel**.

Stopy niklu to:

- rezystancyjne (oporowe) – chromel, alumel, kanthal, nichromy;
- stopy o większej nawet 10x od żelaza przenikalności magnetycznej – **permalloy**;
- odporne na korozję **hastelloy**;
- stopy o niemal stałym współczynniku rozszerzalności liniowej (bardzo ważna cecha pozwalająca na stosowanie złączy metal- ceramika lub metal - szkło w produkcję lamp w elektrotechnice) – **inwar**, **kowar**, **ferniko**;

– żarowytrzymałe – **nimonic i inkonel**.

Metale są przewodnikami prądu elektrycznego, przy czym najlepszą przewodnością charakteryzują się: Ag, Cu, Au, Al.

Tabela 13. Zastosowanie metali szlachetnych w przemyśle (według A.R. Robertsona) [1, s. 794]

Zastosowanie	Specjalne wymagania	Metal lub stop
Urządzenia elektryczne i elektroniczne		
Elektrody korpusu świecy zapłonowej	Odporne na korozję i erozję	PtW4 pokrywany Th, Ir, ODS Pt, Pd-Au
Świeca żarowa / podgrzewacz silnika odrzutowego	Ponowne uruchomienie silnika podczas lotu / podczas zerwania płomienia	Ph-Pt
Doprowadzenia termistorów	Nie utleniają się	Pt i Ag oraz spoiwo
Złącze tranzystorowe	Domieszkowane, niedomieszkowane	Au i domieszkowany stop Ir-Pt
Rezystory i potencjometry	Wysoka rezystywność, niski współczynnik temperaturowy, niska rezystancja zestyku	PtW8, PtMo5, PtRu10, Au-Pd-Fe, stopy dentystyczne
Drut i warstwa rezystancyjna	Wysoka rezystywność, niski współczynnik temperaturowy, niska rezystancja zestyku	Au-Pd-Pt
Elektrody do przewodów ceramicznych	Nie utleniają się, do lutowania miękkiego	Ag lub Pt, ze spoiwem
Elektrody do kondensatorów powietrznych	Odporne na korozję	Ag i Au
Przewody w obwodach drukowanych	Odporne na korozję, odpowiednie do lutowania miękkiego	Ag, Au, Rh, Pd (Ag może prowadzić do zwarcia jonowego)
Zestyki (tj. końcówki/zaciski)	Niska rezystancja zestyku, odpowiednie do lutowania miękkiego	Prądowe lub bezprądowe powłoki Ag, Au, Pd
Połączenia wysokotemperaturowe	Konduktywność, niska rezystancja zestyku, odporność na utlenianie	Bimetal, stałe Ag, Ag-Mg-Ni
Bezpieczniki topikowe	Dobrze przewodzą, odporne na starzenie	Ag-Au
Doprowadzenia od rtęciowych urządzeń stykowych	Nieznaczna rozpuszczalność, nie utleniają się	Pt gdzie jest wymagane nawilżenie, także PtIr10; Ir gdzie nawilżenie jest niepożądane; pokrywany Rh do pierścieni kolektorowych
Wiązanie w urządzeniach próżniowych wymagających próżniowo szczelnych uszczelnień niskopowłokowego uszczelnienia ciśnieniowego	Pożądana niska temperatura topnienia i niska prężność pary	AgCu28, AuCu20, PdNi40, Au-Pd
Aparatura pomiarowa		
Lut twardy dla wolframu	Ciągliwość, niska temperatura topnienia i niska prężność pary	Pt
Sensory do termometrów rezystancyjnych	Stała i znana rezystancja, wysoki współczynnik temperaturowy	Ultraczysta Pt
Termoogniwa	Stabilny pomiar temperatury Do pomiaru ultrawysokiej temperatury w atmosferze beztlenowej Duża siła elektromotoryczna	PtRh10 do Pt, PtRh6 do PtRh30, PtRh13 do Pt, PtRh5 do PtRh20, Au-Pd do Ph-Pt, Au-Pd do Ir-Pt Ir-Rh do Ir, Au-Pd do Rh-Pt, Au-Pd do Au-Pd-Pt
Złącza termoelektryczne	Złącza o niskiej rezystancji z drutami z metali nieszlachetnych	Platynowanie
Zawieszenie galvanometru	Odporne na korozję, wytrzymałość, konduktywność	PdCu40 (powoli chłodzone), 14 k Au, Ag-Cu
Oś galvanometru	Twardy i odporny na korozję	OsRu40
Styki w przełącznikach niskoprądowych	Niska rezystancja zestyku	Powlekany galwanicznie Rh, AuAg25Pt6, Pt, Pd

Pierścienie ślizgowe, szczotki do selsynów	Niska rezystancja zestyku, dobra odporność na ścieranie/zużycie i minimalne tarcie	18 k Au, stopy dentystyczne PdCu40, Ag, powlekane galwanicznie Rh
Sensory do analizatorów gazu	Działanie katalityczne proporcjonalne do zawartości gazu	Pd-Pt, Pt

4.4.2. Pytania sprawdzające

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

1. Dlaczego metale nieżelazne i ich stopy mimo wyższej ceny są często stosowane do wykonywania części maszyn i urządzeń technicznych?
2. W jaki sposób oznacza się stopy metali nieżelaznych?
3. Które stopy odznaczają się wysoką rezystywnością?
4. Jakie jest zastosowanie inwaru, kowaru, ferniko?
5. Jakie właściwości mają stopy hastelloy, nimonic i inkonel?

4.4.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Określ zastosowanie metali nieżelaznych i ich stopów do wykonywania elementów aparatury kontrolno pomiarowej, elementów automatyki i armatury.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) wypisać z katalogu Antikor Controls wszystkie urządzenia, których elementy wykonane są z metali nieżelaznych lub ich stopów,
- 2) podać obok nazwy urządzenia (elementu) nazwę stopu: manometr na bardzo niskie ciśnienia seria 2000 – aluminium, mosiądz.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- arkusz ćwiczeniowy,
- katalog Antikor Controls.

Ćwiczenie 2

Określ właściwości i zastosowanie stopów metali przeznaczonych do wykonania części maszyn i urządzeń w mechatronice.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) w oparciu o dane zawarte w Poradniku dla Ucznia, Małym Poradniku Mechanika i katalogu Antikor Controls uzupełnić tabelę 14.

Tabela 14. Właściwości i zastosowanie stopów metali (do ćwiczenia 2)

Lp.	Znak stopu	Właściwości	Zastosowanie
1	AlMg10		
2	AlMgSi		
3	AgCu28,		
4	PtW8		
5	PtRh10		

6	AuAg25Pt6		
7	PtIr10		
8	CuZn20Al2		
9	CuZn38Pb2		
10	Ni Fe30Cr21 Mo3		

Wyposażenie stanowiska pracy:

- Mały Poradnik Mechanika,
- katalog Antikor Controls,
- arkusz ćwiczeniowy.

Ćwiczenie 3

Dobierz materiał na łożysko ślizgowe obciążone statycznie i dynamicznie : nacisk 9MPa, prędkość obwodowa 4m/s.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) scharakteryzować struktury materiałów posiadających właściwości wymagane od stopów łożyskowych,
- 2) uzasadnić wymagania stawiane stopom łożyskowym,
- 3) dobrać materiał na łożysko obciążone statycznie i dynamicznie : nacisk 9MPa, prędkość obwodowa 4m/s.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- materiały pomocnicze do ćwiczenia,
- Mały Poradnik Mechanika.

4.4.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

- 1) scharakteryzować stopy metali nieżelaznych najczęściej stosowane w budowie maszyn i urządzeń?
- 2) określić sposób znakowania stopów metali nieżelaznych?
- 3) określić właściwości i zastosowanie brązów?
- 4) określić właściwości i zastosowanie mosiądzów?
- 5) określić właściwości i zastosowanie durali?
- 6) scharakteryzować stopy o nazwie: inwar, kowar, ferniko?
- 7) scharakteryzować stopy o nazwie: hastelloy, nimonic i inkonel?
- 8) określić właściwości i zastosowanie stopów o nazwie: chromel, alumeł, kanthal, nichrom?
- 9) określić właściwości i zastosowanie stopu permalloy?
- 10) dobrać materiał na łożysko ślizgowe?

Tak Nie

☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐

4.5 Kompozyty. Super twarde materiały narzędziowe

4.5.1. Materiał nauczania

Kompozyt jest to materiał utworzony sztucznie, z co najmniej dwóch składników, o różnych właściwościach, w taki sposób, że ma on właściwości lepsze i (lub) inne od składników. Kompozyty tworzy się w celu uzyskania ściśle określonych właściwości eksploatacyjnych materiałów. Podstawą do klasyfikacji kompozytów jest ich budowa wewnętrzna.

Tabela 15. Schemat możliwych kombinacji materiałów kompozytowych: metal - M, polimer – P, ceramika - C

Osnowa	Umocnienie		
	METAL	POLIMER	CERAMIKA
METAL	M-M	M - P	M- C
POLIMER	P- M	P - P	P - C
CERAMIKA	C- M	C – P	C -C

Kompozyty warstwowe, wzmacniane włóknami (ciągłymi lub krótkimi) o średnicy od ułamka do kilkuset μm i udziale objętościowym od kilku do 70% oraz siatką, tkaniną lub dzianiną. Kompozyty umacniane cząstkami dyspersyjnymi o wielkości 0,01 do 1 μm i więcej oraz udziale objętościowym przeważnie 2 do 25% zestawione są w (tabeli 16).

Zalety kompozytów polimerowych powodują że są podstawowym materiałem konstrukcyjnym w lotnictwie, przemyśle motoryzacyjnym, okrętowym i chemicznym.

Zastosowanie materiałów kompozytowych:

Ag-CdO – elektryczne materiały stykowe, Pt- ThO₂ – włókna i elementy elektryczne, Al-SiC – materiały na tłoki odlewnicze na tłoki i korbowody silników samochodowych, Co-ThO₂·Y₂O₃ – materiały magnetyczne odporne na pełzanie, W-ThO₂·ZnO₂ elementy karoserii samochodów, elementy mostów, łodzie, narty, osłony i przewody silników odrzutowych, śmigła samolotów, sztuczne kończyny, protezy, zbiorniki na odczynniki chemiczne elementy maszyn, łopaty wirników, ramiona i chwytaki robotów, i inne.

Tabela 16. Charakterystyka i zakres stosowania żywic na osnowę kompozytów [8, s. 95].

Żywica	Charakterystyka	Zastosowanie
epoksydowa	dobre właściwości elektroizolacyjne, odporność chemiczna, duża wytrzymałość	materiały kompozytowe umacniane włóknami i tkaninami, osprzęt elektryczny
melaminowo - formaldehydowa	odporność termiczna, bardzo dobre właściwości, elektroizolacyjne, dobre właściwości cieplne	materiały dekoracyjne, elektrotechniczne, oprzyrządowanie elektryczne
poliestrowa	prostota przetwórstwa, bardzo dobre właściwości izolacyjne, wytrzymałościowe, niska cena	materiały kompozytowe włókniste, łódki i jachty, części samolotów, zbiorniki, rury, osprzęt elektryczny
fenolowa i fenolowo formaldehydowa	dobre właściwości, elektroizolacyjne, niska cena, odporność termiczna i chemiczna, niepalność	laminaty, materiały elektroizolacyjne, oprzyrządowanie elektryczne, materiały na łożyska
silikonowa	wysoka odporność termiczna i chemiczna, dobre właściwości, elektroizolacyjne	materiały stosowane w przemyśle lotniczym i kosmicznym, elektrotechnicznym

4.5.2. Pytania sprawdzające

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

1. Co to są kompozyty?
2. Jakie znasz kombinacje: osnowa - umocnienie w kompozytach.?

3. Jakie materiały stosowane są na osnowę i wzmocnienie?
4. Jakie elementy stosowane w mechatronice wykonane są z kompozytów?
5. Jakie elementy wykonane z kompozytów używane są w budowie maszyn?

4.5.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Określ właściwości i zastosowanie kompozytów.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) określić zastosowanie kompozytów na podstawie żywic przeznaczonych do wykonania elementów urządzeń mechatronicznych,
- 2) uzasadnić twierdzenie, że kompozyty metalowe są lepszym materiałem, konstrukcyjnym niż stopy metali,
- 3) wymienić zasadnicze wady kompozytów,
- 4) podać przykłady wyrobów wykonanych z kompozytów, z jakimi spotkał się w życiu codziennym.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- Mały Poradnik Mechanika,
- arkusz ćwiczeniowy.

Ćwiczenie 2

Określ na podstawie normy rodzaje nośnika i żywicy oraz zastosowanie przemysłowych sztywnych płyt warstwowych na bazie żywic termoutwardzalnych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) wpisać w tabelę w arkuszu ćwiczeniowym zastosowanie następujących płyt: SI GC 201; PF CP 201; PF CC 204; PF GC 201; PF WV 202; PF WV 304 oraz rodzaj nośnika i żywicy użytych do ich wytwarzania.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- arkusz ćwiczeniowy,
- PN-EN 60893-3-4:2001 i PN-EN 60893-3-6:2001.

4.5.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

- | | Tak | Nie |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 1) wymienić zalety i wady kompozytów? | ☐ | ☐ |
| 2) określić zastosowanie kompozytów jako materiału konstrukcyjnego do wykonania maszyn i urządzeń? | ☐ | ☐ |
| 3) określić zastosowanie kompozytów do wykonania części do urządzeń mechatronicznych? | ☐ | ☐ |
| 4) korzystać z norm podczas określenia właściwości materiału? | ☐ | ☐ |

4.6. Materiały z proszków spiekanych

4.6.1. Materiał nauczania

Spiekami nazywamy półwyroby lub wyroby gotowe otrzymane metodami metalurgii proszków, czyli przez prasowanie i spiekanie. Zaletą metalurgii proszków jest możliwość:

- wytwarzania materiałów, których nie da się otrzymać innymi metodami na przykład pseudostopy (styki W-Cu), spieki grafitowo-metalowe lub diamentowo-metalowe, cermetale, a także samosmarowne materiały porowate (na przykład: łożyska ślizgowe, filtry) i innych,
- otrzymywania pożądanych właściwości fizycznych i chemicznych wyrobów,
- uzyskiwania materiałów o określonej strukturze, porowatości i przepuszczalności,
- seryjnego wytwarzania elementów z dużą dokładnością,
- automatyzacji procesów,
- łączenia ze sobą składników różniących się znacznie temperaturą topnienia i gęstością,
- ekologicznego prowadzenia procesów.

Tabela 17. Węglik spiekane produkowane w Polsce. [8, s. 58]

Gatunek	Minimalne właściwości mechaniczne			
	Wytrzymałość na zginanie [MPa]	Twardość minimalna [HRA]	Gęstość [g/cm ³]	Zastosowanie
S10	1080	91	11,2	Skrawanie stali i staliwa (obróbka zgrubna i dokładna)
S25	1370	90	12,6	Skrawanie stali i staliwa (obróbka zgrubna)
S50	1720	87	12,5	Skrawanie stali i staliwa w trudnych warunkach – małe szybkości, duże przekroje wióra
U10	1220	90	12,9	Stale stopowe małe szybkości i przekroje wióra
H03	980	90	14,8	Żeliwo, stopy Al (obróbka dokładna)
H30	1370	88	14,4	Żeliwo, stopy Al. (obróbka zgrubna)
H40	1470	87	14,2	Skrawanie materiałów niemetalowych
G50	1860	82	130	Nakładki, przyrządy miernicze, kły tokarskie, ciągadła, kształtki narzędzi górniczych, wkładki do matryc

Wyroby z proszków spiekanych:

- materiały konstrukcyjne,
- materiały łożyskowe i ślizgowe (łożyska lite, samosmarowne, porowate, filtry spiekane),
- spiekane materiały narzędziowe (spiekane stale szybko tnące, węglkostale spiekane, węglik spiekane, cermetale narzędziowe przedstawione w tabeli 17),
- super twarde materiały narzędziowe (polikrystaliczny syntetyczny diament, spiekany azotek boru).

Wśród wyrobów wykonanych techniką spiekania proszków, najbardziej liczną grupę stanowią drobne części maszyn (sworznie, tłoki, dźwignie, pierścienie tłokowe, korbowody, części pomp, elementy maszyn do szycia, pokrywki, krażki, tulejki, kółka, krzywki).

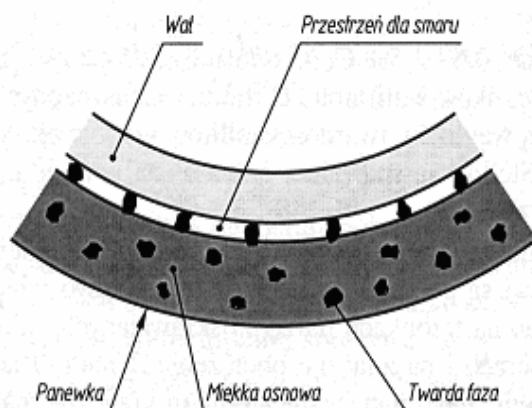
Materiały na łożyska stanowią specjalną grupę materiałów stosowanych do wytwarzania panewek łożysk ślizgowych plastycznych. Łożyska takie są stosowane w tych przypadkach, w których wał przenosi duże obciążenia i może ulegać odkształceniom. W takich warunkach, zastosowanie twardego łożyska kulkowego może doprowadzić do zniszczenia wału lub łożyska. Materiały stosowane do wyrobu i wylewania panewek plastycznych łożysk ślizgowych muszą spełniać szereg wymagań, a w szczególności muszą mieć: dobrą

smarowność, niewrażliwość na zacieranie, odpowiednią plastyczność, wytrzymałość na ściskanie i twardość, odporność na ścieranie, niski współczynnik tarcia oraz dobrą przyczepność do panewki, odpowiednią temperaturę topliwości, wysoki współczynnik przewodnictwa cieplnego (rys.3).

Spełnienie tych wymagań uzyskuje się w stopach o strukturze niejednorodnej, składającej się z twardych kryształów rozmieszczonych równomiernie w miękkiej osnowie. W czasie pracy twarde kryształy przejmują na siebie obciążenie i przekazują je na całą panewkę. Niezależnie od tego umożliwiają wytworzenie między powierzchniami wału i powierzchnią panewki niewielkiej przestrzeni, w której umieszcza się smar. Miękka osnowa łatwo przystosowuje się do zarysu powierzchni czopa; zapewnia równomierny rozkład obciążenia i możliwość wchłaniania produktów tarcia, przez co zmniejsza się zużycie pary trącej.

Jako stopy łożyskowe stosuje się żeliwa, brązy oraz łatwotopliwe stopy na osnowie cyny, ołowiu, kadmu, cynku i aluminium.

Surowe wymagania stawiane stopom łożyskowym spełniają spieki, które posiadają dodatkowe właściwości umożliwiające wytwarzanie łożysk samosmarownych.



Rys. 3. Schemat współpracy zespołu: stop łożyskowy wał. [8, s.140]

Łożyska i filtry spiekane

Metody metalurgii proszków umożliwiają wytwarzanie produktów, których nie można wytworzyć innymi metodami. Do produktów tych należą między innymi: łożyska lite, łożyska porowate, filtry spiekane.

Spiekane łożyska ślizgowe wykazują dobre własności mechaniczne. Spiekane **łożyska lite** są wytwarzane przez prasowanie na gorąco lub nasycenie szkieletu z metali trudno topliwych metalami o niższej temperaturze topnienia. Mogą być stosowane w podwyższonej lub obniżonej temperaturze oraz przy wysokich obciążeniach, które to warunki wykluczają smarowanie olejami. Spiekane łożyska lite o odpowiednim udziale grafitu lub miękkich metali niskotopliwych są samosmarowne. Najczęściej wytwarza się je z żelazografitu lub miedziografitu.

W przeciwieństwie do licznych materiałów spiekanych, charakteryzujących się dużą gęstością, niektóre produkty, takie jak **łożyska samosmarowne**, są wytwarzane jako porowate. Pory istniejące wewnątrz materiału są połączone ze sobą, tworząc kapilarne kanaliki. Objętość porów sięga 50% całkowitej objętości łożysk. Łożyska porowate są wytwarzane z proszków metali, najczęściej ze stopów żelaza lub miedzi, do których mogą być dodawane proszki niemetalu. Najczęściej łożyska te produkuje się w postaci cienkościennych tulei lub tulei z kołnierzami, a także w postaci baryłkowatej. Są również wytwarzane taśmy porowate, nakładane na podkładki stalowe i zawijane w półpanewki.

Super twarde materiały narzędziowe

W dziesięciostopniowej skali Mohsa największy wskaźnik uzyskały diament - 10, i korund - 9. Materiały twardsze od korundu uznawane są za super twarde i są to azotek krzemu, węglík krzemu, węglík boru, diament i azotek boru.

Z polikrystalicznego diamentu wykonuje się płytki o niewielkich rozmiarach o grubości od 0,5 mm, które łączone z płytką z węglików spiekanych tworzą narzędzia umożliwiające uzyskanie bardzo gładkich powierzchni skrawanych metali nieżelaznych, gumy, tworzyw sztucznych, porcelany, spieków, są też stosowane na ciągadła do drutów ze stali nierdzewnej i stopowej oraz innych materiałów. Nie mogą być stosowane do obróbki stali niestopowych. Odznaczają one się długą żywotnością (kilkudziesięcio- do kilkusetkrotnym wzroście obrobionych części w porównaniu z narzędziami z węglików spiekanych (tabela 18).

Ze spiekane go borku azotu wykonuje się narzędzia do obróbki stali ulepszonej cieplnie, utwardzone go żeliwa i twardych stopów. Narzędzia te wykazują znaczną żarowytrzymałość.

Tabela 18. Charakterystyka i efekty procesu skrawania ostrzami ze spiekanych cermetali narzędziowych [1, s. 925]

Właściwości procesu lub narzędzia	Charakterystyka oddziaływania
Małe tarcie, mała skłonność do dyfuzji	wysoka jakość obrobionej powierzchni
Mała przewodność cieplna ostrza	możliwa obróbka na sucho, małe nagrzewanie się obrabianego przedmiotu
Wysoka sprawność	niepotrzebne zaokrąglanie krawędzi, ostre ostrze
Duża wytrzymałość cieplna	duża prędkość skrawania, zmniejszony czas obróbki
Długi okres trwałości ostrza	niski koszt wymiany narzędzi
Niewielka ścieralność powierzchni przyłożenia ostrza	wysoka stałość i powtarzalność wymiarów, mały koszt regulacji
Przystosowany łamacz wiórów	łamanie wiórów również przy ich małych przekrojach

4.6.2. Pytania sprawdzające

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

1. Jakie korzyści wynikają ze stosowania technologii proszków spiekanych?
2. Jakie znasz przykłady zastosowania wyrobów z proszków spiekanych ?
3. Jakie znasz rodzaje spiekanych materiałów narzędziowych?
4. Czy potrafisz uzasadnić zastosowanie materiału z proszków spiekanych na panewki łożysk ślizgowych?
5. Co to są materiały super twarde?
6. Jakie efekty osiąga się przy skrawaniu ostrzami ze spiekanych cermetali narzędziowych?

4.6.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Określ zalety metalurgii proszków.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) porównać właściwości stali C125U i spieku S 25 oraz podać, jaki jest zakres stosowania tych materiałów,
- 2) uzasadnić zastosowanie materiałów z proszków spiekanych na panewki łożysk ślizgowych,
- 3) określić korzyści wynikające ze stosowania wyrobów wykonanych z proszków spiekanych.

- Wyposażenie stanowiska pracy:
- Mały Poradnik Mechanika,

Ćwiczenie 2

Dobierz materiał spiekany do produkcji narzędzi do zgrubnej obróbki żeliwa.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) na podstawie danych z Małego Poradnika Mechanika dobrać materiał spiekany do wykonania narzędzia do zgrubnej obróbki żeliwa.

- Wyposażenie stanowiska pracy:
- Mały Poradnik Mechanika,

4.6.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

- 1) wymienić korzyści wynikające ze stosowania technologii proszków?
- 2) określić przykłady zastosowania wyrobów z proszków spiekanych?
- 3) przedstawić wymagania stawiane materiałom na łożyska?
- 4) porównać właściwości różnych materiałów w celu dokonania wyboru?
- 5) przedstawić właściwości i zastosowanie materiałów super twardych?

Tak Nie

☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐

4.7. Obróbka cieplna stali

4.7.1. Materiał nauczania

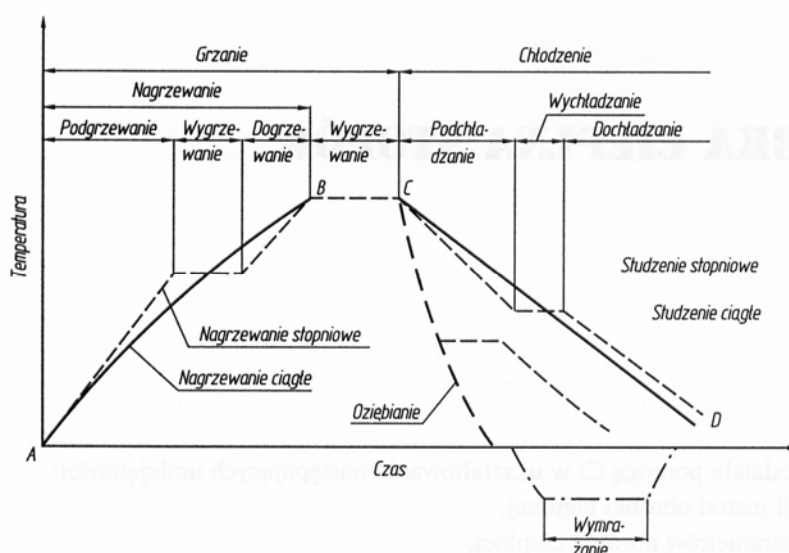
Wiadomości ogólne o obróbce cieplnej

Obróbka cieplna jest zabiegiem lub połączeniem kilku zabiegów cieplnych pod wpływem, których zmienia się w stanie stałym struktura stopów, a tym samym ich właściwości mechaniczne, fizyczne i chemiczne (rys.4).

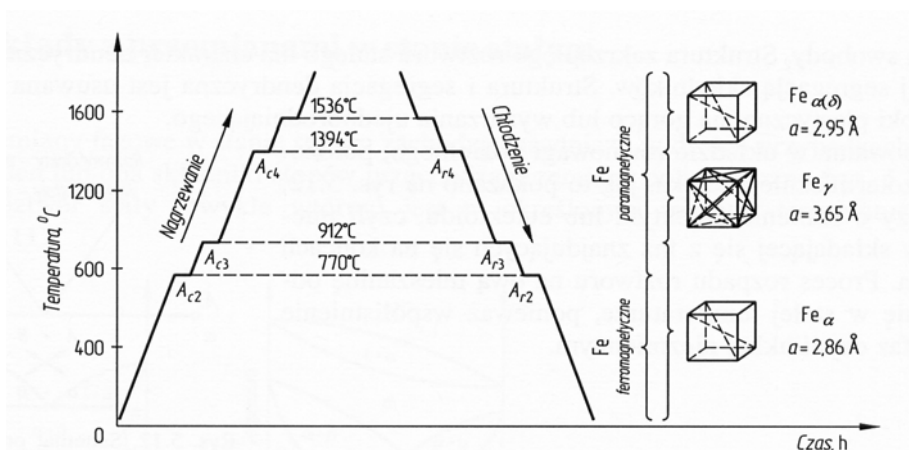
Obrabiać cieplnie można przedmioty ze stopów żelaza, stopów metali nieżelaznych i czystych metali. Obróbka cieplna jest najczęściej jedną z końcowych operacji procesu technologicznego. Stosuje się ją także w celu ułatwienia obróbki plastycznej lub obróbki skrawaniem.

Istotą obróbki cieplnej, jest zmiana budowy wewnętrznej metali i stopów pod wpływem nagrzewania do określonej temperatury i chłodzenia z określoną szybkością. Stop o strukturze drobnoziarnistej odznacza się lepszymi właściwościami mechanicznymi niż gruboziarnisty, a im bardziej kryształy związku chemicznego są rozproszone, tym stop jest bardziej twardy i kruchy

Podstawą rozpatrywania procesów obróbki cieplnej stopów Fe-C jest część wykresu żelazo-węgiel, który w zwartej i poglądowej formie daje obraz zmian w budowie i właściwościach stopu przy zmianie jego składu chemicznego (rys.6). Żelazo będące głównym składnikiem stopów, w stanie stałym może występować w dwu odmianach alotropowych: żelazo α trwałe do temperatury 910°C i żelazo γ , które istnieje od 910°C do 1390°C (rys.5). W temperaturze otoczenia żelazo wykazuje właściwości ferromagnetyczne, a podgrzane do temp. 768°C traci ją i staje się paramagnetyczne. Zarówno w żelazie α , jak i w żelazie γ rozpuszcza się w stanie stałym węgiel.



Rys.4. Operacje i zabiegi w obróbce cieplnej; AB, BC, CD – zabiegi, ABCD – operacja [8, s. 8] .



Rys.5. Przemiany alotropowe żelaza przy nagrzewaniu i chłodzeniu. [7, s. 86]

Ferryt – jest to roztwór stały węgla w żelazie α , oznaczany przez α lub Fe_α (największa rozpuszczalność węgla w żelazie α nie przekracza 0,02 % C). Jest to prawie czyste żelazo odznaczające się dobrą plastycznością.

Perlit – jest to mieszanina eutektoidalna ferrytu i cementytu zawierająca 0,8% C. Powstaje on wskutek rozpadu austenitu podczas przemiany eutektoidalnej zachodzącej w stałej temp. 723°C.

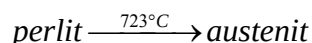
Cementyt – jest to związek chemiczny węgla z żelazem Fe_3C . Topi się w temperaturze 1600°C. Odnacza się dużą twardością HB ~ 800, a praktycznie żadną plastycznością.

Austenit – jest to roztwór stały węgla w żelazie γ , oznaczany przez γ lub Fe_γ . Austenit jest bardzo plastyczny nie występuje w temperaturze otoczenia.

Zmiany zachodzące w stalach podutektoidalnych (o zawartości węgla do 0,8%) podczas nagrzewania:



Zmiany zachodzące w stalach eutektoidalnych (o zawartości węgla 0,8%) podczas nagrzewania:



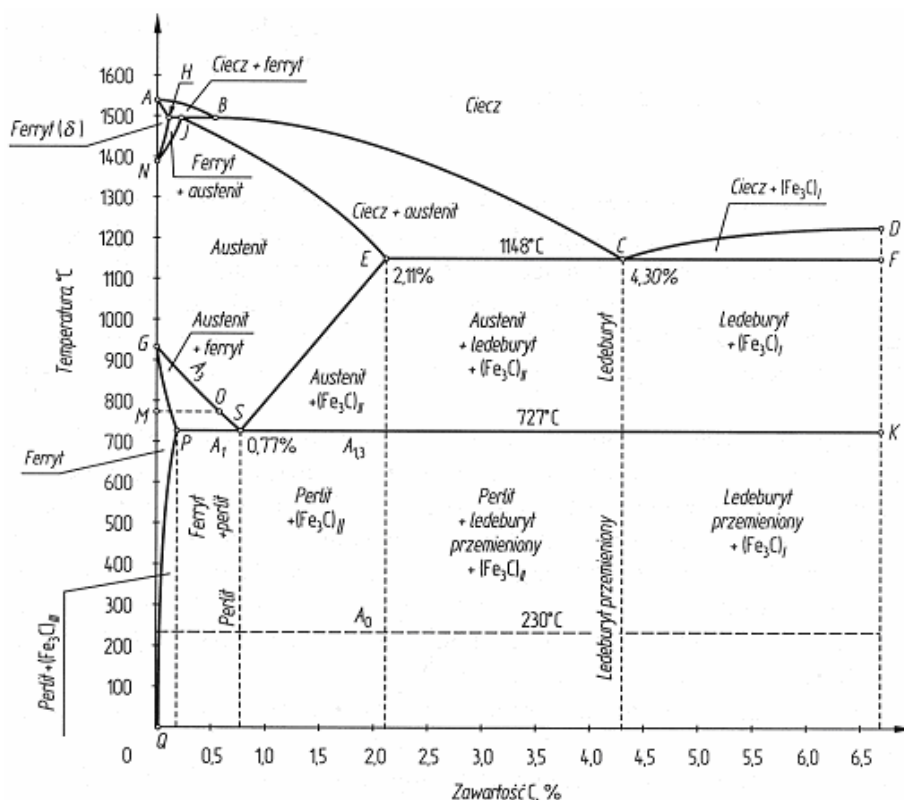
Zmiany zachodzące w stalach nadeutektoidalnych (o zawartości węgla powyżej 0,8%) podczas nagrzewania:



W obróbce cieplnej stosuje się chłodzenie z różną prędkością. Przy powolnym chłodzeniu zachodzi przemiana odwrotna niż przy nagrzewaniu:



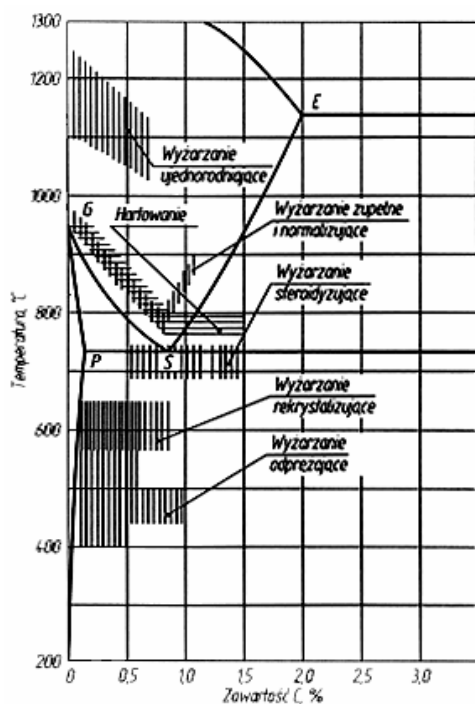
Przy powolnym chłodzeniu zachodzi przemiana w perlit płytkowy. Przy większej szybkości chłodzenia powstaje perlit drobny, przy jeszcze większej szybkości chłodzenia powstaje bardzo drobnoziarnista struktura o nazwie bainit, 2 % a przy gwałtownym chłodzeniu powstaje martenzyt. **Martenzyt** jest to przesycony roztwór stały węgla w żelazie α . Martenzyt jest najtwardszym składnikiem strukturalnym powstającym w wyniku obróbki cieplnej.



Rys.6. Wykres równowagi żelazo – węgiel [8, s. 87]

Charakterystyka procesów obróbki cieplnej.

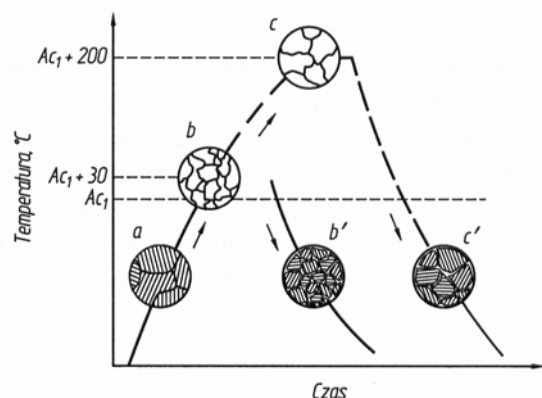
Wyżarzanie jest zabiegiem cieplnym polegającym na nagrzeniu stali do odpowiedniej temperatury, wygrzaniu w tej temperaturze i studzeniu do temperatury otoczenia (rys.7). W zależności od temperatury, do jakiej nagrzejemy materiał, czasu wygrzewania i sposobu powolnego studzenia możemy uzyskać różne efekty (rys.8).



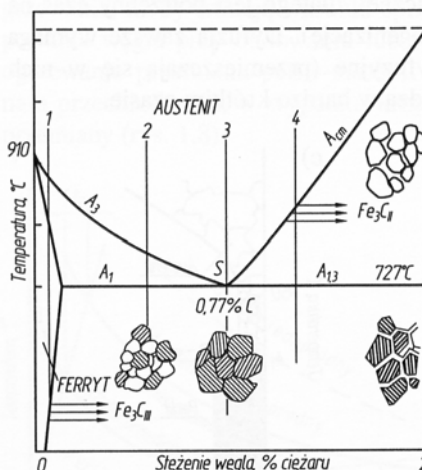
Efekty wyżarzania:

- **ujednorodnienie** (usunięcie niejednorodności składu ziaren),
- **normalizacja**, czyli uzyskanie równomiernej budowy droboziarnistej, która zapewnia lepsze właściwości niż gruboziarnista (rys.10)
- **sferoidyzacja** (obniżenie twardości, poprawa obrabialności stali, zwiększenie plastyczności),
- **rekrytalizacja** (usunięcie struktury umocnienia wywołanego obróbką plastyczną na zimno),
- **odprężanie** (usunięcie naprężeń własnych powstałych w materiale wskutek obróbki skrawaniem, odlewaniem, spawaniem, obróbka plastyczną na zimno, zabieg ten zapobiega odkształceniom przedmiotu i pęknięciom, które mogą występować w czasie pracy).

Rys.7. Zakresy temperatur wyżarzania. [8, s. 18]

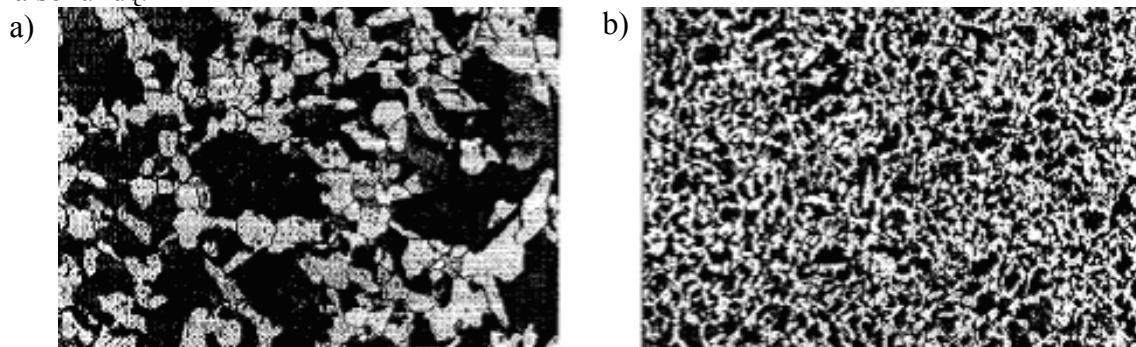


Rys.8. Schemat zmian wielkości ziarna podczas nagrzewania i chłodzenia stali eutektoidalnej [8, s. 11]

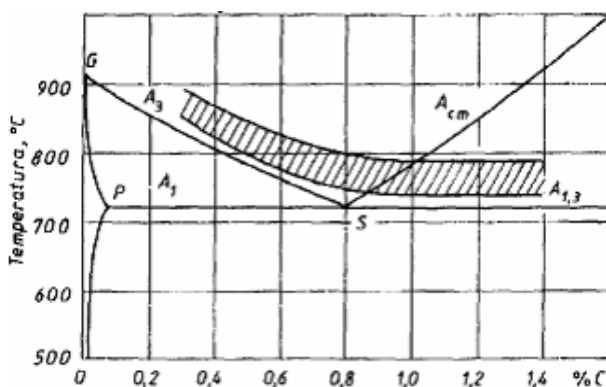


Rys.9. Część układu Fe_3C . Linie przemian: 1- stal pod eutektoidalna (feryt + cementyt), 2 - stal pod eutektoidalna (feryt + perlit), 3 - stal eutektoidalna (perlit) 4 - stal nad eutektoidalna (perlit + cementyt) [8, s. 9].

Hartowanie jest zabiegiem cieplnym polegającym na nagrzaniu stali do odpowiedniej temperatury (rys.11) a następnie odpowiednio szybkim chłodzeniu mającym na celu otrzymanie twardej struktury martenzytycznej. Praktycznie nie jest możliwe zahartowanie stali zawierającej poniżej 0,25% C, ponieważ w stalach o małej zawartości węgla szybkość krytyczna potrzebna do otrzymania struktury martenzytycznej jest bardzo duża (800- 1000°C⁰) na sekundę.



Rys.10. Efekty wyżarzania normalizującego: a – stal o zawartości C 0,45% w stanie przegrzonym o gruboziarnistej strukturze, widoczne ciemne ziarna perlitu i jasne ferytu. b- ta sama stal po normalizacji z widoczną strukturą drobnoziarnistą. (Trawienie Nitałem x 100).



Rys.11. Zakres temperatury hartowania stali niestopowych. [8, s. 11]

Zdolność do hartowania nazywa się **hartownością**. W zależności od sposobu nagrzewania rozróżnia się hartowania objętościowe (na wskroś) i powierzchniowe. Celem hartowania powierzchniowego jest uzyskanie twardej powierzchni zwykle pracującej na ścieranie i plastycznego rdzenia, który przy zmiennych obciążeniach nie ulega pęknięciom.

Odpuszczanie i ulepszanie cieplne

W procesie odpuszczania zahartowanej stali kształtuje się jej ostateczna struktura i właściwości. W wyniku hartowania martenzytycznego stal staje się bardzo twarda i wzrastają jej parametry wytrzymałościowe. Właściwości plastyczne ulegają silnemu pogorszeniu, części hartowane stają się kruche. Martenzyt jest fazą metastabilną, dlatego można w dość szerokich granicach zmieniać właściwości zahartowanej stali stosując proces cieplny nazywany odpuszczaniem. Hartowanie i następujące po nim odpuszczanie wysokie nazywa się **ulepszaniem cieplnym**.

Rodzaje odpuszczania

Odpuszczanie niskie przeprowadza się w temperaturze $150\div 250^{\circ}\text{C}$ w celu usunięcia naprężeń hartowniczych, przy zachowaniu wysokiej twardości i odporności na ścieranie. Czas odpuszczania niskiego wynosi zwykle 1÷3 h, a chłodzenie przeprowadza się z dowolną szybkością. Odpuszczanie niskie stosuje się głównie do narzędzi, sprawdzianów, sprężyn. Strukturę stali po odpuszczaniu stanowi martenzyt odpuszczony.

Odpuszczanie średnie wykonuje się w temperaturze z zakresu $350\div 450^{\circ}\text{C}$. Celem tego rodzaju odpuszczania jest znaczne zwiększenie granicy sprężystości, z jednoczesnym przy pewnym obniżeniu twardości stali. Strukturę średnio odpuszczonej stali stanowi troostyt odpuszczania, zapewniający wysoką wytrzymałość, sprężystość, udarność, wytrzymałość zmęczeniową, a jednocześnie wysoką twardość. Takiemu odpuszczaniu poddaje się sprężyny, matryce, resory, części samochodowe itp.

Odpuszczanie wysokie wykonuje się w temperaturze $550\div 650^{\circ}\text{C}$. Jego celem jest uzyskanie optymalnego, możliwie najlepszego zestawu właściwości mechanicznych, najwyższej udarności i wysokiego stosunku R_e/R_m . Połączenie zabiegu hartowania z odpuszczaniem wysokim nazywamy ulepszaniem cieplnym.

Dobór temperatury obróbki cieplnej stali niestopowych dokonuje się, na podstawie wykresu Fe-Fe₃C, według przedstawionego poniżej toku postępowania.

1. Wyznaczyć na podstawie uproszczonego wykresu Fe-Fe₃C temperaturę wyżarzania, normalizującego dla stali niestopowej o zawartości 0,4% C i 1,2% C:

- wyżarzanie normalizujące polega na nagraniu stali do temperatur istnienia austenitu, czyli $30\div 50^{\circ}\text{C}$ powyżej temperatury $A_3 - A_{cm}$ wyznaczonej linią GSE, a następnie wolnym studzeniu,
- odszukujemy na osi składników wykresu Fe-Fe₃C zawartość 0,4% C i prowadzimy do niego prostopadłą do przecięcia z linią GS,
- odczytujemy temperaturę przemiany A_3 przez prowadzenie z punktu przecięcia linii prostopadłej do skali temperatur 820°C , do której należy nagrzać stal 0,4%, aby uzyskać austenit,
- po powolnym studzeniu na powietrzu otrzymujemy strukturę perlityczno-ferrytyczną.

Podobnie postępujemy przy odczytywaniu temperatury austenitizacji stali o zawartości 1,2% węgla:

- od składu 1,2% C prowadzimy prostopadłą do przecięcia z linią SE,
- odczytujemy temperaturę przemiany na osi temperatur – 860°C
- dodajemy 30°C i otrzymujemy 890°C , do której należy nagrzać stal 1,2%, aby uzyskać austenit,
- po wolnym studzeniu na powietrzu uzyskujemy strukturę perlitu w siatce cementytu.

2. Wyznaczyć temperaturę hartowania stali niestopowej o zawartości 0,5% C:

- hartowanie polega na nagraniu stali podeutektoidalnej $30\div 50^{\circ}\text{C}$ powyżej temperatury A_{c3} i następnie ochłodzeniu z prędkością większą od krytycznej,

- odszukujemy na wykresie Fe-Fe₃C skład chemiczny stali 0,5% C i prowadzimy od niego linię prostopadłą do przecięcia z linią GS,
 - odczytujemy temperaturę przemiany A_{c3} 760°C,
 - do otrzymanej temperatury 760°C dodajemy 30°C i otrzymujemy temperaturę austenizacji – 790°C, do której należy nagrzać stal, aby uzyskać austenit,
 - wybieramy ośrodek chłodzący – wodę, ponieważ stal niestopowa wymaga dużej prędkości studzenia przy hartowaniu,
 - uzyskujemy strukturę martenzytyczną.
3. Wyznaczyć temperaturę hartowania stali niestopowej o zawartości węgla 1,2%:
- hartowanie stali nadeutektoidalnej polega na nagrzaniu do temperatury przekraczającej A_{c1,3} o 30÷50°C, gdyż w stalach tego typu znajduje się twardy cementyt,
 - temperatura A_{c1} 727°C,
 - do 727°C, dodajemy 30°C i otrzymujemy temperaturę nagrzewania do hartowania 757°C,
 - wybieramy olej jako ośrodek chłodzący, ponieważ stal o zawartości węgla ok. 1,2% ma znacznie mniejszą prędkość hartowania niż stale o niższej zawartości węgla, a naprężenia w materiale w porównaniu z chłodzeniem w wodzie są mniejsze,
 - uzyskujemy strukturę martenzytyczną.

Dobór temperatur obróbki cieplnej stali niestopowych jest stosunkowo prosty, ponieważ dokonuje się go głównie na podstawie wykresu Fe-Fe₃C. Przy stalach stopowych konieczne jest korzystanie z kart materiałowych i norm ze względu na zmianę temperatur krytycznych przez pierwiastki stopowe.

Bezpieczeństwo pracy podczas obróbki cieplnej

Procesy technologiczne stosowane przy wykonywaniu części maszyn i urządzeń mogą stanowić zagrożenia dla człowieka w jego środowisku pracy. Obróbka cieplna jest szczególnie niebezpieczna, ponieważ może być przyczyną urazów i szkodliwego oddziaływania na organizm ludzki. Jest to skutek wydzielania się w czasie procesów obróbki cieplnej i szkodliwych par, gazów i pyłów, a także obsługi pieców, manipulowania gorącymi elementami, roztopionymi solami.

4.7.2. Pytania sprawdzające

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

1. Co to jest obróbka cieplna?
2. Jakie są cele i zakres stosowania obróbki cieplnej?
3. Jak nazywają się podstawowe składniki strukturalne stali?
4. Jakie przemiany zachodzą w stali podczas nagrzewania?
5. W jaki sposób możemy zmniejszyć wielkość ziarna w stali?
6. Co to jest martenzyt?
7. Jakie są rodzaje wyżarzania?
8. Jaki jest cel poszczególnych rodzajów wyżarzania?
9. Jaki jest cel i zakres hartowania?
10. Jaki jest cel stosowania odpuszczania?
11. Od czego zależy dobór rodzaju odpuszczania?
12. Jaka jest temperatura austenizacji stali o zawartości 0,6% C?
13. Jaka jest temperatura austenizacji stali o zawartości 0,8% C?
14. Jaka jest temperatura austenizacji stali o zawartości 1,1% C?
15. W jaki sposób dobieramy temperaturę obróbki cieplnej stali niestopowych?
16. W jaki sposób dobieramy temperaturę obróbki cieplnej stali stopowych?
17. Z jakimi zagrożeniami możemy się spotkać w wydziale obróbki cieplnej?

4.7.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Określ cele stosowania różnych rodzajów wyżarzania.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) przyporządkować do charakterystyk rodzajów wyżarzania w kolumnie II ich nazwy z kolumny I,
 - 2) wpisać w nawiasy litery odpowiadające dobranym nazwom.
 1. () ma na celu usunięcie przez dyfuzję w stanie stałym segregacji dendrytycznej.
 2. () ma na celu otrzymanie równomiernej budowy drobnoziarnistej, która ma lepsze własności mechaniczne niż gruboziarnista.
 3. () ma na celu przywrócenie właściwości plastycznych i wytrzymałościowych, które miały przed zgniotem.
 4. () ma na celu usunięcie lub zmniejszenie naprężeń własnych powstałych w materiale wskutek zgrubnej obróbki skrawaniem, odlewania, spawania.
- a - wyżarzanie odprężające
b - wyżarzanie zmiękczające
c - wyżarzanie normalizujące
d - wyżarzanie ujednoradniające
e - wyżarzanie rekrytalizujące

Wyposażenie stanowiska pracy:

- Mały Poradnik Mechanika,
- arkusz ćwiczeniowy.

Ćwiczenie 2

Dobierz rodzaj wyżarzania do określonego materiału.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) przyporządkować do materiałów zawartych w kolumnie I dobrane dla nich rodzaje wyżarzania z kolumny II,
- 2) wpisać w nawiasy litery odpowiadające dobranym nazwom.

() wlewk staliwne przed przeróbką plastyczną	a. normalizujące
() stal przeznaczona to hartowania	b. zmiękczające
() stal poddana przeróbce plastycznej na zimno	c. rekrytalizujące
() stal po spawaniu	d. ujednoradniające
	e. odprężające

Wyposażenie stanowiska pracy:

- Mały Poradnik Mechanika,
- arkusz ćwiczeniowy.

Ćwiczenie 3

Dobierz temperaturę obróbki cieplnej dla stali o różnej zawartości węgla.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) wyznaczyć na podstawie uproszczonego wykresu Fe-Fe₃C temperaturę wyżarzania:
 - a -normalizującego dla stali niestopowej o zawartości 0,5% C, 0,8% i 1% C
 - b -sferoidyzującego dla stali o zawartości 0,7% C
 - c – hartowania dla stali o zawartości 1,1%C
- 2) wpisać wyniki do tabeli w arkuszu ćwiczeniowym.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- arkusz ćwiczeniowy.

4.7.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) określić, co to jest obróbka cieplna?	☐	☐
2) wymienić cele i zakres stosowania obróbki cieplnej?	☐	☐
3) zdefiniować podstawowe składniki strukturalne stali?	☐	☐
4) wyjaśnić przemiany zachodzące w stali podczas nagrzewania?	☐	☐
5) wyjaśnić przemiany zachodzące w stali podczas chłodzenia?	☐	☐
6) określić cel poszczególnych rodzajów wyżarzania?	☐	☐
7) określić cel i zakres hartowania?	☐	☐
8) dobrać rodzaj hartowania do przedmiotów, które powinny mieć miękką rdzeń i twardą powierzchnię?	☐	☐
9) dobrać rodzaj odpuszczania do elementów spawanych?	☐	☐
10) posłużyć się wykresem Fe-Fe ₃ C przy ustaleniu temperatury austenitzacji dla różnych rodzajów wyżarzania stali niestopowych?	☐	☐

4.8. Obróbka cieplno-chemiczna

4.8.1. Materiał nauczania

Obróbka cieplno-chemiczna jest to zmiana składu chemicznego warstwy wierzchniej materiału wskutek aktywnego oddziaływania środowiska na jego powierzchnię. Podstawą obróbki cieplno-chemicznej jest zjawisko dyfuzji, która polega na przenikaniu atomów środowiska (na przykład węgla) w głąb materiału.

Rodzaje obróbki cieplno-chemicznej

Nawęglanie jest to proces polegający na wprowadzaniu węgla do warstw powierzchniowych stali w środkach nawęglających (karburyzatorach) stałych, ciekłych lub gazowych. Nawęglanie ma na celu uzyskanie twardej i odpornej na ścieranie warstwy powierzchniowej przy zachowaniu ciągliwego rdzenia. Nawęglaniu poddaje się stale węglowe i stopowe o zawartości węgla 0,07-0,25%, obrobione mechanicznie z nadładkiem 50 do 100 μm na obróbkę wykańczającą. Zawartość węgla w warstwie nawęglonej stali zwykle nie przekracza 1%, a głębokość nawęglania 0,5 do 2,5 mm.

Nawęglaną powierzchniowo stal poddaje się następnie obróbce cieplnej (rys.12):

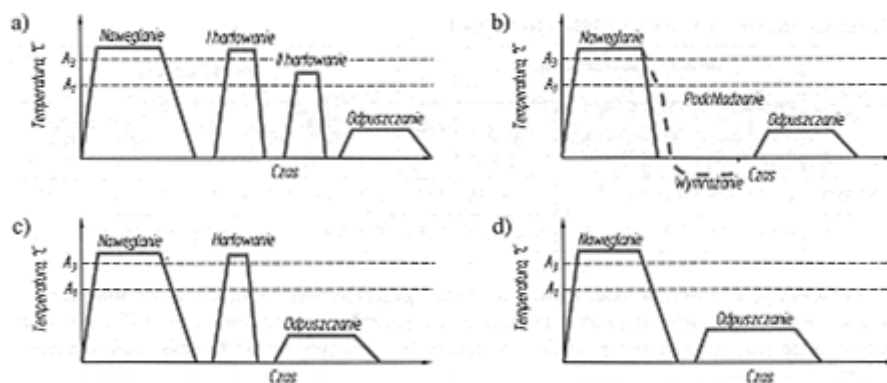
- normalizowaniu (zmniejszenie wielkości ziarna, które znacznie się rozrosło podczas nawęglania); temperaturę normalizowania dobiera się według składu chemicznego rdzenia,
- hartowaniu - temperaturę hartowania dobiera się według składu chemicznego warstwy nawęglonej (około 750°C),
- odpuszczaniu – wykonuje się w temperaturze około 180°C i ma ono celu odprężenie stali.

W wielu przypadkach nawęglą się określone elementy powierzchni przedmiotu (zęby w kołach zębatych w krzywkach wałków rozrządu). Pozostałe elementy powierzchni podlegające nawęglaniu zabezpiecza się przez: pokrywanie pastami ochronnymi, miedziowanie elektrolityczne, pozostawienie nadładku materiału o grubości większej niż głębokość warstwy nawęglonej.

Azotowanie to proces nasycania azotem powierzchni przedmiotów wykonanych z niektórych gatunków stali i żeliwa. Celem azotowania jest nadanie przedmiotom wysokiej twardości powierzchniowej, odporności na ścieranie oraz wysokiej wytrzymałości na zmęczenie. Po azotowaniu nie stosuje się już innej obróbki cieplnej, gdyż wytworzone na powierzchni przedmiotu warstwy azotków są twarde, naprężenia własne uległy likwidacji podczas powolnego chłodzenia przedmiotów w czasie procesu.

Cyjanowanie jest to proces wzbogacania zewnętrznych warstw stali w węgiel i azot. Powierzchnie cyjanowane odznaczają się bardzo dużą twardością i odpornością na ścieranie. Cyjanowanie stosuje się głównie do wykonywania narzędzi skrawających i części przyrządów pomiarowych.

Węgloazotowanie i azotonawęglanie są procesami jednoczesnego nasycania warstwy powierzchniowej części węglem i azotem. Są to procesy łączące w sobie nawęglanie i azotowanie. Struktura warstw azotonawęglanych jest porównywalna z nawęglanymi, jednak ich twardość i odporność na ścieranie jest wyższa.



Rys. 12 . Czasowe przebiegi procesów obróbki cieplnej z: a) dwukrotny czas hartowania, b) hartowanie z wymrażaniem, c) jednokrotne hartowanie, d) hartowanie z temperatury nawęglania (bezpośrednie). [8, s. 43]

Procesy obróbki cieplno-chemicznej z udziałem siarki

Siarka jest bardzo niepożądanym składnikiem stopów żelaza, który należy usunąć w procesach metalurgicznych do zawartości co najwyżej 0,04%, ale w stalach może w określonych przypadkach być potrzebna. Siarka wprowadzona w warstwę powierzchniową stopu żelaza zmniejsza współczynnik tarcia, zapobiega zacieraniu, a więc zwiększa odporność na zużycie części maszyn. Siarczki powstające w procesie dyfuzyjnego nasycenia odznaczają się doskonałymi właściwościami smarnymi.

Metalizowanie dyfuzyjne jest obróbką cieplno-chemiczną, polegającą na dyfuzyjnym nasyceniu stopu żelaza innymi metalami (Cr, Al, Si, Ti, V, Be i innymi).

Obecnie wdrażane procesy wytwarzania warstw powierzchniowych są bardziej złożone i o wiele bardziej efektywne od przedstawionych. Wszystkie mają obszar działania (warstwa wierzchnia) i cele podobne do obróbki cieplno-chemicznej, ale wykorzystują inne procesy i zjawiska niż obróbka tradycyjna. Są to techniki wytwarzania następujących warstw wierzchnich:

- dyfuzyjnych (obróbka cieplno-chemiczna, obróbka jarzeniowa, metalizacja zanurzeniowa),
- implantowanych (obróbka implantacyjna),
- nadtopionych (obróbka laserowa i elektronowa),
- stopowanych (obróbka laserowa i elektronowa),
- umocnionych (obróbka cieplna, detonacyjna, elektronowa, laserowa, nagniataniem, skrawaniem, plastyczna).

Techniki cienkowarstwowe służą do wytwarzania twardych i bardzo twardych (do 4000 HV) warstw powierzchniowych.

4.8.2. Pytania sprawdzające

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

1. Co to jest obróbka cieplno-chemiczna?
2. Jakie znasz podstawowe rodzaje obróbki cieplno-chemicznej?
3. Jakie są cele przeprowadzania podstawowych rodzajów obróbki cieplno-chemicznej?
4. Na czym polega proces cyjanowania?
5. Jaki jest wpływ siarki na właściwości stali?
6. Jak wpływa wprowadzenie siarki w warstwę powierzchniową stopów żelaza?
7. Co to jest metalizowanie dyfuzyjne?
8. Jakie techniki wykorzystuje się do uzyskiwania cienkich bardzo trwałych i twardych warstw powierzchniowych?

4.8.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Scharakteryzuj określone rodzaje obróbki cieplno-chemicznej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) przyporządkować do charakterystyki rodzajów obróbki cieplno-chemicznej zawartej w kolumnie II ich nazwy z kolumny I,
- 2) wpisać w nawiasy litery odpowiadające dobranym nazwom.
 - a. cyjanowanie 1. () Jest procesem długotrwałym. Przeznaczone do obróbki przedmioty są uprzednio ulepszone cieplnie i szlifowane na ostateczny wymiar. Proces nie wpływa na zmianę wymiarów przedmiotów, a ich powierzchnie nie ulegają uszkodzeniu. Po procesie nie stosuje się obróbki cieplnej.
 - b. aluminowanie 2. () Podczas obróbki chemicznej zachodzą równocześnie dwa procesy. Czynnikiem decydującym, który z tych dwóch procesów będzie przebiegał intensywniej jest temperatura. Obróbce tej można poddawać wszystkie rodzaje stali. Można ją przeprowadzać w środowisku stałym, ciekłym i gazowym.
 - c. azotowanie 3. () Proces może przebiegać w karburyzatorze stałym, ciekłym lub gazowym. Po procesie stosuje się normalizowanie, hartowanie i odprężanie. Stosowany jest do stali o zawartości węgla do 0,25%.
 - d. nawęglanie

Wyposażenie stanowiska pracy:

- Mały Poradnik Mechanika,
- arkusz ćwiczeniowy,
- PN-EN 1084: 2002.

Ćwiczenie 2

Zaplanuj nawęglanie oraz następujące po nim obróbki cieplne dla wałka: $l = 130$, $\phi 25\text{mm}$, ze stali X20H (w normie 20H).

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) posługując się schematem procesów obróbki cieplnej po nawęglaniu (Rys.12) i normą, zaplanować nawęglanie oraz następujące po nim obróbki cieplne dla wałka: $l = 130$, $\phi 25\text{mm}$, ze stali X20H (w normie 20H),
- 2) określić głębokość warstwy nawęglonej, jeśli proces będzie prowadzony w atmosferze regulowanej w ciągu 8 godzin.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- PN-EN 1084: 2002,
- Mały Poradnik Mechanika,
- arkusz ćwiczeniowy.

4.8.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

- 1) przedstawić definicję obróbki cieplno – chemicznej?
- 2) określić cel i zakres stosowania nawęglania?
- 3) określić różnicę między nawęglaniem i azotowaniem?
- 4) scharakteryzować cyjanowanie?
- 5) zaplanować nawęglanie oraz następujące po nim obróbki cieplne?

Tak Nie

☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐

4.9. Korozja materiałów

4.9.1. Materiał nauczania

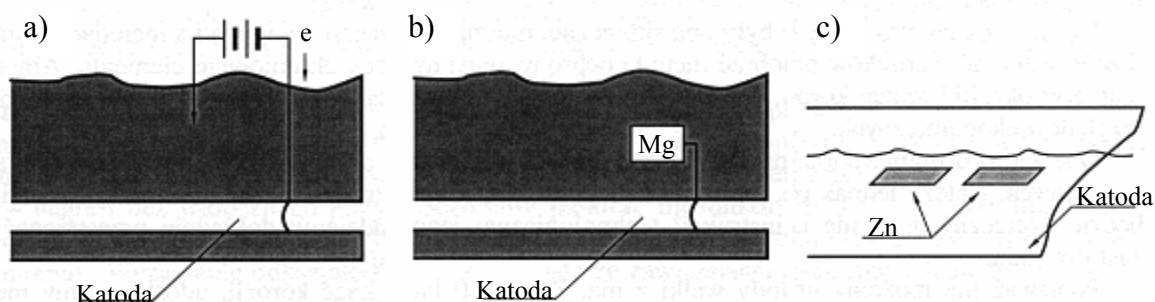
Korozja jest to stopniowe niszczenie (destrukcja) materiału spowodowane chemicznym, lub elektrochemicznym oddziaływaniem otaczającego środowiska. Korodować, mogą różne materiały: metale i stopy, ceramika, tworzywa sztuczne, beton. Z materiałów konstrukcyjnych stosowanych w budowie maszyn najszybciej ulegają korozji metale i ich stopy.

Koszty bezpośrednie, stosunkowo łatwe do wyliczenia, które ponosi gospodarka z powodu korozji metali są szacowane w zależności od kraju i strefy klimatycznej na 3 do 10% produktu narodowego brutto. Wynikają one z:

- wymiany lub remontu skorodowanych maszyn, urządzeń konstrukcji, pojazdów i instalacji przemysłowych, które mogłyby pracować dłużej,
- nakładania pokryć lub stosowanie innych rodzajów ochrony antykorozyjnej,
- stosowania droższych materiałów konstrukcyjnych niż stal niestopowa.

Wyższe, groźniejsze i trudniejsze do wyliczenia są **koszty pośrednie** powodowane przez:

- przerwy w produkcji spowodowane awariami skorodowanych części (na przykład wyłączanie instalacji zasilającej zakład w wodę z powodu korozji rurociągu),
- zmniejszenie wydajności skorodowanych urządzeń (tłoki i cylindry silników),
- katastrofy ekologiczne (wyciek ropy naftowej spowodowany korozją zbiornika),
- zmniejszenie tempa rozwoju energetyki jądrowej ze względu na niedostateczną odporność na korozję materiałów konstrukcyjnych.



Rys. 13. Przykłady ochrony katodowej. Napięcie zewnętrzne powoduje, że rura jest katodą (a). Metale anodowe (Mg, Zn) nadają rurze i kadłubowi statku charakter katody (b, c). [7, s.157]

Rodzaje korozji

Klasyfikacja ze względu na mechanizm zjawiska:

- korozja chemiczna, zachodząca w suchych gazach (O_2 , H_2 , Cl_2 , parach siarki, bromu, jodu) w cieczach niebędących elektrolitami (benzen, fluor, ropa naftowa),
- korozja elektrochemiczna spowodowana działaniem ogniw i mikroogniw lokalnych.

Ośrodki korozji można klasyfikować uwzględniając ich wygląd, miejsce występowania, środowisko w jakim zaistniała, okoliczności jakie ją wywołały (korozja ziemna, wżerowa, równomierna, punktowa, międzykrystaliczna, naprężeniowa, szczelinowa, gazowa i inne).

Metody ochrony przed korozją

- nakładanie powłok (warstw) ochronnych,
- zmiana potencjału elektrodowego chronionego materiału wobec środowiska (rys.13),
- modyfikacja środowiska korozyjnego,
- zmiana konstrukcji urządzenia (rys.14).

Powłoki ochronne mają na celu zabezpieczenie powierzchni metalu przed bezpośrednim oddziaływaniem środowiska korozyjnego.

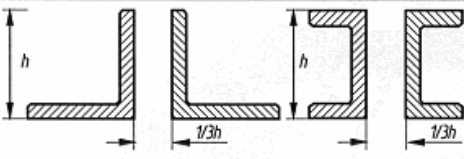
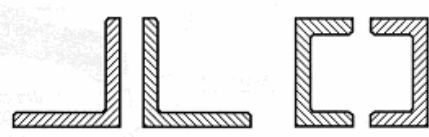
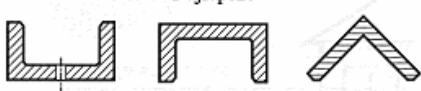
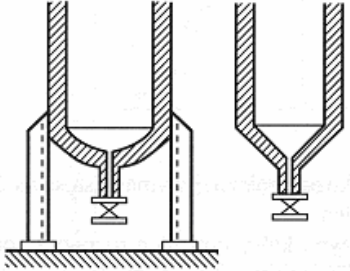
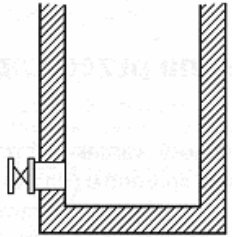
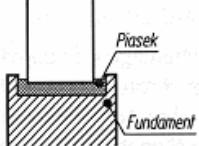
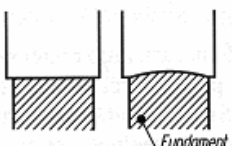
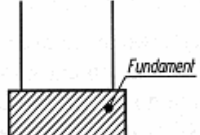
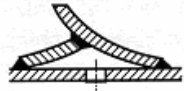
Powłoki ochronne metalowe stosowane do zabezpieczenia wszystkich stali i staliwa, są to:

- powłoki nakładane (utrzymują się na powierzchni metalu lub stopu siłami adhezji). Do wykonanie powłoki używa się: nikiel, chrom, miedź, srebro, aluminium, cynk, cynę, ołów, kadm. Nakłada się je galwanicznie oraz przez zanurzenie, natryski lub platerowanie;
- powłoki wytwarzane (uzyskiwane najczęściej w wysokich temperaturach na zasadzie dyfuzji metalu ochronnego w głąb metalu chronionego).

Powłoki ochronne niemetalowe (warstwy ochronne lub podkład pod powłokę malarską).

Jednym ze sposobów ochrony antykorozyjnej jest stosowanie powłok organicznych. Powłoki malarskie (farby, lakiery i emalie) nakłada się w postaci cienkiej warstwy na powierzchnię przedmiotu. Ich działanie polega głównie na zabezpieczeniu metalu przed wpływem wody, wilgoci oraz zawartych w niej agresywnych zanieczyszczeniach.

Inhibitory korozji stanowią substancje, które powodują zmniejszenie agresywności środowiska korozyjnego. Są stosowane do zahamowania procesu korozji w układach zamkniętych, pracujących w stałym lub rzadko odnawialnym roztworze (instalacje chłodnicze lub ciepłownicze). Stosowana jest metoda ochrony przed korozją oparta na prostym założeniu – ochraniający metal należy uczynić katodą wobec otaczającego środowiska. Metoda ta jest znana pod nazwą ochrony katodowej lub protektorowej.

Rozwiązania prawidłowe	Rozwiązania nieprawidłowe
 Odstęp 1/3 wysokości, ale nie mniej niż 45 mm umożliwia malowanie	 Brak dostępu podczas malowania
Najlepsze  Utrudnione warunki do powstawania korozji	 Zatrzymana woda ułatwia i przyspiesza korozję w konstrukcjach teowych i ceowych
 Łatwe opróżnianie lub oczyszczanie zbiorników	 Całkowite opróżnienie zbiornika jest niemożliwe
 Zbiornik znajduje się na piasku z inhibitorem korozji  Dobre odprowadzenie wody	 Wilgoć zbiera się pod zbiornikiem
 Otwór umożliwia wentylację i wtryskiwanie w razie potrzeby środków antykorozyjnych	 W przestrzeniach zamkniętych, źle wentylowanych istnieje możliwość gromadzenia się wilgoci

Rys. 14. Rozwiązania konstrukcyjne elementów narażonych na niszczenie korozyjne spowodowane pozostałościami wilgoci. [7, s. 155]

4.9.2. Pytania sprawdzające

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

1. Co to jest korozja i jakie substancje najszybciej ulegają jej wpływom?
2. Jakie są rodzaje kosztów, które gospodarka ponosi z powodu korozji?
3. Jakie rodzaje powłok stosuje się do ochrony stopów metali?
4. Jaki jest wpływ konstrukcji elementów na ich podatność na korozję?
5. Na czym polega ochrona katodowa?

4.9.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Uzasadnij podstawowe założenia projektu ochrony urządzeń narażonych na korozję.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) wyjaśnić, jakie zjawiska powodują, że rozwiązania konstrukcyjne przedstawione na rysunku 14 zostały uznane za nieprawidłowe,
- 2) podać i omówić zasady projektowania elementów urządzeń narażonych na korozję.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- arkusz ćwiczeniowy,
- próbki części ze zmianami korozyjnymi.

Ćwiczenie 2

Dobierz powłoki antykorozyjne do: blach stalowych przeznaczonych na rynny i pokrycie dachu oraz na zbiorniki stosowane w przemyśle spożywczym.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) uzasadnić decyzję wyboru zastosowania cynowania lub cynkowania blach,
- 2) uzasadnić decyzję wyboru zastosowania cynowania lub cynkowania blach,
- 3) dobrać powłoki niemetalowe na stal stosowaną w przemyśle spożywczym,
- 4) dobrać powłoki do pokrycia blach na rynny i dachy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- Mały Poradnik Mechanika.

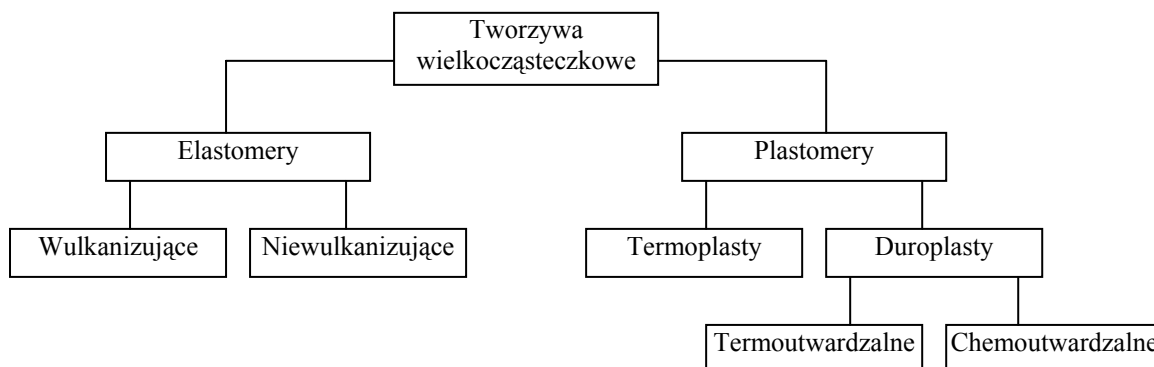
4.9.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

- | | Tak | Nie |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 1) scharakteryzować różne rodzaje korozji i określić przykłady ich występowania? | ☐ | ☐ |
| 2) określić sposoby ochrony przed korozją? | ☐ | ☐ |
| 3) określić zadania, jakie stoją przed projektantem, który ma zaprojektować wyroby chronione przed korozją? | ☐ | ☐ |
| 4) dokonać i uzasadnić wybór powłok metalowych nakładanych na stal w celu ochrony przed korozją? | ☐ | ☐ |
| 5) uzasadnić wybór antykorozyjnych powłok niemetalowych nakładanych na stal? | ☐ | ☐ |

4.10. Tworzywa sztuczne

4.10.1. Materiał nauczania



Rys. 15. Schemat podziału tworzyw sztucznych. [8, s. 67]

Tworzywa sztuczne (rys.15) są to wielkocząsteczkowe materiały organiczne, przeważnie o skomplikowanej budowie chemicznej, którym w określonych warunkach i odpowiedniej temperaturze, ciśnieniu można nadawać dowolne kształty (tabele 19, 20). Tworzywa sztuczne są to materiały syntetyczne produkowane na bazie polimerów z dodatkiem środków utwardzających i sieciujących, napelnaczy, plastyfikatorów, stabilizatorów, barwników. Stałym i koniecznym składnikiem jest polimer stanowiący materiał nośny i wiążący. W przypadku polietylenu, polimer jest jedynym składnikiem tworzywa sztucznego.

Tabela 19. Podstawowe właściwości i obszary zastosowań niektórych tworzyw termoplastycznych. [8, s. 91]

Nazwa	Gęstość g/cm ³	R _m , MPa	A, %	Zakres zastosowania, zakres temperatur pracy °C (przykłady)
polietylen wysokociśnieniowy	0,92	14	600	Opakowania, nieobciążone części maszyn i urządzeń,
polietylen niskociśnieniowy	0,96	27	600	pokrowce, pokrycia, folie; -70÷80
polipropylen	0,9	25÷40	500	Rury, części motoryzacyjne, elementy chłodziarek,
poliamid*	1,1	50÷70	300	zbiorniki, opakowania; -20÷130
polistyren	1,06	45	2,0	Części maszyn, liny, sznury, odzież; -60÷100
polichlorek winylu	1,39	45	2,0	Sprzęt radiotechniczny i fotograficzny,
politetrafluoroetylen (teflon)	2,15	30	200	elektroizolacja, spienione materiały izolacyjne (styropian); -40÷65
polimetakrylan metylu (szkło organiczne)	1,18	80	3,0	Oprządkowanie chemiczne, rury, profile, części
poliwęglany	1,20	70	100	maszyn, elementy pomp, wentylatorów, opakowania, wykładziny podłogowe, sztuczna skóra, ramy okienne; -40÷70
				Przemysł chemiczny, elektrotechniczny, maszynowy (łożyska); -269÷260
				Części oświetlenia i optyki, oszklenie w lotnictwie,
				transporcie lądowym i wodnym; -60÷100
				Dokładne części maszyn i aparatury, radio- i elektrotechnika, taśmy fotograficzne; -100÷135

Tworzywa sztuczne są często stosowane w konstrukcji maszyn i urządzeń technicznych, ponieważ charakteryzuje ich:

- mała gęstość,
- wysoka odporność na korozję,
- dobre właściwości mechaniczne i plastyczne,
- możliwość wykorzystania na łożyska ślizgowe dla małych obciążeń,

- dobre właściwości elektroizolacyjne (tabela 21),
- dobre właściwości termoizolacyjne,
- łatwość uzyskiwania dowolnej gamy kolorów i przezroczystości,
- łatwość formowania wyrobów o skomplikowanych kształtach, dokładnych wymiarowo.

Tabela 20. Właściwości i zastosowanie niektórych materiałów utwardzalnych.[8, s. 93]

Nazwa	Gęstość g/cm ³	R _m , MPa	Zakres temperatur pracy °C (K)	Zakres zastosowania (przykłady)
fenoplasty	1,7	30	-70÷140 (203÷413)	Niskoobciążone części maszyn, korpusy przyrządów, panele, części elektrotechniczne
aminoplasty	1,8	80	-60÷130 (213÷403)	Części aparatury i urządzeń oświetleniowych, części elektrotechniczne i izolacyjne, wyroby gospodarstwa domowego
tekstolit	1,3	95	-40÷160 (233÷433)	Koła zębate, tulejki, łożyska ślizgowe, części maszyn i konstrukcji, elektrotechnika
szkłotekstolit	1,9	300	-60÷200 (213÷473)	Części obciążonych konstrukcji, korpusy, karoserie i kabiny pojazdów, zbiorniki, termo- i elektroizolacja

Polimery przewodzące prąd elektryczny, półprzewodnikowe i elektroluminescyjne

Oprócz wielu rodzajów tworzyw sztucznych o określonych właściwościach istnieją polimery przewodzące prąd elektryczny. Podstawową zaletą tych polimerów jest niski koszt wytwarzania, w postaci cieniutkich filmów, które są stosowane: w ekranach świetlnych i układach scalonych, na osłony elektromagnetyczne, antystatyczne, w superkondensatorach i kondensatorach elektrolitycznych, jako materiały antykorozyjne

Tabela 21. Własności elektryczne wybranych materiałów polimerowych. [1, s. 1011]

Material polimerowy	Rezystywność właściwa skrośna, Ω·cm	Stała dielektryczna (przy 50 Hz)	Tangens kąta strat tg δ (przy 50 Hz)	Wytrzymałość na przebicie, kV/mm
etylen-octan winylu EVAC	<10 ¹⁵	2,5÷3,2	(3÷20)·10 ⁻³	62÷78
polietylen PE jon	>10 ¹⁶	-	-	-
polipropylen PP	>10 ¹⁷	2,27	< 4·10 ⁻⁴	50÷65
polistyren PS	>10 ¹⁶	2,5	(1÷4) ·10 ⁻⁴	30÷70
akronitryl-butadien-styren ABS	>10 ¹⁵	2,4÷5	3,8·10 ⁻³	35÷50
polichlorek winylu PVC-U	>10 ¹⁵	3,5	0,011	35÷50
poliacetal (polioksymetylen) POM	>10 ¹⁵	3,7	5·10 ⁻³	38÷50
polimer ε-kaprolaktamu PA 6	10 ¹²	3,8	0,01	40
polisulfon PSU	>10 ¹⁶	3,1	8·10 ⁻⁴	42,5
polieterosulfon PES	10 ¹⁷	3,5	1·10 ⁻³	40
poliamidomid PAI	10 ¹⁷	-	-	-
polieteroeteroketon PEEK	5·10 ¹⁶	-	3·10 ⁻³	-
termoplastyczny elastomer uretanowy TPU	10 ¹²	6,5	0,03	30÷60
silikon SI (tłoczywo)	10 ¹⁴	4	0,03	20÷40
epoksyd (żywica epoksydowa) EP typ 891	>10 ¹⁴	3,5÷5	1·10 ⁻³	30÷40
teflon				

Wadami tworzyw sztucznych są: niska odporność cieplna (100-120°C), niska twardość, skłonność do starzenia się oraz trudności z degradacją odpadów. Jednak jest wiele warunków eksploatacyjnych, w których tworzywa sztuczne mogą konkurować ze stopami metali.

4.10.2. Pytania sprawdzające

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

1. Jakie cechy tworzyw sztucznych decydują o ich szerokim zastosowaniu?
2. Jakie cechy tworzyw sztucznych ograniczają ich stosowanie?
3. Jakie jest zastosowanie tworzyw termoplastycznych?
4. Jakie jest zastosowanie tworzyw termoutwardzalnych?
5. Porównaj własności elektryczne różnych tworzyw sztucznych.

4.10.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Określ odporność tworzyw sztucznych na działanie środowiska korozyjnego i podaj przykłady ich zastosowania w produkcji elementów używanych do budowy aparatury kontrolno pomiarowej, automatów oraz armatury.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) wypisać z katalogu Antikor Controls wszystkie urządzenia, których elementy wykonane są z tworzyw sztucznych,
- 2) zapisać obok nazwy urządzenia (elementu) nazwę tworzywa na przykład: przepływomierz elektromagnetyczny seria FM-300 - guma ebonitowa, teflon,
- 3) określić na podstawie katalogu rodzaj środowiska, na które jest odporne tworzywo.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- katalog Antikor Controls,
- arkusz ćwiczeniowy.

Ćwiczenie 2

Dobierz tworzywa sztuczne do wykonania następujących wyrobów: pokrowiec na maszynę, taśmy fotograficzne, wykładziny podłogowe, elementy pomp, ramy okienne, koła zębate, korpus przyrządu.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) wpisać do arkusza ćwiczeniowego nazwy dobranych tworzyw.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- arkusz ćwiczeniowy.

4.10.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) określić różnicę między polimerem a tworzywem sztucznym?	☐	☐
2) wymienić cechy tworzyw sztucznych decydujące o ich szerokim zastosowaniu?	☐	☐
3) określić cechy tworzyw sztucznych ograniczające ich stosowanie?	☐	☐
4) podać przykłady zastosowania tworzyw termoplastycznych?	☐	☐
5) podać przykłady zastosowania tworzyw utwardzalnych?	☐	☐

4.11. Farby, lakiery i emalie

4.11.1. Materiał nauczania

Wyroby lakierowe są to materiały wykończeniowe chroniące tworzywa konstrukcyjne przed niszczącym działaniem czynników zewnętrznych oraz nadające im efekty dekoracyjne.

Tabela 22. Własności i zastosowanie wybranych lakierów elektroizolacyjnych

Nazwa	Właściwości	Zastosowanie
Lakier końcowy serii 1310	Rozpuszczalne w wodzie, schną na powietrzu, wykonane na bazie uretanizowanych żywic alkidowych. Klasa izolacji F.	Dla końcowego / ochronnego pokrywania elementów, obudów w przemyśle elektrotechnicznym. Stosowane w warunkach stałej temperatury 155°C, jako ochronne lakiery do zmontowanych paneli z obwodami drukowanymi.
Lakiery końcowe serii 1020	Krótki czas schnięcia, wysoka elastyczność, dobre właściwości mechaniczne, bardzo dobra odporność na starzenie, się bardzo dobre właściwości dielektryczne, nawet w warunkach wysokiej wilgotności, dobra odporność na olej, wodę i słabe chemikalia w temperaturze pokojowej.	Do impregnacji cewek i uzwojeń, pokrywania materiałów izolacyjnych w celu zwiększenia oporności powierzchniowej i oporności ścieżek do impregnacji elementów z twardego papieru oraz tektury przyciętych brzegów materiałów wielowarstwowych.
Lakiery końcowe serii 1050	Dobra plastyczność, wysoka przyczepność do podłoża, wysoki stopień pokrywania, nieprzezroczystość, odporność na starzenie się, oporność dla prądu upływu, odporność na wilgotność, olej i chemikalia. Krótki czas schnięcia. Klasa izolacji: B przy 130°C.	Do transformatorów, obudów, mechanizmów, silników i tym podobnych.
Pur-Isolierlack	Po pokryciu tworzy równą i elastyczną powierzchnię. Bezbarwny, transparentny oraz przylutowalny. Nie zawiera składników niszczących oznaczenia na pokrywanych elementach. Odporny na wodę, oleje, większość środków chemicznych. Klasa izolacji: B przy 130°C.	Do pokrywania uzwojeń silników, generatorów, do płytek przewodzących. Stosowany do maszyn precyzyjnych z określoną tolerancją przyrządów pomiarowych, maszyn biurowych, zaników, wyłączników, klawiatur urządzeń, poszczególnych części maszyn, wyłączników wysokiego oraz niskiego napięcie, a także instalacji elektrycznych.

Wyroby lakierowe są wieloskładnikowymi zastawami, które naniesione na powierzchnię przedmiotów, po wyschnięciu tworzą trwałą błonę utrzymywaną siłami adhezji (przyczepności). Wyschnięte – utwardzone błony materiałów lakierniczych nazywamy powłokami lub pokryciami. Wyroby lakierowe nałożone na podłoże tworzą powłokę o właściwościach ochronnych (drewna przed gniciem, metalu przed korozją), dekoracyjnych lub specjalnych. Właściwości specjalne pokryć to: elektro – i termoizolacyjne, światłoczułe i światłoodporne, odporne na działanie substancji chemicznych.

Niektóre rodzaje lakierów i emalii są stosowane w technice elektroizolacyjnej. W procesie wytwarzania są one stosowane w stanie ciekłym, przy suszeniu lakieru ułatwia się rozpuszczalnik, natomiast ciało stałe lub olej, stanowiące jego ośnowę, tworzą po wyschnięciu cienką błonę elektroizolacyjną. Lakiery elektroizolacyjne dzielimy na: nasycające służące do nasycania porowatych i włóknistych materiałów izolacyjnych, powlekające, klejące służące jako lepiszcze do innych materiałów izolacyjnych (sklejanie płatków miki), specjalne nasycające i powlekające do urządzeń elektrycznych pracujących w szczególnie trudnych warunkach. Istnieją też lakiery posiadające właściwości przewodzące o rezystywności powierzchniowej około $0,2 \Omega / \text{cm}^2$ (tabela 22).

Wyroby lakierowe powinny odznaczać się: wysoką przyczepnością do podłoża, współczynnikiem rozszerzalności cieplnej powłoki porównywalnej do współczynnika lakierowanego materiału, wysoką ściśliwością, brakiem porowatości, wysoką elastycznością przy odpowiednio wysokiej twardości i wytrzymałości, odpornością cieplną, chemiczną i świetlną, oraz nieprzepuszczalnością dla gazów i wody.

Jakość i żywotność powłok lakierniczych zależy od ich zestawu, składu chemicznego, rodzaju lakierowanego materiału, przygotowania powierzchni, technologii i jakości наносzonego pokrycia. Podstawowymi wyrobami lakierowymi są: farby, lakiery i emalie.

Farby i emalie są to mieszaniny pokostów lub lakierów z pigmentami, rozcieńczone, tak aby nadawały się do rozprowadzenia cienką warstwą na malowanej powierzchni, wykazywały właściwości zasychania oraz tworzenia cienkiej, twardej i jednocześnie elastycznej powłoki. W farbach i emaliach pigmenty nadają powłoce barwę.

Do materiałów lakierniczych zalicza się także grunty i szpachlówki. Wysoką skuteczność i trwałość zabezpieczenia lakierniczego osiąga się przez stosowanie pokryć wielowarstwowych. Połączenie kolejno наносzonych warstw materiałów lakierniczych (grunt, szpachlówka, lakier barwny, ewentualnie lakier bezbarwny) nosi nazwę systemu lakierniczego. Ogólna liczba warstw wynosi od 2 do 14. Grubość pojedynczej warstwy gruntu i lakieru wynosi 10 do 26 μm .

4.11.2. Pytania sprawdzające

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

1. Co to są wyroby lakierowe?
2. Jaki jest cel pokrywania przedmiotów wyrobami lakierowymi?
3. Jakie wymagania stawiane są wyrobom lakierniczym?
4. Od jakich czynników zależy jakość i żywotność powłok lakierniczych?
5. Co rozumiesz pod pojęciem systemu lakierniczego?

4.11.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Zdefiniuj podstawowe pojęcia dotyczące wyrobów lakierowanych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś

- 1) zapoznać się z normą zawierającą terminy i definicje dotyczące wyrobów lakierowych,
- 2) zdefiniować następujące pojęcia: grunt, kit szpachlowy, rozpuszczalnik, wyrób lakierowy dwuskładnikowy, połysk, krycie, pigment, plastyfikator, podatność na mycie.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- PN-EN 971-1 Farby i lakiery,
- arkusz ćwiczeniowy.

Ćwiczenie 2

Dobierz lakier do elektroizolacji i ochrony klawiatur urządzeń.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinienś:

- 1) korzystając z tabeli 22 i materiałów reklamowych firm dobrać lakier do elektroizolacji i ochrony klawiatur urządzeń.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- materiały reklamowe firm.

4.11.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) przedstawić przykłady wyrobów lakierowych?	☐	☐
2) określić cel pokrywania przedmiotów wyrobami lakierowymi?	☐	☐
3) określić wymagania stawiane wyrobom lakierniczym?	☐	☐
4) określić, od jakich czynników zależy jakość i żywotność powłok lakierniczych?	☐	☐
5) zastosować system lakierniczy do paneli z obwodami drukowanymi?	☐	☐

4.12. Guma. Materiały uszczelniające i izolacyjne

4.12.1. Materiał nauczania

Guma jest produktem wulkanizacji kauczuków syntetycznych lub naturalnych. Otrzymuje się ją przez przeróbkę mieszanek ułatwiających procesy przetwórcze oraz nadające gumie odpowiednie właściwości. Podstawowym składnikiem gumy jest kauczuk naturalny (C_5H_8)_n gdzie $n > 10\ 000$ lub syntetyczny, otrzymywany poprzez kopolimeryzację butadienu, izoprenu, chloroprenu z innymi monomerami (styrenem, akrylonitrylem i izobutylenem). Wyroby gumowe zawierają: 40 - 60% kauczuku, barwniki, wypełniacze (tlenek cynku, kaolin, sadza, grafit, kreda, talk, plastyfikatory, stabilizatory, środki ściernie, tkaniny i inne). Zależnie od ilości siarki dodanej do kauczuku można uzyskać różnorodne tworzywa.

Dodatek siarki:

- 1 - 3% guma miękka, rozciągliwa i elastyczna (wydłużenie względne 150-500%);
- 30 - 35% ebonit, materiał twardy o dużej odporności udarowości (wydłużenie względne 2-6%).

Właściwości gumy decydujące o długości okresu jej użytkowania to: odporność na ścieranie i odporność na starzenie przejawiająca się twardnieniem, kruchością, zwiększeniem lepkości i plastyczności. Ważne właściwości gumy to: zdolność pęcznienia pod wpływem rozpuszczalników, odporność na przenikanie gazów, nie przewodzenie prądu elektrycznego, dobra izolacja cieplna i dźwiękowa.

W zależności od **warunków eksploatacji** rozróżniamy gumę:

- ogólnego przeznaczenia stosowaną do wyrobu: dętek i opon, pasków i pasów, uszczelek, artykułów izolacyjnych, amortyzatorów i podkładek przeciwdrganiowych pod maszyny, taśm przenośników, izolacji kabli elektrycznych, obuwia, rękawic i odzieży ochronnej, i innych;

- specjalnego przeznaczenia odporne na oleje, smary, paliwa i agresywne środki chemiczne oraz działanie niskich temperatur.

Zgodnie z PN-89/E-29100 rozróżniamy gumy stosowane do wyrobu kabli i przewodów elektrycznych:

- izolacyjne (zwykłe, kolejowe, nierozprzestrzeniające płomienia dla przewodów jedнопowłokowych, ciepłoodporne, wodno – i ozonoodporne),
- oponowe (zwykłe, o podwyższonych właściwościach mechanicznych, olejoodporne, odporne na rozdzielanie, na niską temperaturę, olejo – i paliwooodporne, nierozprzestrzeniające płomienia, ciepłoodporne, o wysokiej ciepłoodporności i przewodzące).

Materiały uszczelniające

Uszczelnieniem nazywa się element konstrukcyjny w dowolnej postaci, zapewniający szczelność pomiędzy dwoma powierzchniami. Zadaniem uszczelnienia jest uniemożliwienie przepływu przez szczelinę płynów, do których oprócz cieczy, gazów i par należą płyny unoszące ciała stałe w postaci zawieszin lub mieszanin.

Uszczelnienia powinny odznaczać się: hermetycznością, trwałością, odpornością mechaniczną, chemiczną i cieplną, małym współczynnikiem tarcia, możliwością doszczelnienia i wymiany, łatwością obsługi. Uszczelnienie może być spoczynkowe, gdy uszczelniane części znajdują się we wzajemnym spoczynku lub ruchowe w przypadku, części znajdujących się w ruchu względem.

Materiał uszczelniający (metal, guma, bawełna, celuloza, konopie i juta, tworzywo sztuczne) może być użyty bezpośrednio do uszczelnienia, jako szczeliwo, albo do wyrobu uszczelek podczas obróbki mechanicznej.

Materiały uszczelniające metalowe:

- żeliwo – rozprężne pierścienie tłokowe silników spalinowych i sprężarek,
- miedź – uszczelki do przewodów: hydraulicznych, wysokociśnieniowych parowych,
- ołów – uszczelki do przewodów z kwasem siarkowym, kwasami organicznymi,
- aluminium – uszczelki do przewodów z kwasem azotowym, amoniakiem.

Materiały azbestowe (produkowane w postaci: sznurów, płyt, tkanin) – do uszczelniania w urządzeniach narażonych na działanie wysokich temperatur, kwasów, ługów.

Materiały gumowe produkowane w postaci: płyt, (uszczelki spoczynkowe do wody zimnej i gorącej, pary wodnej), sznurów gumowych o przekrojach prostych lub złożonych (uszczelnianie spoczynkowe w przemyśle samochodowym, hutniczym, kolejowym).

Materiały bawełniane używane w postaci sznurów w pompach tłokowych i wirowych oraz w sprężarkach.

Materiały celulozowe: papier o grubości poniżej 0,03 mm (bibułka kondensatorowa) i powyżej 0,03 mm (papier do kabli elektroenergetycznych i teletechnicznych, izolacyjny do maszyn i transformatorów, tektura techniczna, preszpan i fibra).

Materiały konopne i jutowe w postaci: sznurów, do uszczelnień różnych przewodów rurowych oraz pakułów (w połączeniu z minią ołowiową i pokostem) do uszczelniania złącz gwintowych rur i armatur w instalacjach wodnych, gazowych.

Tworzywa sztuczne najczęściej: polichlorek winylu, bakelit, poliamid, teflon. Uszczelki z tych tworzyw odznaczają się dużą odpornością na działanie czynników chemicznych.

Materiały uszczelniające różne:

- skóra bydlęca – mocno natłuszczona, służy do wyrobu uszczelek spoczynkowych, pierścieni samouszczelniających, uszczelnienia znajdują zastosowanie do instalacji wody zimnej o niskim i wysokim ciśnieniu oraz do instalacji olejów,
- fibra – produkowana jest w postaci płyt, prętów, rur, stosowana do uszczelek ruchowych i spoczynkowych instalacji wody zimnej wysokiego ciśnienia, olejów, powietrza, tlenu,

- filc techniczny – odznacza się dużą nasiąkliwością, produkowany jest o grubości od 1 do 20 mm, wykonane z niego uszczelki zapobiegają wyciekaniu smaru z gniazd łożysk tocznych oraz przedostawaniu się pyłu do wnętrza łożysk,
- korek prasowany – produkowany jest w postaci płyt (mielony korek) o grubości od 2 do 5 mm, wykonuje się z niego uszczelki spoczynkowe do instalacji, w których znajdują się benzyny, oleje, piwa, spirytusy, soki owocowe.

Materiały nieprzewodzące prądu elektrycznego nazywamy materiałami dielektrycznymi (dielektrykami). Większość **materiałów dielektrycznych** jest jednocześnie materiałami elektroizolacyjnymi. Dielektryki stałe to: materiały włókniste naturalne (bawełna, jedwab, len, konopie, juta, azbest), materiały włókniste sztuczne (jedwab sztuczny, włókna poliamidowe i szklane), papiery (z usuniętą wilgocią i w miarę potrzeb nasącane lakierami lub olejami impregnacijnymi) o grubości mniejszej niż 0,03 mm (bibułki kondensatorowe) i większej niż 0,03 mm (papier kablowy, izolacyjny, do wyrobu materiałów uwarstwionych, fibra), woski naturalne i bitumiczne.

Tabela 23. Klasy ciepłoodporności izolacji.

Klasa	Y	A	E	B	F	H	200	220	250
t, [°C]	90	105	120	130	155	180	200	220	250

Materiały elektroizolacyjne dzielą się na klasy ze względu na odporność na działanie temperatury. Materiały elektroizolacyjne pochodzenia organicznego należą do klas: Y, A, E, a materiały nieorganiczne do trzech następnych: B, F, H. (tabela 23). Do wyższych klas, oznaczonych liczbami należą materiały nieorganiczne jak mika, kwarc, szkło, porcelana bez lepiszczy i związki fluoroorganiczne, tworzące wyższe klasy oznaczane jako 200, 220, 250. Klasy ciepłoodporności materiałów izolacyjnych stopniowane co 25°C, wyższe od 250 oznacza się kolejnymi symbolami liczbowymi.

4.12.2. Pytania sprawdzające

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

1. Co jest to jest guma?
2. Jakie właściwości posiadają wyroby gumowe?
3. Jaki jest podział gum z uwzględnieniem ich zastosowania i właściwości?
4. Jakie funkcje spełniają uszczelnienia i jakie posiadają właściwości?
5. Jakie znasz materiały uszczelniające i gdzie są stosowane?
6. Jak klasyfikujemy materiały elektroizolacyjne ze względu na odporność na działanie temperatury?

4.12.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Zdefiniuj pojęcia dotyczące technologii otrzymywania i właściwości gumy.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) wyszukać w normie i wpisać w arkuszu ćwiczeniowym znaczenie następujących pojęć związanych z technologią wytwarzania gumy:
 - a) starzenie,
 - b) odporność na ścieranie,
 - c) autoklaw,
 - d) kalander,
 - e) koagent,
 - f) pudrowanie,
 - g) gutaperka,
 - h) inhibitor.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- arkusz ćwiczeniowy,
- PN-ISO 1382:2005

Ćwiczenie 2

Dobierz gumę na przewody i inne elementy urządzeń pracujące w kontakcie z olejem i paliwami w temperaturze 70° C.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) wyszukać w normie i wpisać w arkuszu ćwiczeniowym: nazwę, przeznaczenie, najwyższą temperaturę pracy oraz właściwości elektryczne gum: ISi1, IBK I, IŻ, OVD3, IKE, IPE,
- 2) dobrać gumę o dużej trwałości na przewody i inne elementy urządzeń pracujące w kontakcie z olejem i paliwami w temperaturze 70° C.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- arkusz ćwiczeniowy,
- PN- 89/E-29 100.

Ćwiczenie 3

Dobierz materiały uszczelniające elementy aparatury kontrolno pomiarowej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) wyszukać w katalogu i wpisać w arkuszu ćwiczeniowym materiały stosowane na uszczelnienia następujących elementów: siłowniki pneumatyczne – D32, D12, D40; zawór rozdzielający G1/8; blok przygotowania sprężonego powietrza G-1/2; zawór

- redukujący G3/8; zawór odcinający kulowy G3/8 WW; smarownica sprężonego powietrza G1/8; przełącznik obiegu G1/8,
- 2) dobrać materiał na:
 - b) uszczelki do bloku przygotowania sprężonego powietrza G3/4,
 - c) uszczelnienie siłownika pneumatycznego z tulejką kształtową D32.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- arkusza ćwiczeniowy,
- Katalog: CPP PREMA Pneumatyka.

4.12.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) zdefiniować pojęcia dotyczące technologii wytwarzania gumy?	☐	☐
2) określić gatunki gumy w zależności od warunków eksploatacji?	☐	☐
3) określić zgodnie z PN oznaczenia, własności i zastosowanie gumy stosowanej do wyrobu kabli i przewodów elektrycznych?	☐	☐
4) dobrać gumę na izolację przewodów i inne elementy urządzeń?	☐	☐
5) określić, co to są uszczelnienia i jakie mają właściwości?	☐	☐
6) wyszczególnić materiały uszczelniające i określić ich zastosowanie?	☐	☐
7) dobrać materiał do wykonywania uszczelnienia aparatury kontrolno pomiarowej?	☐	☐
8) dokonać podziału materiałów elektroizolacyjnych na klasy ze względu na odporność na działanie temperatury?	☐	☐

4.13. Materiały ceramiczne. Szkło

4.13.1. Materiał nauczania

Materiały ceramiczne

Ceramiką nazywa się wyroby formowane z plastycznych surowców ceramicznych (glinka ilowa, kaolin, glina zwykła i garncarska, margiel ilasty, łupek ilasty, less, kwarc, mika, substancje organiczne) i wypalane w wysokiej temperaturze. Materiały ceramiczne charakteryzuje wysoka twardość, wysoka wytrzymałość na ściskanie i praktycznie zerowa plastyczność. Ceramika należy do grupy materiałów izolacyjnych o stałej dielektrycznej $\varepsilon_r = 1$ do 3 (przewodniki $\varepsilon_r = 300$ do 50 000, półprzewodniki $\varepsilon_r = 80$ do 130).

Zależnie od struktury wyroby ceramiczne dzielą się na:

- wyroby o przełomie (czerepie) porowatym, otrzymywanym przez wypalanie w temperaturach wyższych od temperatury spiekania charakteryzujące się szorstką, matową powierzchnią, dużą porowatością i nasiąkliwością (materiały budowlane),
- o przełomie nieporowatym, w której udział porów nie przekracza kilku procent, o lśniącej szklistej powierzchni, dużej twardości i wytrzymałości. Należą do niej następujące grupy materiałów: porcelana, porcelit, kamionka, klinkier odporny na ścieranie i działanie czynników chemicznych.

W zależności od zastosowania dzielimy ceramikę na:

- budowlaną,
- ogniotrwałą,
- elektrotechniczną,
- specjalną (techniczną), wytwarzaną z surowców o dużej czystości, co umożliwia otrzymanie powtarzalnych specyficznych właściwości użytkowych.

Tabela 24. Podstawowe klasy i rodzaje ceramiki technicznej oraz przykłady jej zastosowania [8, s. 87]

Klasa ceramiki	Rodzaj	Zastosowanie
tlenkowa	z tlenku aluminium (korundowa)	wyroby ogniotrwałe, technika próżniowa, części maszyn, wyroby chemoodporne i izolacyjne
	z dwutlenku cyrkonu	wyroby ogniotrwałe i chemoodporne
	z tlenku magnezu	części ogniotrwałe i chemoodporne
	z tlenku wapnia	części ogniotrwałe i chemoodporne
	na bazie krzemionki	lotnictwo, metalurgia
krzemianowa i glinokrzemianowa	mulitowa i mulitowo-korundowa	elektronika, radiotechnika
	klinoenstatywowa	technika próżniowa, radiotechnika, elektronika
	fosterytowa	technika próżniowa
	kordierytowa	elektronika
	cyrkonowa	elektro- i radiotechnika
na bazie tlenków tytanu, związków tytanu i cyrkonianów	z dwutlenku tytanu (rutylowa), związków tytanu i cyrkonu z właściwościami piezoelektrycznymi	kondensatory, piezoelementy, radiotechnika
na bazie spineli ($M_2^{III}M^{II}O_4$)	ze spineli magnezowych	materiały ogniotrwałe, elektrotechnika, technika próżniowa, elektronika, radiotechnika
	ze spineli żelazowych	elektronika, radiotechnika
Chromitowa ziem rzadkich	z chromitów lantanowych	elementy nagrzewu wysokotemperaturowego, elementy przewodzące
wysokotopliwa beztlenkowa	z węglików, azotków, borków, krzemków	części ogniotrwałe, nagrzew elektryczny, części konstrukcji
konstrukcyjna	—	części konstrukcyjne, materiały ogniotrwałe

Zakres zastosowań ceramiki technicznej ciągle się rozszerza (tabela 24). Pojawiły się grupy ceramiki specjalnego przeznaczenia: magnetyczna, optyczna, chemiczna, bioceramika, termoceramika, ceramika jądrowa, pancerna, nadprzewodząca, narzędziowa, motoryzacyjna i inne. Stosuje się ją między innymi w:

- przemyśle elektrotechnicznym i energetyce (elektrody, elementy grzewcze, łopatkę wysokotemperaturowych turbin gazowych, styki, termoizolatory i systemy osłony termicznej);
- budowie maszyn i urządzeń (części pracujące w środowiskach agresywnych, w warunkach intensywnego ścierania, wysokiej temperaturze, w reaktorach jądrowych)
- lotnictwie i kosmonautyce (zespoły ruchu i napędu, części hamulców, świece zapłonowe, czujniki gazowe i cieplne);
- medycynie (precyzyjne czujniki, stawy, zęby) .

Szkło jest bezpostaciową substancją otrzymywaną przez stopienie: surowców kwaśnych (tlenek krzemu, tlenek glinu), surowców alkalicznych (topniki zawierające Na_2O lub K_2O), których zadaniem jest stopienie na jednorodną przezroczystą masę trudnotopliwych składników szkła, surowców wapniowych i pokrewnych (zawierających CaO , MgO , PbO), w celu zwiększenia odporności masy szklanej na działanie czynników chemicznych, surowców pomocniczych (barwniki, odbarwiacze, środki mące).

Zaletami szkła, jako materiału konstrukcyjnego są: znaczna twardość i wytrzymałość na ściskanie oraz łatwość kształtowania w stanie plastycznym, odporność na działanie czynników atmosferycznych oraz rozcieńczonych kwasów i zasad, odporność na działanie podwyższonej temperatury, przezroczystość, gładkość i połyskiem, niepalność, mała przewodność cieplna i elektryczna, niska cena. Dzięki powyższym zaletom szkło znalazło powszechne zastosowanie we wszystkich gałęziach przemysłu, w gospodarstwie domowym i laboratoriach naukowych. Wadami szkła są: kruchość, brak odporności na duże zmiany temperatury.

Szkło według przeznaczenia można podzielić na: techniczne, budowlane, gospodarcze, na opakowania. Poza wymienionymi rodzajami szkieł produkuje się następujące materiały szklane:

- szkło piankowe (stosowane jako materiał izolujący cieplnie i akustycznie),
- włókno szklane (używane do wyrobu mat stosowanych w budownictwie jako izolatory cieplne), wata szklana (materiał termoizolacyjny),
- szkło krystaliczne (wytrzymałość 2 do 3 krotnie większa od szkła, duża odporność na ścieranie, odporność na uderzenie cieplne, odporność na działanie kwasów i zasad w wysokich temperaturach).

Szkło techniczne stosuje się do produkcji żarówek i lamp, wodowskazów i termometrów, aparatury chemicznej i laboratoryjnej oraz do produkcji soczewek pryzmatów i innych elementów aparatury technicznej.

Materiały szklanokrystaliczne (**dewitryfikatory**) stosuje się do produkcji: wymienników ciepła, łożysk ślizgowych i kulkowych pracujących bez smaru do temperatury 980°C (1253K), części narażone na silne działanie erozyjne i chemiczne, części silników spalinowych oraz tarcze i łopatki pomp do przetaczania agresywnych cieczy ze ścierniwem, żaroodporne emalie odporne na ścieranie do zabezpieczania części metalowych.

4.13.2. Pytania sprawdzające

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

1. Co to jest ceramika?
2. Jakie jest zastosowanie podstawowych rodzajów ceramiki technicznej?
3. Co to jest szkło?
4. Jakie są zalety szkła jako materiału konstrukcyjnego?
5. Jakie są wady szkła?
6. W jaki sposób klasyfikujemy szkło wg przeznaczenia?
7. Jakie jest zastosowanie dewitryfikatorów?

4.13.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Określ właściwości elektroizolacyjne materiałów ceramicznych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) wyszukać w normie i wpisać do tabeli w arkuszu ćwiczeniowym elektroizolacyjne materiały ceramiczne stosowane w urządzeniach i systemach mechatronicznych,
- 2) wypisać z normy dane dotyczące wybranych materiałów.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- PN-86/E06301 – Elektroizolacyjne materiały ceramiczne,
- arkusz ćwiczeniowy.

Ćwiczenie 2

Zdefiniuj pojęcia związane z technologią otrzymywania i właściwościami emalii szklanych stosowanych do pokrywania wyrobów metalowych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) wyszukać w normie i wpisać do tabeli znaczenie następujących pojęć emalia szklana, masa emalierska, warstwy emalii: kryjąca, wewnętrzna, podstawowa, ługoodporna, kwasoodporna, nietopliwa,
- 2) odpowiedzieć na pytanie: Jakie jest zastosowanie emalii szklanych?

Wyposażenie stanowiska pracy:

- PN-80/H01555 – Emalie szklane do wyrobów metalowych,
- Mały poradnik mechanika,
- arkusz ćwiczeniowy.

4.13.4. Sprawdzian postępów.

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) wyjaśnić definicję i rodzaje ceramiki?	☐	☐
2) określić zastosowanie podstawowych rodzajów ceramiki technicznej?	☐	☐
3) określić wymagania stawiane elektroizolacyjnym materiałom ceramicznym?	☐	☐
4) przedstawić elektroizolacyjne materiały ceramiczne stosowane w urządzeniach i systemach mechatronicznych?	☐	☐
5) określić zalety i wady szkła jako materiału konstrukcyjnego?	☐	☐
6) klasyfikować szkła według jego przeznaczenia?	☐	☐

5. SPRAWDZIAN OSIĄGNIĘĆ

INSTRUKCJA DLA UCZNIA

1. Przeczytaj uważnie instrukcję.
2. Podpisz imieniem i nazwiskiem kartę odpowiedzi.
3. Zapoznaj się z zestawem pytań testowych.
4. Test zawiera 30 zadań. Do każdego zadania dołączone są 4 możliwe 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. Warunkiem otrzymania najniższej oceny pozytywnej (dopuszczającej) jest prawidłowe rozwiązanie, co najmniej 18 zadań z zadań oznaczonych numerami 1÷22.
8. Kiedy udzielenie odpowiedzi będzie Ci sprawiało trudność, wtedy odłóż jego rozwiązanie na później i wróć do niego, gdy zostanie Ci wolny czas.
9. Na rozwiązanie testu masz 40 min.

Powodzenia!

Zestaw zadań testowych

1. Wytrzymałość na rozciąganie R_m to naprężenie rozciągające
 - a) przy osiągnięciu, którego następuje wyraźny wzrost wydłużenia rozciągniętej próbki, bez wzrostu lub nawet przy krótkotrwałym spadku siły obciążającej.
 - b) rzeczywiste występujące w przekroju poprzecznym próbki w miejscu przewężenia w chwili rozerwania.
 - c) odpowiadające największej sile obciążającej uzyskanej podczas przeprowadzenia próby.
 - d) przy osiągnięciu, którego następuje trwałe odkształcenie plastyczne materiału.
2. Próba twardości sposobem Brinella polega na
 - a) dwustopniowym wciskaniu w badaną próbkę kulki przy określonych warunkach i pomiarze trwałego przyrostu głębokości odcisku po obciążeniu.
 - b) statycznym wciskaniu diamentowego ostrosłupa o kącie 136° w powierzchnię metalu pod wpływem siły obciążającej wgłębnik F.
 - c) statycznym wciskaniu siłą F w badany materiał twardej kulki stalowej o średnicy D za pomocą specjalnego aparatu.
 - d) dwustopniowym wciskaniu w badaną próbkę stożka diamentowego przy określonych warunkach i pomiarze trwałego przyrostu głębokości odcisku po obciążeniu.
3. Wybierz zdanie fałszywe. O tym, że najczęściej stosowanym sposobem pomiaru twardości jest metoda Rockwella decyduje
 - a) możliwość pomiaru twardości materiałów plastycznych i twardych.
 - b) zastosowanie obciążenia wstępnego eliminującego błędy pomiaru spowodowane niedokładnym przyleganiem wgłębnika do badanej powierzchni.
 - c) bezpośredni odczyt.
 - d) możliwość pomiaru twardości poszczególnych faz stopów.

4. Wybierz zadanie fałszywe. Wynik próby udarności zależy od
- rodzaju zastosowanej próbki.
 - rodzaju młota.
 - temperatury, w której przeprowadzana jest próba.
 - sprawności fizyczna osoby przeprowadzającej próbę łamania próbki.
5. Stal jest to stop żelaza z węglem
- i innymi domieszkami o zawartości C 2,5%.
 - o zawartości C do 2,0%.
 - i innymi domieszkami o zawartości C do 2,0%, poddany obróbce plastycznej.
 - i innymi domieszkami, poddany obróbce cieplnej.
6. Żeliwo białe jest to stop, który
- otrzymywany jest przez dodanie do ciekłego żeliwa stopów magnezu, a następnie modyfikowanie żelazo-krzemem.
 - odznacza się dobrymi właściwościami odlewniczymi, dużą wytrzymałością na ścieranie i małą udarnością.
 - odznacza się dobrymi właściwościami mechanicznymi i dobrą plastycznością.
 - nie nadaje się na części konstrukcyjne, jest twarde, kruche i trudne do obróbki mechanicznej.
7. Najwyższą wytrzymałość na rozciąganie, spośród podanych poniżej, ma stal
- C50.
 - C30.
 - C22R.
 - C45.
8. S185 to znak stali
- niestopowej konstrukcyjnej.
 - niestopowej do ulepszania cieplnego (jakościowej).
 - narzędziowej niestopowej.
 - odpornej na korozję.
9. Wybierz spośród podanych poniżej znak staliwa zgony z PN-EN 10027-1:1994
- C45U,
 - 200-400W,
 - EN-GJL-150,
 - L360.
10. Jaki materiał wybierzesz do wykonania elementów zwilżanych manometru cyfrowego?
- stal szybko tnącą,
 - stal kwasoodporną,
 - stal narzędziową,
 - żeliwo.
11. Stop miedzi z cynkiem to:
- hydronalium,
 - brąz,
 - mosiądz,
 - dural.

12. Który z podanych materiałów jest przewodnikiem prądu elektrycznego:
- kauczuk naturalny,
 - szkło,
 - miedź,
 - chromel.
13. Austenit jest to:
- mieszanina eutektoidalna ferrytu i cementytu.
 - roztwór stały węgla w żelazie α ,
 - związek węgla z żelazem,
 - roztwór stały węgla w żelazie γ .
14. Otrzymanie równomiernej budowy drobnoziarnistej jest celem wyżarzania
- zmiękczającego.
 - normalizującego.
 - ujednoradniającego.
 - rekrytalizującego.
15. Wyżarzanie odprężające nie stosuje się do:
- stali poddanej przeróbce plastycznej na zimno,
 - stali przeznaczonej do hartowania,
 - stali po spawaniu,
 - odlewów żeliwnych.
16. Obróbka ta jest procesem długotrwałym. Przeznaczone do niej przedmioty są uprzednio ulepszone cieplnie i szlifowane na ostateczny wymiar. Proces nie wpływa na zmianę wymiarów przedmiotów, a ich powierzchnie nie ulegają uszkodzeniu. Po procesie nie stosuje się obróbki cieplnej. Powyższa charakterystyka dotyczy
- azotowania.
 - nawęglania.
 - cyjanowania.
 - aluminowania.
17. Wybierz zadanie fałszywe. Korozja jest to
- odwracalny proces chemiczny zmieniający jedynie na pewien czas własności użytkowe wyrobu.
 - zjawisko powodujące zmianę przewodności elektrycznej materiału.
 - proces chemiczny lub elektrochemiczny powodujący powstawanie produktów o niskiej wytrzymałości.
 - zjawisko zmieniające zazwyczaj wygląd powierzchni.
18. Która z właściwości tworzyw sztucznych ogranicza ich stosowanie do produkcji elementów maszyn?
- dobre właściwości wytrzymałościowe.
 - mała odporność na działanie podwyższonych temperatur.
 - znaczna odporność na działanie czynników atmosferycznych.
 - mała gęstość.

19. Do wykonania oprzyrządowania chemicznego, rur, profili, części maszyn, elementów pomp, wentylatorów, opakowań, wykładzin podłogowych, sztucznej skóry, ram okiennych wybierzesz
- poliwęglany.
 - polichlorek winylu.
 - polimetakrylan metylu (szkło organiczne).
 - polietylen wysokociśnieniowy.
20. Do wykonania izolacji przewodów elektrycznych nie stosuje się
- gumy,
 - polichloreku winylu (PVC),
 - polietylenu,
 - ołowiu.
21. Materiały ceramiczne charakteryzują się
- dobrą przewodnością elektryczną.
 - bardzo dobrą przewodnością cieplną.
 - dobrą plastycznością.
 - odpornością na agresywne działanie stężonych kwasów i zasad.
22. Półprzewodnik jest materiałem
- o małej przewodności elektrycznej (dużej rezystywności).
 - o dużej przewodności elektrycznej (małej rezystywności).
 - będącym w pewnych warunkach przewodnikiem, a w innych dielektrykiem.
 - o bardzo dobrej przewodności cieplnej.
23. Siarka w stali
- powoduje kruchość na gorąco.
 - zwiększa wytrzymałość stalowych wyrobów walcowanych na gorąco.
 - odtlenia ciekły metal.
 - zwiększa plastyczność.
24. Kulkę z węglików spiekanych do pomiaru twardości metodą Rockwella wybierzesz do badania
- stali ulepszonych cieplnie oraz twardych żeliw.
 - ciennych blach oraz węglików spiekanych.
 - bardzo ciennych blach oraz warstw powierzchniowych.
 - miękkich stali, miedzi i metali nieżelaznych.
25. W znaku stali HS2-9-1-8 litery HS i liczby rozdzielone kreskami oznaczają
- HS - stale szybko tnące, liczby średnie stężenie (w %) pierwiastków w kolejności: W, Mo, V, Co.
 - HS - produkty płaskie ze stali miękkich przeznaczone do kształtowania na zimno, liczby średnie stężenie (w %) pierwiastków w kolejności: W, Mo, V, Co.
 - HS - stale odporne na korozję, wysokochromowe, liczby – klasy jakości zależne od zawartości chromu.
 - HS - żeliwa szare, liczby: pierwsza wydłużenie $A_{10}\%$, następnie wytrzymałość w MPa.

26. Do wykonania zaworów bezpośredniego działania i wspomagane ciśnieniem medium wybierzesz
- mosiądz i stal kwasoodporną.
 - brąz ołowiowy i stal kwasoodporną.
 - stal i stal konstrukcyjną.
 - kanthal i inwar.
27. Wyroby te są wytwarzane z proszków metali, najczęściej ze stopów żelaza lub miedzi, m.in. z brązów cynowych, do których mogą być dodawane proszki niemetalu. Pory istniejące w ich wnętrzu są połączone ze sobą, tworząc kapilarne kanaliki. Objętość porów sięga 50% całkowitej objętości przedmiotu. Najczęściej produkuje się je w postaci cienkościennych tulei lub tulei z kołnierzami, a także w postaci baryłkowatej. Wyroby, o których mowa w tym tekście to
- spiekane cermetale narzędziowe.
 - super twarde materiały narzędziowe.
 - ceramika elektroizolacyjna.
 - porowate łożyska samosmarowne.
28. Wskaż rozwiązanie konstrukcyjne sprzyjające powstawaniu korozji.
- Tworzenie przestrzeni zamkniętych.
 - Ustawianie zbiorników na piasku z inhibitorami.
 - Zachowanie odstępów między elementami nie mniejsze niż 45mm.
 - Zapewnienie łatwego opróżniania i oczyszczania zbiorników.
29. Wybierz temperaturę hartowania stali niestopowej o zawartości C=1,1%
- 850°C
 - 757°C
 - 550°C
 - 727°C
30. Do stabilnego pomiaru temperatury wybierzesz termoparnę
- Au-Pd / Rh-Pt.
 - OsRu40 / Os.
 - PtRh10 / Pt.
 - Au-Pd / Rh-Pt.

KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko

Dobieranie materiałów konstrukcyjnych

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	
21	a	b	c	d	
22	a	b	c	d	
23	a	b	c	d	
24	a	b	c	d	
25	a	b	c	d	
26	a	b	c	d	
27	a	b	c	d	
28	a	b	c	d	
29	a	b	c	d	
30	a	b	c	d	
Razem:					

6. LITERATURA

1. Dobrzański L.: Podstawy nauki o materiałach i metaloznawstwie. Materiały inżynierskie z podstawami projektowania materiałowego. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Gliwice – Warszawa, 2002
2. Dobrzański L.: Zasady doboru materiałów inżynierskich z kartami charakterystyk. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej Gliwice, 2001
3. Dretkiewicz-Więch J.: Materiałoznawstwo. Materiały do ćwiczeń. OBR Pomocy Naukowych i Sprzętu Szkolnego, Warszawa, 1993
4. Lisica A. Laboratorium materiałoznawstwa. Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom, 2005
5. Mały poradnik mechanika. Praca zbiorowa t. I. WNT, Warszawa, 1996
6. Miller P., Radwanowicz H.: Towaroznawstwo wyrobów nieżywnościowych. WSiP Warszawa, 1998
7. Wojtkun F., Bukała W.: Materiałoznawstwo cz. I. WSiP, Warszawa, 1999
8. Wojtkun F., Bukała W.: Materiałoznawstwo cz. II. WSiP, Warszawa, 1999
9. Zając B.: Materiały pomocnicze dla nauczycieli liceum technicznego o profilu mechanicznym cz. II, WODN, Łódź, 1996

Normy

PN –89/E-29100 Guma do kabli i przewodów elektrycznych
PN-92/C-01604/01 Guma. Terminologia. Podział, nazwy i symbole kauczków
PN-ISO 1382:2005 Guma – Terminologia. Zastępuje: PN-ISO 1382:1998
PN-86/E06301 Elektroizolacyjne materiały ceramiczne. Klasyfikacja i wymagania
PN-84/H01560 Wyroby metalowe. Wady powłok emalii szklanych. Podział i terminologia
PN-80/H01555 Emalie szklane do wyrobów metalowych. Nazwy i określenia
PN-EN 971-1 Farby i lakiery. Terminy i definicje dotyczące wyrobów lakierowych. PN-EN 10045-1 Metale. Próba udarności sposobem Charpy'ego. Metoda badania
PN-EN 10045-2 Metale. Próba udarności sposobem Charpy'ego. Sprawdzanie młotów
PN-EN ISO 6506-1:2002 Metale - Pomiar twardości sposobem Brinella - Część 1: Metoda badań, instrukcja obsługi używanego do badań twardościomierza
PN-EN ISO 6508-1:2002 Metale - Pomiar twardości sposobem Rockwella - Część 1: Metoda badań (skala A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T)
PN-EN ISO 6507-1:1999 Metale - Pomiar twardości sposobem Vickersa - Metoda badań
PN-EN 10088-1:1998, PN-EN 10088-2:1998, PN-EN 10088-3:1998 : Stale odporne na korozję należące do grupy stali nierdzewnych
PN-EN 10027-1:1994 Systemy oznaczania stali. Znaki stali, symbole główne
PN-EN 10027-2:1994 Systemy oznaczania stali. System cyfrowy
PN-EN 10020:2003 Definicja i klasyfikacja gatunków stali. Zastępuje PN-EN 10020:2002U
PN-EN ISO 683-17:2002U Stale na łożyska toczne
PN-EN 60893-3-2:2001 Wymagania techniczne dotyczące przemysłowych sztywnych płyt warstwowych na bazie żywicy termoutwardzalnych do celów elektrycznych