



MINISTERSTWO EDUKACJI
i NAUKI



Janusz Boczniewicz
Władysław Szumowski

Dobieranie materiałów konstrukcyjnych **311[20].O2.03**

Poradnik dla ucznia

Wydawca
Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy
Radom 2005

Recenzenci:

mgr inż. Janusz Jasek

mgr Janusz Salmanowicz

Konsultacja:

dr inż. Zbigniew Kramek

Opracowanie redakcyjne:

mgr inż. Katarzyna Maćkowska

Korekta:

mgr Edyta Koziel

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki modułowej 311[20].O2.03 Dobieranie materiałów konstrukcyjnych w modułowym programie nauczania dla zawodu technik mechanik.

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. Metalurgia żelaza	7
4.1.1. Materiał nauczania	7
4.1.2. Pytania sprawdzające	9
4.1.3. Ćwiczenia	9
4.1.4. Sprawdzian postępów	9
4.2. Otrzymywanie stali	10
4.2.1. Materiał nauczania	10
4.2.2. Pytania sprawdzające	13
4.2.3. Ćwiczenia	13
4.2.4. Sprawdzian postępów	13
4.3. Stale niestopowe (węglowe)	14
4.3.1. Materiał nauczania.	14
4.3.2. Pytania sprawdzające	16
4.3.3. Ćwiczenia	16
4.3.4. Sprawdzian postępów	17
4.4. Stale stopowe	17
4.4.1. Materiał nauczania	17
4.4.2. Pytania sprawdzające	19
4.4.3. Ćwiczenia	20
4.4.4. Sprawdzian postępów	20
4.5. Staliwo: ogólna charakterystyka staliw, znakowanie staliw	20
4.5.1. Materiał nauczania	20
4.5.2. Pytania sprawdzające	22
4.5.3. Ćwiczenia	22
4.5.4. Sprawdzian postępów	22
4.6. Żeliwo: ogólna charakterystyka żeliw, znakowanie żeliw	23
4.6.1. Materiał nauczania	23
4.6.2. Pytania sprawdzające	26
4.6.3. Ćwiczenia	26
4.6.4. Sprawdzian postępów	27
4.7. Metale nieżelazne i ich stopy	27
4.7.1. Materiał nauczania	27
4.7.2. Pytania sprawdzające	32
4.7.3. Ćwiczenia	33
4.7.4. Sprawdzian postępów	33
4.8. Materiały z proszków spiekanych	33
4.8.1. Materiał nauczania	33
4.8.2. Pytania sprawdzające	34
4.8.3. Ćwiczenia	35
4.8.4. Sprawdzian postępów	35
4.9. Tworzywa sztuczne	35
4.9.1. Materiał nauczania	35
4.9.2. Pytania sprawdzające	37
4.9.3. Ćwiczenia	37
4.9.4. Sprawdzian postępów	38

4.10. Szkło	38
4.10.1. Materiał nauczania	38
4.10.2. Pytania sprawdzające	40
4.10.3. Ćwiczenia	40
4.10.4. Sprawdzian postępów	40
4.11. Materiały ceramiczne	41
4.11.1. Materiał nauczania	41
4.11.2. Pytania sprawdzające	42
4.11.3. Ćwiczenia	43
4.11.4. Sprawdzian postępów	43
4.12. Kompozyty	43
4.12.1. Materiał nauczania	43
4.12.2. Pytania sprawdzające	45
4.12.3. Ćwiczenia	45
4.12.4. Sprawdzian postępów	46
4.13. Drewno	46
4.13.1. Materiał nauczania	46
4.13.2. Pytania sprawdzające	48
4.13.3. Ćwiczenia	49
4.13.4. Sprawdzian postępów	49
4.14. Materiały uszczelniające	49
4.14.1. Materiał nauczania	49
4.14.2. Pytania sprawdzające	51
4.14.3. Ćwiczenia	52
4.14.4. Sprawdzian postępów	52
5. Sprawdzian osiągnięć	53
6. Literatura	57

1. WPROWADZENIE

Poradnik będzie Ci pomocny w przyswajaniu wiedzy o podstawowych własnościach materiałów konstrukcyjnych, ich właściwościach mechanicznych, technologicznych.

W poradniku zamieszczono:

- wymagania wstępne, czyli wykaz umiejętności, jakie powinieneś mieć już ukształtowane, abyś bez problemów mógł korzystać z poradnika,
- cele kształcenia, czyli wykaz umiejętności, jakie ukształtujesz podczas pracy z poradnikiem,
- materiał nauczania, wiadomości teoretyczne i wskazówki praktyczne, niezbędne do poznania właściwości materiałów, sposobu ich badania, a także ich klasyfikacji,
- zestaw pytań przydatny do sprawdzenia, czy już opanowałeś podane treści,
- ćwiczenia pomogą Ci zweryfikować wiadomości teoretyczne oraz ukształtować umiejętności praktyczne,
- sprawdzian postępów, przykładowy zestaw zadań i pytań. Pozytywny wynik sprawdzianu potwierdzi, że dobrze pracowałeś podczas lekcji i że nabrałeś wiedzy i umiejętności z zakresu tego podrozdziału,
- literaturę uzupełniającą.

Zrealizowanie przez Ciebie materiału nauczania o doborze materiałów konstrukcyjnych będzie stanowiło dla nauczyciela podstawę przeprowadzenia sprawdzianu poziomu przyswojonych wiadomości i umiejętności. W tym celu nauczyciel posłuży się „Zestawem zadań testowych” zawierającym różnego rodzaju pytania. W rozdziale 5 tego poradnika został zamieszczony przykład takiego testu, który zawiera:

- instrukcję, w której omówiono jak postępować podczas wykonywania sprawdzianu,
- przykładową kartę odpowiedzi, w której we wskazanych miejscach należy wpisać odpowiedzi na pytania – zadania; będzie to stanowiło dla Ciebie próbę przed zaplanowanym sprawdzianem przez nauczyciela.

Bezpieczeństwo i higiena pracy

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

2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- korzystać z różnych źródeł informacji,
- posługiwać się podstawowymi pojęciami z zakresu statyki, dynamiki, kinematyki, takimi jak: masa, siła, prędkość, energia,
- zastosować prawa i zależności matematyczne opisujące związki między wielkościami fizycznymi,
- stosować układ SI,
- interpretować wykresy, a także odczytywać wielkości z wykresów,
- korzystać z instrukcji urządzeń,
- dobierać i obsługiwać przyrządy pomiarowe,
- współpracować w grupie,
- uczestniczyć w dyskusji, prezentacji,
- organizować stanowisko pracy.

3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- scharakteryzować proces wielkopienny,
- rozróżnić procesy otrzymywania stali,
- sklasyfikować stopy żelaza z węglem,
- ustalić właściwości stopów żelaza z węglem w zależności od zawartości węgla,
- omówić zastosowanie stali niestopowych (węglowych) i stopowych żeliwa oraz staliwa, w budowie maszyn i urządzeń,
- rozróżnić gatunki stali, żeliwa i staliwa,
- określić gatunek stopu żelaza z węglem na podstawie podanego oznaczenia,
- sklasyfikować stopy metali nieżelaznych,
- przewidzieć możliwości zastosowania metali i stopów nieżelaznych w budowie maszyn i urządzeń,
- sklasyfikować tworzywa sztuczne i określić ich właściwości,
- określić zastosowanie tworzyw sztucznych w budowie maszyn i urządzeń,
- sklasyfikować szkło i wskazać jego zastosowanie,
- rozróżnić właściwości, rodzaje i zastosowanie materiałów ceramicznych,
- rozróżnić właściwości i zastosowanie materiałów uszczelniających,
- przewidzieć możliwości zastępowania stopów metali kompozytami podczas doboru materiałów na części maszyn,
- rozróżnić podstawowe gatunki drewna i ich zastosowanie,
- dobrać materiał do podanych wymagań,
- uzasadnić dobór materiału z uwzględnieniem właściwości mechanicznych, technologicznych i rodzaju produkcji.

4. MATERIAŁ NAUCZANIA

4.1. Metalurgia żelaza

4.1.1. Materiał nauczania

Metalurgia żelaza polega na przeróbce **rud żelaza**, czyli tlenków żelaza, wodorotlenków i węglanów, rzadziej siarczków. Wszystkie rudy w mniejszym lub większym stopniu są zanieczyszczone piaskiem, gliną, tlenkami wapnia, magnezu i innymi.

W procesie otrzymywania surówki należy zredukować związki żelaza oraz usunąć inne zanieczyszczenia.

Proces redukcji odbywa się w wielkim piecu, do którego doprowadza się **rudę żelaza**, **koks** i **topniki** oraz **powietrze**, które wspomaga spalanie paliwa. Te materiały nazywane są **materiałami wsadowymi**.

W wyniku tej operacji technologicznej otrzymujemy surówkę, która zawiera znaczne ilości domieszek i zanieczyszczeń. Dzieje się tak, ponieważ zanieczyszczenia tworzą w trakcie spalania tzw. **skale płonną**, którą trudno jest usunąć z surówki. W celu umożliwienia stopienia skały płonnej do rud żelaza trudno topliwych dodaje się do wielkiego pieca specjalne topniki. Ale istnieją również rudy żelaza, w których stopienie skały płonnej jest łatwe i wtedy mówimy o **rudach łatwotopliwych**. Niekiedy w ogóle nie potrzeba dodawać topników i wtedy taką rudę nazywamy **samotopliwą**.

W zależności od składu chemicznego skały płonnej rozróżniamy **rudy kwaśne i zasadowe**. W rudach kwaśnych przeważa krzemionka (SiO_2), a w zasadowych CaO , MgO i inne składniki zasadowe.

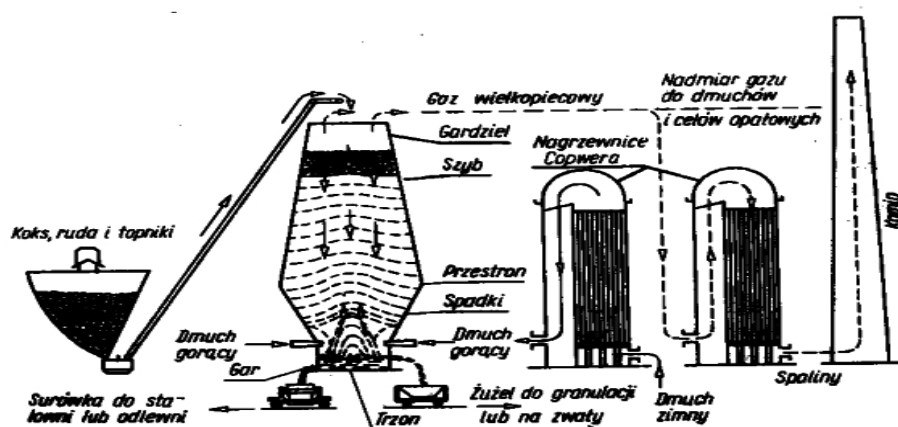
Rudami o największym znaczeniu przemysłowym są:

- **magnetyt** (Fe_3O_4) – zawierającym około 70 % Fe,
- **hematyt** (Fe_2O_3) – zawierającym ok. 50 ÷ 60 % Fe,
- **limonit** ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) – zawierającym ok. 30 ÷ 52 % Fe,
- **syderyt** (FeCO_3) – zawierającym 30 ÷ 40 % żelaza.

Rudy przed obróbką w wielkim piecu poddawane są sortowaniu, rozdrabnianiu lub spiekaniu.

W procesie wytopienia surówki ważną rolę odgrywa koks – gdyż jest głównym dostawcą ciepła. Dobry koks powinien być wytrzymały na ściskanie i ścieranie, powinien odznaczać się dobrą przepuszczalnością gazów. Nie powinien zawierać dużych ilości siarki. Koks używany do wytopu surówki nazywamy hutniczym.

Również topniki są ważnym elementem wsadu pieca. Istnieje reguła, że do rud kwaśnych dodajemy topniki zasadowe (CaCO_3 – wapń) lub magnezyt (MgCO_3), a do rud zasadowych dodajemy topniki kwaśne – najczęściej są to ubogie w żelazo rudy kwaśne (tzn. zawierające znaczne ilości krzemionki (SiO_2)).



Rys. 1. Schemat wielkiego pieca

Źródło: Okoniewski S.: Technologia maszyn. WSiP, Warszawa 1995

Wielki piec: piec szybowy do wytapiania surówki ze wsadu składającego się z rudy żelaza z dodatkiem koksu i topników. Wielki piec ma gruszkowaty kształt dwóch stożków ściętych złączonych podstawami. Cała konstrukcja ma około 40 metrów wysokości. Wsad zasypuje się od góry, przez zamykany otwór zwany gardzielą. Część pieca tworzona przez górny stożek nazywa się szybem i jest zasobnikiem surowca. Koks pełni rolę paliwa oraz reduktora tlenków żelaza. Proces palenia podtrzymywany jest powietrzem wtłaczanym szeregiem dysz usytuowanych na poziomie złączenia podstaw stożków. Topniki ułatwiają oddzielenie od metalu zawartych w rudzie zanieczyszczeń i skały płonnej. Stopiony metal zwany surówką zbiera się w części tworzonej przez stożek dolny zwanej garą. Niepożądane składniki wsadu w wyniku reakcji z topnikami i tlenem z atmosfery pieca tworzą żużel, który również spływa do gara i, jako lżejszy, unosi się na powierzchni surówki. Co pewien czas surówka i żużel odprowadzane są z pieca przez oddzielne otwory spustowe. Wydajność wielkiego pieca to 2 do ponad 10 tysięcy ton surówki na dobę. Oprócz żużla produktem ubocznym jest gaz wielkopieczowy, będący mieszaniną tlenku węgla, azotu i dwutlenku węgla. Gaz ten, spalany w nagrzewnicach, służy do ogrzewania wdmuchiwanego powietrza, co znacznie podnosi efektywność procesu.

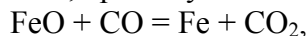
Wielki piec pracuje w procesie ciągłym, od rozpalenia do wygaszenia pieca upływa kilka lat, a przerwanie pracy jest zwykle wymuszone uszkodzeniem wyłożenia ogniotrwałego.

Procesy zachodzące w wielkim piecu można podzielić na **chemiczne** i **fizyczne**.

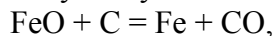
W trakcie procesów chemicznych następuje redukcja tlenków żelaza za pomocą tlenku węgla lub węgla. Oprócz tego zachodzą między innymi reakcje węgla z tlenem, nawęglanie żelaza.

Do procesów fizycznych należą parowanie wilgoci, topienie żelaza, topienie skały płonnej.

I tak, np. w wyniku reakcji chemicznej



otrzymamy dwutlenek węgla oraz żelazo, lub



gdzie otrzymamy tlenek węgla i żelazo.

Pierwsza z reakcji nazywana jest reakcją pośrednią, a druga bezpośrednią, bo na tlenek żelaza działamy czystym węglem.

4.1.2. Pytania sprawdzające

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

1. Na czym polega metalurgia żelaza?
2. Co otrzymujemy w wyniku redukcji rud żelaza?
3. Czym jest skała płonna?
4. Wymień podstawowe rodzaje rud żelaza?
5. Jakie wymagania stawiamy koksowi hutniczemu?
6. Jaką regułę stosuje się przy redukcji rud żelaza?
7. Co to są topniki i do czego służą?
8. Z jakich elementów składa się wielki piec?
9. Jakie procesy zachodzą w wielkim piecu?
10. Jakim wstępnym operacjom poddajemy rudy żelaza?

4.1.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Narysuj i opisz zasadę działania wielkiego pieca

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) narysować schemat wielkiego pieca,
- 2) opisać elementy wchodzące w skład wielkiego pieca,
- 3) opisać procesy zachodzące podczas wytopu.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- Poradnik Mechanika,
- Poradnik dla ucznia,
- komputer z dostępem do Internetu.

4.1.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

- 1) stosować nazwy i określić zawartość żelaza w rudach żelaza?
- 2) rozróżnić rodzaje skały płonnej?
- 3) scharakteryzować urządzenia wielkiego pieca?
- 4) wyjaśnić procesy zachodzące w wielkim piecu?
- 5) scharakteryzować redukcję rud żelaza?

Tak

Nie

☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐

4.2 Otrzymywanie stali

4.2.1. Materiał nauczania

Stalą nazywamy **stop żelaza i węgla**, gdy zawartość węgla nie przekracza około 2%, który w dalszym procesie jest obrobiony plastycznie.

Ze względu na skład chemiczny można rozróżnić dwie zasadnicze grupy stali:

- **stale niestopowe**,
- **stale stopowe**.

Ze względu na podstawowe zastosowanie stale niestopowe dzielimy na:

- **stale konstrukcyjne**,
- **stale narzędziowe**.

Ze względu na podstawowe zastosowanie stale stopowe dzielimy na:

- **stale konstrukcyjne**,
- **stale narzędziowe**.
- **stale o szczególnych właściwościach**.

Aby otrzymać stal z surówki stosuje się różne metody. Najbardziej rozpowszechnioną jest **metoda konwertorowa**. Wytapianie stali w **konwertorach** polega na przedmuchiwaniu powietrza lub tlenu przez roztopioną surówkę w specjalnych zbiornikach wykonanych ze stali oraz wyłożenia ceramicznego (ogniotrwałego) o kwaśnym lub zasadowym odczynie.

W trakcie procesu utleniają się wówczas krzem, mangan i węgiel, rzadko fosfor i siarka, zawarte w surówce.

Powstałe w ten sposób tlenki przechodzą do żużla lub w postaci gazu opuszczają konwertor.

Między innymi rozróżniamy metodę **Bessemera** i **Thomasa**. W konwerterze Bessemera wyłożenie miało odczyn kwaśny, a w Thomasa zasadowy. Wyłożenie zasadowe pozwala na redukcję fosforu, który nie był usuwany w konwerterze Bessemera. W obu konwertorach od dołu wdmuchiwane jest powietrze.



Rys. 2. Konwertor Thomasa

Źródło: Okoniewski S.: Technologia maszyn. WSiP, Warszawa 1995

W **metodzie konwertorowo – tlenowej (LD)** dmuch usytuowany jest u góry i dzięki temu możliwe jest stosowanie czystego tlenu. Metoda ta jest najbardziej rozpowszechniona. Procesy zachodzące w konwertorach nazywamy **świeżeniem surówki**.

Oczyszczenie surówki odbywa się w **piecach elektrycznych**. Najczęściej używa się **pieców elektrodowych** oraz **indukcyjnych**.

wyłożenie pieca najczęściej jest zasadowe.

Do zasilania pieca stosuje się prąd przemienny trójfazowy. Spust stali odbywa się poprzez nachylenie pieca.

Tak otrzymaną stal nazywa się często **stalą szlachetną** ze względu na jej wielką czystość. Wytopioną stal zlewa się do kadzi wyłożonej cegłą szamotową. Następnie wykonuje się dodatkowe odtlenianie. Z kadzi stal zlewa się do form zwanych kokilami. Można robić to z góry lub na zasadzie naczyń połączonych z dołu.

W zależności od rodzaju odtleniacza rozróżniamy **stal uspokojoną** – wtedy odtleniaczem jest żelazokrzem lub, gdy jest to żelazomangan, otrzymujemy **stal nieuspokojoną**, gdyż podczas stygnięcia stal wrze i wydzielają się z niej gazy.

Klasyczny proces wielki piec/zasadowy konwertor tlenowy jest jak dotychczas najbardziej złożonym procesem przebiegającym w dużych przemysłowych kompleksach określanych jako zintegrowane huty, które zajmują obszary o powierzchni do kilku kilometrów kwadratowych. Zintegrowane huty charakteryzują się siecią współzależnych przepływów materiałów i energii pomiędzy różnymi jednostkami produkcyjnymi takimi, jak: spiekalnie, grudkownie, koksownie, wielkie piece i stalownie konwertorowe z systemem odlewania stali.

Ogólnie można opisać proces powstawania stali następująco:

Wielki piec jest ładowany od góry wsadem składającym się z naprzemiennie układanych warstw koksu, mieszanki spieku i/lub grudek, rudy kawałkowej i topników. Żelazo w piecu poddawane jest stopniowej redukcji, a ciekłe żelazo (surówka) i żużel zbierane są na dnie wielkiego pieca, gdzie następuje spust.

Żużel z wielkiego pieca jest poddawany granulacji, grudkowaniu lub jest spuszcany do dołów żużlowych. Granulki żużlu lub grudki są zwykle sprzedawane do zakładów produkujących cement. Żużel z dołów żużlowych może być również wykorzystany do budowy dróg.

Surówka z wielkiego pieca jest transportowana do zasadowego konwertora tlenowego, gdzie zawartość węgla (około 4%) jest obniżana do poniżej 1%, w wyniku czego powstaje stal. W celu wyprodukowania stali o wymaganej jakości przeważnie stosuje się odsiarczanie surówki przed procesem konwertorowym oraz rafinację stali w kadzi (obróbka pozapiecowa). Ciekła stal z zasadowego konwertora tlenowego jest odlewana do wlewnic lub za pomocą ciągłego odlewania. W niektórych przypadkach stosowane jest odgazowanie próżniowe w celu poprawienia jakości stali.

Wyroby odlewane, takie jak wlewki, kęsy lub kęsiska płaskie, są następnie przerabiane na walcowniach i liniach wykańczających na wyroby gotowe do sprzedaży.

4.2.2. Pytania sprawdzające

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

1. Co nazywamy stalą?
2. Jakiego rodzaju stale możemy rozróżnić?
3. Opisz metodę konwertorową otrzymywania stali.
4. Jakie konwertory rozróżniamy?
5. W jakich urządzeniach oczyszczamy stal?
6. Po jakiej metodzie oczyszczenia stali nazywamy ją szlachetną?
7. W jaki sposób najczęściej produkowana jest stal?

4.2.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Opisz proces powstawania stali w hucie zintegrowanej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) korzystając ze schematu przebiegu procesu otrzymywania stali w hucie zintegrowanej opisać procesy zachodzące podczas wytopu stali.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- Poradnik Mechanika,
- Poradnik dla ucznia,
- Komputer z dostępem do Internetu.

4.2.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

- 1) zdefiniować pojęcie stali?
- 2) wskazywać rodzaje konwertorów?
- 3) wykazać różnice w metodzie Martena a Bessemera?
- 4) wykazać różnice między stalą uspokojoną a nieuspokojoną?

Tak	Nie
☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐

4.3. Stale niestopowe (węglowe)

4.3.1. Materiał nauczania

Stale węglowe możemy podzielić na:

Stale węglowe konstrukcyjne:

- 1) ogólnego przeznaczenia,
- 2) do utwardzania powierzchniowego i ulepszenia cieplnego,
- 3) o specjalnym przeznaczeniu.

Stale węglowe narzędziowe:

- 1) głęboko hartujące się,
- 2) płytko hartujące się.

Węgiel bardzo silnie wpływa na właściwości stali nawet przy nieznacznej zmianie jego zawartości i z tego względu jest bardzo ważnym składnikiem stali. Zwiększenie zawartości węgla powoduje zmianę struktury stali. Zmiana struktury stali spowodowana różną zawartością węgla wiąże się ściśle ze zmianą właściwości mechanicznych.

Zwiększenie zawartości węgla zwiększa wytrzymałość na rozciąganie R_m i zmniejsza plastyczność stali. Maksymalną wytrzymałość osiąga stal przy zawartości ok. 0,85% węgla. Przy większej zawartości węgla wytrzymałość stali zmniejsza się.

Zwiększenie zawartości węgla, oprócz obniżenia właściwości plastycznych, pogarsza również właściwości technologiczne stali węglowej; szczególne znaczenie ma pogorszenie spawalności.

Stale węglowe konstrukcyjne ogólnego przeznaczenia stosowane są do wykonywania konstrukcji i części maszyn, które nie mają zwiększonych wymagań dotyczących wytrzymałości elementów, a charakterystyki stali węglowych są wystarczające dla spełniania funkcji przez te konstrukcje i ich elementy.

Stale te są stalami najniższego gatunku mającymi znaczne ilości zanieczyszczeń. Stale te nie poddaje się obróbce cieplnej.

Według **PN-88/H-84020** rozróżnia się 6 podstawowych gatunków stali w tej grupie. W zależności od składu chemicznego i wymaganych własności mechanicznych. Znak gatunku stali składa się z liter **St** oraz liczby porządkowej 0, 3, 4, 5, 6 lub 7.

Gatunki stali przeznaczone na konstrukcje spawane o liczbie porządkowej 0, 3 i 4 oznaczają się dodatkowo literą **S** (np. **St0S**, **St3S**, **St4S**) oraz w przypadku określonej zawartości miedzi

(z wyjątkiem **St0S**) dodatkowo literami **Cu** (np. **St3SCu**, **St4SCu**). Gatunki o liczbie porządkowej 3 i 4 o podwyższonych wymaganiach jakościowych (o obniżonej zawartości węgla oraz fosforu i siarki) oznaczają się dodatkowo literą **V** lub **W** (np. **St3V**, **St4W**).

Znak gatunku stali **St5**, **St6** i **St7** w przypadku określonej dodatkowo zawartości węgla, manganu i krzemu uzupełnia się na początku literą **M** (np. **MSt5**).

Gatunki stali o liczbie porządkowej 3 i 4 z literą **S** lub **V** mogą być dodatkowe oznaczane literą **X** w przypadku stali **nieuspokojonej** (np. **St3SX**, **St3VX**, **St3SCuXC** lub literą **Y** w przypadku stali **półuspokojonej** (np. **StSCuY**, **St4SY**, **St4WY**).

Gatunki stali od **St0S** do **St4V** stosowane są w budownictwie i przemyśle komunikacyjnym, do wytwarzania konstrukcji słabo obciążonych.

Gatunki **St5**, **St6**, **St7** są stosowane w przemyśle maszynowym i komunikacyjnym.

Stale węglowe konstrukcyjne do utwardzania powierzchniowego i ulepszenia cieplnego charakteryzują się niewielką ilością krzemu i fosforu, a także wąskim rozrzutem zawartości węgla i manganu. Nadają się do obróbki cieplnej.

Produkują się je w trzech odmianach:

A – podlegające obróbce skrawaniem na całej powierzchni,

B – podlegające obróbce skrawaniem na niektórych powierzchniach,

C – nie podlegające obróbce skrawaniem.

Stale te oznacza się liczbą całkowitą, która podaje średnią zawartość węgla (procent zawartości pomnożony przez 100). Po symbolu może nastąpić litera **G** mówiąca o podwyższonej zawartości manganu.

I tak dla przykładu:

08 – stal zawiera od 0,05% do 0,11% węgla;

15G – stal zawiera od 0,15% do 0,19% węgla i od 0,7% do 1,0% manganu;

15 – stal zawiera od 0,15% do 0,19% węgla i od 0,25% do 0,5% manganu.

Stale konstrukcyjne do utwardzania powierzchniowego i ulepszania cieplnego stosowane są w przemyśle maszynowym, a także do elementów wykonywanych tłoczeniem.

Stale węglowe narzędziowe

Są to materiały stosowane do wyrobu części roboczych lub całych narzędzi. Główne własności materiałów narzędziowych:

H – twardość,

R – twardość mierzymy na twardościomierzu Rocvella,

C – skala:

a) **twardość narzędzia** – powinna przewyższać twardość materiału narzędziowego od 20 – 30 HRC, np. stal szybko tnąca hartowana to ok. 63 HRC. Narzędziem z tej stali można obrabiać materiały o twardości od 33-43 HRC,

b) **odporność na wysoką temperaturę**

Podczas skrawania narzędzie nagrzewa się przy dużych prędkościach do wysokich temperatur, wtedy może osiągnąć temp. wyższą od temp. odpuszczania danego materiału narzędziowego przez co ostrze ulega szybkiemu stępieniu. Wzrostowi temp. narzędzia możemy zapobiec stosując chłodzenie.

c) **odpowiednia wytrzymałość**

Rodzaj wymaganej wytrzymałości zależy od rodzaju narzędzia.

d) **odporność na ścieranie**

Właściwość ta wymagana jest od wszystkich narzędzi. Szczególnie zaś od tych, które podczas obróbki muszą zachować odpowiedni wymiar (np. rozwiertak).

e) **zachowanie się podczas hartowania**

Po hartowaniu pożądane jest, aby była zachowana odpowiednia twardość, odpowiednia głębokość oraz nieprzegrzewalność stali.

Materiały narzędziowe

Stale narzędziowe niestopowe (węglowe) – stale te posiadają małą zawartość fosforu i siarki. Posiadają zawartość węgla w granicach (0,38-1,3%). Odznaczają się niską temperaturą skrawania do ok. 250°C, a potem tracą własności. Mają małą odporność na ścieranie. Ich twardość zależy od zawartości węgla i waha się w granicach 56-62 HRC. Stale te hartujemy w wodzie. Ze stali niestopowych wykonujemy narzędzia o mało skomplikowanych kształtach. Stale narzędziowe niestopowe:

Stale niestopowe płytko hartujące:

N7E do N13E

Stale niestopowe głęboko hartujące:

N5 do N13

Stal zgrzewalna:

N42 do N52

Ogólnie można przyjąć takie oznaczenia:

N – stal narzędziowa,

7 – zawartość węgla wyrażona w 0,1 częściach %,

E – płytko hartująca.

Te gatunki stali wykorzystuje się, np. na chwytaki narzędzi. Ze stali narzędziowych niestopowych wykonuje się narzędzia do obróbki ręcznej metali, np. wiertła do drewna. Narzędzia te nie mogą pracować z dużymi szybkościami.

Klasyfikacji gatunków stali dokonuje się zgodnie z PN-EN 10020:1996 według składu chemicznego oraz wg ich zastosowania i właściwości mechanicznych lub fizycznych.

4.3.2. Pytania sprawdzające

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

1. Jaka jest różnica między stalą węglową ogólnego przeznaczenia a do utwardzania powierzchniowego i ulepszania cieplnego?
2. Jak dzielimy stale węglowe?
3. Jaki wpływ ma zawartość węgla na właściwości stali?
4. Jak oznacza się stale konstrukcyjne ogólnego przeznaczenia?
5. Jak oznacza się stale konstrukcyjne do utwardzania powierzchniowego i ulepszania cieplnego?
6. Do jakich elementów i części możemy używać stali węglowej ogólnego przeznaczenia?
7. Jakie wymagania stawiamy stalom węglowym narzędziowym?
8. Jakie narzędzia wykonuje się ze stali narzędziowych węglowych?

4.3.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Określ rodzaj stali oznaczonej St3S, St7, 08, 15G, N13E, N42.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) korzystając z Polskich Norm i Tablic Wytrzymałościowych określić rodzaj stali i jej skład chemiczny oraz właściwości mechaniczne.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- Poradnik Mechanika,
- Polskie Normy,
- komputer z dostępem do Internetu.

4.3.4. Sprawdzian postępów

	Tak	Nie
Czy potrafisz:		
1) scharakteryzować stal St3SY?	☐	☐
2) scharakteryzować stal 08?	☐	☐
3) wyjaśnić wpływ węgla na własności stali?	☐	☐
4) wyjaśnić różnice między stalą węglową ogólnego przeznaczenia a stalą do utwardzania powierzchniowego i ulepszania cieplnego?	☐	☐
5) dobrać stal do produkcji siatki ogrodzeniowej?	☐	☐

4.4. Stale stopowe

4.4.1 Materiał nauczania

Stal stopowa – jest to stal, w której oprócz węgla występują inne dodatki stopowe o zawartości od kilku do nawet kilkudziesięciu procent, zmieniające w znaczny sposób charakterystyki stali.

Dodatki stopowe dodaje się by:

- podnieść hartowność stali,
- uzyskać większą wytrzymałość stali,
- zmienić właściwości fizyczne i chemiczne stali.

Stale stopowe, zwykle bardzo drogie, używane są w zastosowaniach specjalnych, tam gdzie jest to uzasadnione ekonomicznie.

Do najczęściej stosowanych dodatków w stalach zalicza się:

- nikiel

Obniża prędkość hartowania. W praktyce ułatwia to proces hartowania i zwiększa głębokość hartowania. Nikiel znacznie podnosi wytrzymałość na uderzenie. Dodatek niklu w ilości 0.5% do 4% dodaje się do stali do ulepszania ciepłego, a w ilościach 8% do 10% do stali kwasoodpornej. W symbolach stali jego dodatek oznacza się literą N.

- chrom

Powoduje rozdrobnienie ziarna. Podwyższa hartowność stali. Zwiększa jej wytrzymałość. Stosowany w stalach narzędziowych i specjalnych. W tych ostatnich nawet w ilościach do 30%. W symbolach stali jego dodatek oznacza się literą H.

- mangan

Znacznie podwyższa wytrzymałość na rozciąganie, uderzenie i ścieranie. W symbolach stali jego dodatek oznacza się literą G.

- wolfram

zwiększa drobnoziarnistość stali, powiększa wytrzymałość, odporność na ścieranie. Duży dodatek wolframu 8% do 20% zwiększa odporność stali na odpuszczanie. W symbolach stali jego dodatek oznacza się literą W.

- molibden

Zwiększa hartowność stali. Podnosi wytrzymałość i zmniejsza kruchość i podnosi odporność na pełzanie. W symbolach stali jego dodatek oznacza się literą M.

- wanad

Zwiększa drobnoziarnistość stali i znacznie powiększa jej twardość. W symbolach stali jego dodatek oznacza się literą V (F).

- kobalt

Zwiększa drobnoziarnistość stali i znacznie powiększa jej twardość. W symbolach stali jego dodatek oznacza się literą K.

- krzem

Normalnie traktowany jako niepożądana domieszka, zwiększa kruchość stali. Staje się pożądanym składnikiem w stalach sprężynowych. Ze względu na fakt, że zmniejsza energetyczne straty prądowe w stali, dodaje się go w ilościach do 4% do stali transformatorowej. W symbolach stali jego dodatek oznacza się literą S.

- tytan

W symbolach stali jego dodatek oznacza się literą T.

- niob

W symbolach stali jego dodatek oznacza się literami Nb.

- glin (aluminium)

W symbolach stali jego dodatek oznacza się literą A.

- miedź

Posiada podobne właściwości fizyczne jak czyste żelazo, lecz jest znacznie bardziej odporne na korozję. Miedź jest pożądanym dodatkiem i jej zawartość systematycznie wzrasta, wraz z użyciem stali złomowej przy wytapianiu nowej stali. W symbolach stali jej dodatek oznacza się literami Cu.

Stale stopowe dzielimy na:

Stal konstrukcyjna – stal o niskiej zawartości węgla maksymalnie do 0.22% posiadająca dodatki stopowe w ograniczonych ilościach.

Stale te używane są do budowy konstrukcji narażonych na działanie warunków atmosferycznych takich, jak: mosty, maszty, wagony kolejowe itp. - wszędzie tam, gdzie zastosowanie jej jest uzasadnione ekonomicznie. Charakteryzują się większą wytrzymałością od stali konstrukcyjnych wyższej jakości oraz większą odpornością na korozję. Według Polskiej Normy PN-XX/H-84018 stale oznacza się liczbą całkowitą, która koduje średnią zawartość węgla (procent zawartości razy 100). Po tym symbolu następuje litera lub ciąg liter oznaczających główne dodatki stopowe. Niekiedy po symbolu dodatku następuje liczba całkowita kodująca zaokrągloną zawartość dodatku. Dla niektórych dodatków, jak na przykład manganu, nie stosuje się mnożnika zawartości. Dla innych, jak na przykład wanadu, stosuje się mnożnik 100.

Przykładowe stale konstrukcyjne:

09G2Cu – 0.12% węgla, 1.2% – do 1.8% manganu, 0.25% do 0.5% miedzi,

15G2AN3Cu – 0.8% węgla, 1.6% manganu, ponad 0.02% aluminium 0.02% do 0. 6% niobu i 0.25% do 0.5% miedzi,

18HGM – 0.16% do 0.23% węgla, 0.9% do 1.2% chromu, 0.9% do 1.2% manganu i 0.2% do 0.3% molibdenu.

Stal narzędziowa stopowa do pracy na zimno – stal stopowa narzędziowa stosowana na narzędzia do obróbki skrawaniem i plastycznej, które mogą się tylko nieznacznie nagrzewać w czasie pracy. Tego rodzaju stali używa się także do produkcji przyrządów pomiarowych. Od stali do pracy na zimno wymaga się, by zachowała swoje właściwości do temperatury +200 °C.

Stale te dzieli się następujące grupy:

Stal do hartowania w wodzie

NW1 posiada wysoką zawartość węgla (1.1% - 1.25%) oraz dodatek wanadu (1.0% do 1.5%), przeznaczona jest na narzędzia tnące do cięcia papieru, gumy, noże krążkowe, wiertła, rozwiertaki, frezy, punktaki, przebijaki, gwintowniki, narzynki, piły tarczowe, piły ręczne, stemple do bicia monet, narzędzia grawerskie.

Stale do hartowania w oleju

NC10, NC11, NWC, NWM, NC6, NC4 o dużej zawartości węgla, w niektórych do ponad 2.0% oraz chromu (od 1% do 13%). Charakteryzują się niewielkimi odkształceniami podczas hartowania i wysoką odpornością na ścieranie. Używane do wytwarzania pierścieni do przeciągania, noży do nożyc, kowadeł, wykrojników, rolek do walcowania na zimno, narzędzi do cięcia kamienia, narzędzi do ciągnięcia drutu, gratownic, narzędzi do wyrobu gwoździ, przymiarów, form do tłoczenia i wtryskiwania tworzyw sztucznych.

Stale na narzędzia pneumatyczne

NZ3 i NZ2 o niskiej zawartości węgla (od 0,2% do 0,6%), podwyższonej zawartości krzemu (0.8% do 1.0%) oraz z dodatkami chromu, wanadu i wolframu. Wymagana duża twardość powierzchniowa i odporność na ścieranie, lecz przy tym odporność na uderzenia. Używane na ostrza młotów pneumatycznych lub inne podobne urządzenia.

Stal na piły

NCV1 używana na wszelkiego rodzaju piły.

Stal narzędziowa stopowa do pracy na gorąco - stal stopowa narzędziowa stosowana na narzędzia do obróbki plastycznej na gorąco i do budowy form odlewniczych narażonych na bardzo wysokie temperatury w czasie pracy. Wymaga się, by stale te zachowały swoje właściwości do temperatury +600°C. Osiąga się to poprzez zastosowanie wolframu i molibdenu jako dodatków stopowych nawet do 8% – 10%, jak to ma miejsce przy stali WWV. Polska Norma wymienia szereg stali do pracy na gorąco, między innymi WCMB, WNL, WCL, WCLV, WLV, WLK, WWS1 i WWV. Zawartość w nich węgla należy do zakresu 0,25% – 0.6%, chromu 1,5%– 4,0%, molibdenu i wolframu 1,0% do 10,0%, manganu w zakresie 1,0%, krzemu 0,2% – 1,2%, są także obecne pewne dodatki wanadu, berylu, kobaltu i niklu.

Najczęstszymi zastosowaniami stali narzędziowych do pracy na gorąco jest wytwarzanie: matryc do pras i kuźniarek, stempli do spęczniania, trzpieni i ciągadeł do przeciągania na gorąco rur i prętów, bębnow walcarek, noży, przebijaaków do gorących blach itp.

Stal szybko tnąca – stal stopowa narzędziowa używana do wytwarzania narzędzi do obróbki skrawaniem przy dużych prędkościach skrawania. Wymaga się od nich zachowania twardości i kształtu, aż do temperatury +600°C. Cechę tę realizuje się przez zastosowanie dodatków stopowych – węgla 0,75% – 1,3% chromu 3,5% – 5,0%, wolframu 6% – 19%, wanadu 1,0% – 4,8%, molibdenu 3,0% do 10%, a w niektórych gatunkach także i kobaltu 4.5% - 10.0% oraz odpowiednią obróbkę cieplną. W jej czasie dokonuje się wyżarzania, tak by dodatki stopowe utworzyły związki z węglem, tzw. węgliki, które w znacznym stopniu muszą się rozpuścić w ferrycie. Wymaga to bardzo uważnej i długotrwałej obróbki. Polska Norma wymienia szereg stali szybko tnących, między innymi **SW18, SW7M, SW12C, SKC, SK5V, SK5M, SK8M, SK10V**.

Stali szybko tnącej używa się do wytwarzania noży tokarskich, frezów, wiertel i innych narzędzi skrawających nagrzewających się w czasie pracy do wysokich temperatur.

4.4.2. Pytania sprawdzające

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

1. Co to jest stal stopowa?
2. Wymień pierwiastki, jakie dodaje się do stali.
3. Jak dzielimy stale stopowe?
4. Do czego służy stal stopowa narzędziowa?
5. Jak znakuje się stale stopowe?
6. Do jakich elementów konstrukcyjnych stosuje się stale stopowe konstrukcyjne (podaj przykłady)?
7. Podaj na 3 przykładach pierwiastków dodawanych do stali, ich wpływ na właściwości stali.

4.4.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Dobierz stal dla wykonania noża tokarskiego, który pracuje w wysokich temperaturach.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinien:

- 1) korzystając z Polskich Norm i Tablic Wytrzymałościowych dobrać rodzaj stali, podać jej oznaczenie i skład chemiczny,
- 2) uzasadnić swój wybór.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- Poradnik Mechanika,
- Polskie Normy,
- komputer z dostępem do Internetu.

4.4.4. Sprawdzian postępów.

	Tak	Nie
Czy potrafisz:		
1) scharakteryzować stal 18HGM?	☐	☐
2) scharakteryzować stal NW1?	☐	☐
3) wyjaśnić wpływ wolframu na właściwości stali?	☐	☐
4) wyjaśnić wpływ chromu na właściwości stali?	☐	☐

4.5. Staliwo: ogólna charakterystyka staliw, znakowanie staliw

4.5.1. Materiał nauczania

Staliwo to stop żelaza z węglem i innymi pierwiastkami chemicznymi, zawierający do około 2% C, otrzymywany w procesach stalowniczych w stanie ciekłym i odlewany do form odlewniczych.

Staliwo dzieli się na dwa podstawowe rodzaje – węglowe konstrukcyjne oraz stopowe.

W zależności od właściwości są rozróżniane cztery grupy staliwa węglowego konstrukcyjnego:

- grupa I – **staliwo węglowe konstrukcyjne zwykłej jakości**;
- grupa II – **staliwo węglowe konstrukcyjne wyższej jakości**;
- grupa III – **staliwo węglowe konstrukcyjne najwyższej jakości**;
- grupa IV – **staliwo węglowe konstrukcyjne o specjalnych właściwościach, przeznaczone na części maszyn elektrycznych**.

Oznaczenie gatunku (znak) staliwa węglowego konstrukcyjnego składa się najczęściej z następujących członów: litery **L**, **liczby dwucyfrowej**, określającej wymaganą minimalną wartość R_m (wytrzymałość na rozciąganie) w MPa, **cyfry rzymskiej**, określającej grupę staliwa.

Znak staliwa może być uzupełniony (na końcu) literami określającymi sposób wytopu:

Z – w piecu elektrycznym lub martenowskim o wyprawie zasadowej;

K – w piecu elektrycznym lub martenowskim o wyprawie kwaśnej;

B – w piecu konwertorowym.

Staliwa nie odznaczają się takimi zdolnościami pochłaniania drgań i utrzymywania smaru na powierzchni trącej, jak żeliwa, są też bardziej wrażliwe na działanie karbu. Ich wytrzymałość i plastyczność są jednak na ogół większe niż żeliw. Wszystkie gatunki staliwa węglowego konstrukcyjnego dają się spawać; dobrą spawalnością odznaczają się zwłaszcza staliwa o małej zawartości węgla ($0,10 \div 0,20\% \text{ C}$).

Staliwa węglowe konstrukcyjne mają gorszą leżność i większy skurcz odlewniczy ($s = 1,6 \div 2,0\%$) niż żeliwa. Stosunkowo najkorzystniejsze właściwości odlewnicze, w tej grupie materiałów, mają staliwa o średniej zawartości węgla ($0,25 \div 0,40\% \text{ C}$).

Staliwo węglowe jest stosowane na odlewy różnych części maszyn, przy czym:

- staliwo o małej zawartości węgla – do wykonywania odlewów części mało obciążonych, np. rękojeści;
- staliwo o średniej zawartości węgla – do wytwarzania odlewów części mocno obciążonych statycznie i dynamicznie, jak np. elementy turbin i silników, korpusy;
- staliwo o dużej zawartości węgla (powyżej $0,40\% \text{ C}$) – do wykonywania odlewów części, od których jest wymagana duża odporność na ścieranie i mała na uderzenia, jak np. walce, części kruszarek.

Staliwo jest uważane za stopowe wtedy, gdy najmniejsza wymagana zawartość chociaż jednego z pierwiastków stopowych przekracza w nim wartości podane w PN. Zawartość niektórych pierwiastków zwiększa się w celu uzyskania określonych właściwości staliwa stopowego. Staliwo stopowe powinno również mieć wymagane właściwości mechaniczne.

Staliwo stopowe klasyfikuje się według zastosowania, składu chemicznego lub struktury.

Ze względu na zastosowanie staliwo stopowe można podzielić na:

- staliwo konstrukcyjne ogólnego przeznaczenia charakteryzujące się określonymi właściwościami mechanicznymi;
- staliwo konstrukcyjne do pracy w podwyższonej temperaturze, charakteryzujące się określonymi właściwościami mechanicznymi w temperaturze do 600°C ;
- staliwo konstrukcyjne do pracy w niskiej temperaturze, charakteryzujące się określonymi właściwościami mechanicznymi w temperaturze do -196°C ;
- staliwo odporne na korozję (nierdzewne i kwasoodporne), charakteryzujące się zwiększoną odpornością na działanie korozyjne atmosfery, kwasów, itp.;
- staliwo żaroodporne i żarowytrzymałe, charakteryzujące się odpornością na korozyjne działanie gazów w wysokiej temperaturze oraz określoną wytrzymałością;
- staliwo odporne na ścieranie, charakteryzujące się dużą odpornością na ścieranie;
- staliwo narzędziowe, charakteryzujące się określoną twardością, stosowane do obróbki metali i innych materiałów oraz do pracy na zimno i gorąco.

Ze względu na skład chemiczny staliwo stopowe można podzielić na: manganowe, manganowo – krzemowe, manganowo – krzemowo – molibdenowe, chromowe, chromowo – niklowe, chromowo – molibdenowe, chromowo – wanadowe itp.

Największe zastosowanie znajduje staliwo stopowe konstrukcyjne.

Znak gatunku tego staliwa składa się z następujących członów: litery L, liczby dwucyfrowej, oznaczającej średnią zawartość węgla w setnych procentu, liter oznaczających pierwiastki stopowe według malejącej zawartości procentowej; poszczególne litery oznaczają zawartość następujących pierwiastków:

G – manganu;

S – krzemu;

H – chromu;

N – niklu;

M – molibdenu.

Staliwa stopowe konstrukcyjne stosuje się na odlewy odpowiedzialnych części maszyn, od których są wymagane wyższe właściwości mechaniczne.

4.5.2. Pytania sprawdzające

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

1. Co nazywamy staliwem?
2. Jak dzielimy staliwa?
3. Co oznacza znak staliwa L30H?
4. W jakich elementach ma zastosowanie staliwo stopowe?
5. W jakich elementach ma zastosowanie staliwo węglowe?

4.5.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Dobierz staliwo do wykonania korpusu silnika elektrycznego.

Sposób wykonania ćwiczenia.

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) korzystając z Polskich Norm i Tablic Wytrzymałościowych dobrać rodzaj staliwa do wykonania elementu, podać oznaczenie staliwa i skład chemiczny,
- 2) uzasadnić swój wybór.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- Polskie Normy,
- Poradnik Mechanika,
- komputer z dostępem do Internetu.

4.5.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

- 1) scharakteryzować staliwo oznaczone jako L20G?
- 2) scharakteryzować staliwo oznaczone jako L25H15?
- 3) podać zasadę oznaczania staliw węglowych?
- 4) podać zasadę oznaczania staliw stopowych?
- 5) podać przykłady zastosowań staliwa w budowie urządzeń i elementów?

Tak

Nie

☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐

4.6. Żeliwo - ogólna charakterystyka żeliw, znakowanie żeliw

4.6.1. Materiał nauczania

Żeliwo to stop odlewniczy żelaza z węglem zawierający ponad **2% do 3,6%** węgla w postaci cementytu lub grafitu.

Z powodu znacznej zawartości węgla, ponad 2 % oraz krzemu i innych domieszek, żeliwo jest materiałem kruchym, nie nadającym się do obróbki plastycznej ani na zimno, ani na gorąco.

Zależnie od dodatku dodanego podczas przetapiania surówki otrzymuje się żeliwo węglowe lub stopowe.

Żeliwa stopowe zawierają składniki uszlachetniające, jak: nikiel, chrom, wolfram, molibden, wanad, aluminium i inne. Żeliwa stopowe, o nazwach w zależności od zawartych składników stopowych, stosowane są na odlewy bardziej odpowiedzialne, pracujące w specjalnie ciężkich warunkach.

Żeliwa węglowe – węgiel występuje pod postacią grafitu. Do polepszenia właściwości wytrzymałościowych wprowadza się do żeliwa szarego składniki stopowe, najczęściej nikiel, chrom, molibden, miedź, aluminium i otrzymuje się tzw.:

Żeliwo stopowe. Do żeliw stopowych zalicza się również żeliwa o specjalnej dużej zawartości krzemu (powyżej 4,5 %) lub manganu (powyżej 7 %). Żeliwa stopowe są stosowane tylko na odlewy bardziej odpowiedzialne, pracujące w specjalnie ciężkich warunkach. Od żeliw stopowych wymaga się właściwości specjalnych tzn. takich których żeliwo zwykłe węglowe nie ma, lub ma je w minimalnym stopniu. Takimi właściwościami są:

- odporność na korozję;
- odporność na wysoką temperaturę;
- odporność na ścieranie;
- duża odporność elektryczna właściwa.

Żeliwo węglowe jest mało odporne na działanie czynników chemicznych. Przez wprowadzenie do niego dodatków stopowych, takich jak krzem, nikiel z chromem, chrom z molibdenem i chrom z aluminium można tę odporność powiększyć. Najbardziej odpornymi na korozję żeliwami stopowymi, stosowanymi w naszym przemyśle są żeliwa krzemowe, chromowe, aluminiumowe i niklowe.

Żeliwa krzemowe są w zasadzie odporne na działanie wszystkich kwasów przede wszystkim azotowego i siarkowego. Nieco mniej są odporne na działanie kwasu solnego. Żeliwa zwykle nie są odporne na działanie wysokiej temperatury, gdyż podczas wielokrotnego nagrzewania następuje zwiększenie objętości na skutek dalszej grafityzacji cementytu zawartego w perlicie, co łączy się z kolei z powstaniem naprężeń własnych.

Drugą przyczyną powstawania naprężeń w żeliwach jest ich wielka niejednorodność strukturalna. Różna rozszerzalność poszczególnych żeliw wywołuje tak wielkie naprężenia, że mogą one doprowadzić do zniszczenia materiału. Niektóre żeliwa stopowe dzięki obecności w nich pewnych dodatków uszlachetniających są stosowane jako materiały żaroodporne. Jako dodatki wpływające na zwiększenie ognio- i żaroodporności żeliw należy wymienić przede wszystkim aluminium, chrom i krzem.

Żeliwa o dużej odporności na ścieranie mają szczególnie duże znaczenie w budowie maszyn i są przeznaczone na części pracujące w bardzo ciężkich warunkach. Od części takich wymaga się również dużej udurowienia. Takie właściwości zapewnić może żeliwo o strukturze austenitycznej, a więc przede wszystkim żeliwo wysoko manganowe najczęściej z dodatkiem niklu, nieznaczna ilość aluminium krzemu lub miedzi właściwości te polepsza.

Największy wpływ na przewodność elektryczną ma krzem i węgiel, w miarę wzrostu ich zawartości przewodność maleje.

Ze względu na swe cenne właściwości i niską cenę żeliwo znalazło szerokie zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu. Jest ono jednym z najważniejszych materiałów w budowie maszyn, przede wszystkim dzięki dobrej obrabialności, dużej odporności na ścieranie, dużej zdolności do tłumienia drgań i dużej stałości wymiaru.

Surówka przetopiona po raz wtórny ze złomem żeliwnym lub stalowym z takimi dodatkami jak żelazo-magnez lub żelazo-krzem nosi też nazwę żeliwa.

Węgiel jest najważniejszym składnikiem żeliwa, od zawartości którego zależy przede wszystkim ich temperatura topnienia i leśność. Węgiel w żeliwach może znajdować się jako wolny pod postacią grafitu lub związany z żelazem pod postacią cementytu (Fe_3O_2).

Zależnie od tego rozróżnia się:

- **żeliwa szare**, w których węgiel występuje pod postacią grafitu i z tego powodu przełom ich jest szary;
- **żeliwa białe**, węgiel występuje pod postacią cementytu, przełom jest jasny;
- **żeliwa pstre** lub połowiczne, w których węgiel występuje w pewnych skupieniach przeważnie jako grafit, w innych jako cementyt i z tego powodu przełom ich jest pstry.

Największy wpływ na budowę żeliwa posiadają – skład chemiczny i szybkość chłodzenia. Krzem, nikiel, aluminium sprzyjają wydzielaniu się grafitu, a przez to powstawaniu żeliwa szarego. Inne składniki (mangan, siarka) sprzyjają wydzielaniu się cementytu w żeliwie białym, a przez to powstawaniu żeliwa białego.

Obecność znacznej ilości cementytu jest przyczyną wysokiej twardości (600 HB) i kruchości. Twardość ta uniemożliwia prawie zupełnie obróbkę skrawaniem z tego względu jest stosowane dość rzadko. Żeliwo nie jest tworzywem odlewniczym ponieważ posiada małą leśność i duży skurcz odlewniczy dochodzący do 2 %.

Żeliwo białe jest stosowane przede wszystkim do produkcji żeliwa ciągliwego. Z surówki specjalnej odlewa się przedmioty, które posiadają strukturę żeliwa białego. Po wyżarzeniu otrzymuje się z nich przedmioty o strukturze żeliwa ciągliwego.

Żeliwo szare jest to żeliwo, w strukturze którego występuje grafit. Czynniki sprzyjającymi powstawaniu grafitu w żeliwie są:

- dodatek takich pierwiastków, jak: Si, Ni, Cu;
- wolne studzenie żeliwa.

Obecność grafitu płytkowego w żeliwie powoduje, że właściwości wytrzymałościowe żeliw z wyjątkiem wytrzymałości na ściskanie są gorsze od właściwości stali o strukturze podobnej do struktury osnowy żeliwa.

Wtrącenia grafitu znajdujące się w żeliwie działają jak liczne karby zmniejszając wytrzymałość na rozciąganie. Również przekrój czynny próbki rozciąganej jest mniejszy o powierzchnię płatków grafitu, które praktycznie nie mają żadnej wytrzymałości na rozciąganie.

Liczbowo wytrzymałość żeliw na ściskanie jest 3 – 5 krotnie większa od ich wytrzymałości na rozciąganie.

Żeliwo szare posiada szereg zalet, dzięki którym znalazły wielkie zastosowanie:

- żeliwa szare są bardzo dobrym tworzywem odlewniczym. Podwyższona zawartość fosforu zwiększa leśność. Odbywająca się w czasie krzepnięcia grafityzacja jest przyczyną małego skurczu odlewniczego wynosząca od 0,5 – 1 %;
- żeliwo szare dobrze tłumy drgania;
- obecność grafitu ułatwia skrawanie;
- nie bez znaczenia jest mała wrażliwość szarych żeliw na działanie karbu. Wobec dużej ilości karbów, jakie tworzą wtrącenia grafitu obecność karbów na powierzchni materiału nie odgrywa większej roli;
- dzięki obecności grafitu żeliwo odznacza się dobrymi właściwościami przeciwciernymi.

Żeliwo szare oznacza się symbolem **ZI** oraz **liczbą**, która odpowiada minimalnej wytrzymałości żeliwa na rozciąganie. Przy próbach wytrzymałościowych na rozciąganie ważne jest zachowanie średnicy, ponieważ wytrzymałość żeliwa zależy od wielkości badanego przekroju.

I tak na przykład:

ZI250 - to oznaczenie żeliwa szarego o wytrzymałości na rozciąganie minimum 250 Mpa,

ZIM30 – to żeliwo modyfikowane o R_m 300 Mpa.

Podwyższone wytrzymałości żeliwa na rozciąganie uzyskuje się z zabiegu zwanego modyfikacją. Zabieg ten polega na wprowadzeniu do żeliwa przed odlaniem modyfikatorów, którymi są najczęściej sproszkowany żelazokrzem lub żelazomangan w ilości 0,1 – 0,8% ciężarowego wsadu.

Żeliwo to posiada w porównaniu do żeliw szarych o niższej wytrzymałości więcej manganu. Dopiero w wyniku modyfikacji zawartość krzemu zwiększa się i żeliwo krzepnie jako szare.

Wprowadzenie krzemu do żeliwa podczas modyfikacji powoduje powstawanie dodatkowych zarodków krystalizacji grafitu, tym samym zwiększenie ilości płatków grafitu. Zmniejsza się natomiast ich wielkość co ma korzystny wpływ na właściwości wytrzymałościowe. Żeliwo modyfikowane znajduje zastosowanie na części maszyn pracujących na ścieranie, np. koła zębate, bębny hamulcowe, cylindry maszyn parowych itp. Dzięki wyższej zawartości manganu żeliwo modyfikowane jest mniej skłonne do zwiększania objętości przy podwyższonych temperaturach także po wielokrotnym nagrzaniu.

Mangan jest pierwiastkiem stabilizującym cementyt w perlicie i zapobiega jego grafityzacji, co zatem idzie wzrostowi objętości. Własność ta z podwyższoną odpornością na korozję pozwala na stosowanie tych żeliw w urządzeniach, które pracują w podwyższonej temperaturze, np. tłoki, pierścienie tłokowe itp.

Żeliwo sferoidalne – otrzymuje się je przez dodanie do żeliwa przed modyfikacją magnezu lub ceru w ilości 0,3 – 1,2 %. Ilość ta zależy od wielkości odlew, przy czym w odlawach dużych procentowe zawartości tych pierwiastków są większe.

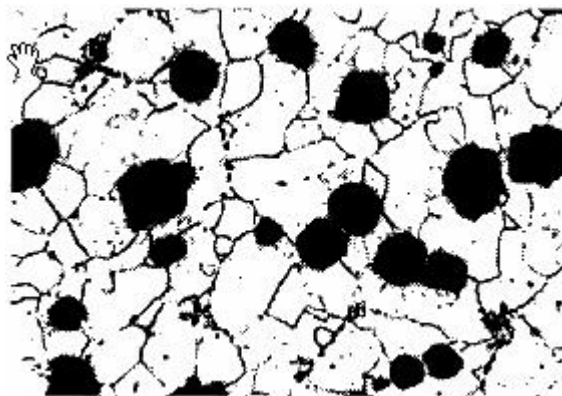
Dodatek magnezu nie tylko zmienia postać występującego grafitu, lecz zwiększa również wytrzymałość tego żeliwa na rozciąganie:

- jest mniej kruche niż żeliwo szare,
- posiada większą odporność na rośnięcie niż żeliwo z grafitem płatkowym,
- zdolność tłumienia drgań jest niższa niż żeliwa szarego ale lepsza niż stali.

Żeliwem sferoidalnym można zastąpić odlewy z żeliwa stopowego, staliwa (lepsze tłumienie drgań), żeliwa ciągliwego. Z żeliwa sferoidalnego wykonuje się części samochodowe, np. wały korbowe.

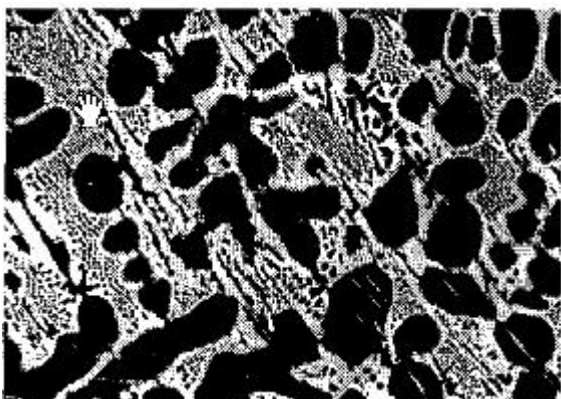


Rys. 4. Struktura żeliwa szarego.

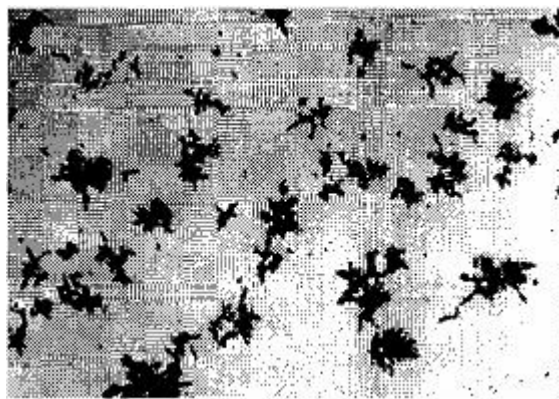


Rys. 5. Struktura żeliwa sferoidalnego.

Źródło: Okoniewski S.: Technologia maszyn. WSiP, Warszawa 1995



Rys. 6. Struktura żeliwa białego.



Rys. 7. Struktura żeliwa ciągliwego.

Źródło: Okoniewski S.: Technologia maszyn. WSiP, Warszawa 1995

4.6.2. Pytania sprawdzające

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

1. Co nazywamy żeliwem?
2. Jak klasyfikujemy żeliwa?
3. Jakimi właściwościami charakteryzują się żeliwa?
4. Czym różni się żeliwo szare od białego?
5. Jak znakujemy żeliwa?
6. Do jakich części lub elementów maszyn możemy stosować żeliwa?

4.6.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Dobierz odpowiednie żeliwo do wykonania korpusu zeberka kaloryfera.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) korzystając z Polskich Norm i Tablic Wytrzymałościowych dobrać odpowiedni rodzaj żeliwa do wykonywanego elementu maszyny, podać jego oznaczenie i skład chemiczny,
- 2) uzasadnić swój wybór.

Wypożyczenie stanowiska:

- Polskie Normy,
- Poradnik Mechanika,
- komputer z dostępem do Internetu.

4.6.4. Sprawdzian postępów

	Tak	Nie
Czy potrafisz:		
1) scharakteryzować żeliwo ZL100?	☐	☐
2) wyjaśnić różnice między żeliwem białym a szarym?	☐	☐
3) uzasadnić stosowanie żeliwa na korpusy maszyn?	☐	☐
4) wskazać cechy charakterystyczne żeliwa szarego?	☐	☐

4.7. Metale nieżelazne i ich stopy

4.7.1. Materiał nauczania

Wraz z rozwojem techniki coraz częściej są stosowane stopy metali kolorowych. Na wstępie omówimy wybrane metale nieżelazne:

Metale lekkie.

Aluminium (Al) - jest metalem o barwie srebrzystobiałej, gęstości 2,7 t/m³, temperaturze topnienia 933 K. Jest odporne na działanie słabych kwasów i na wpływy atmosferyczne. Posiada dużą przewodność elektryczną i cieplną, jest kowalny i daje się odlewać. Wytrzymałość na rozciąganie w stanie lanym $R_m=90-120$ MPa, kutym i żarzonym $R_m=70-110$ MPa, zaś twardość 15-24 HB. Wydłużenie aluminium lanego (a_{10}) 18-25% - zaś kutego i żarzonego 30-45%.

Aluminium jest najpowszechniej występującym metalem w przyrodzie (około 7%) jako składnik prawie wszystkich pospolitych minerałów z wyjątkiem piasku i wapienia.

Czyste aluminium w stanie przerobionym plastycznie i wyżarzonym ma tak małą wytrzymałość i twardość, że nie znajduje w tym stanie zastosowania. Podwyższenie temperatury wytrzymałość tę jeszcze zmniejsza, jak i udarność. Przez zastosowanie przeróbki plastycznej można znacznie polepszyć jego właściwości. Aluminium daje się łatwo przerabiać plastycznie nie tylko na gorąco, lecz również na zimno, głównie przez walcowanie, prasowanie, wyprężowe ciągnięcie, tłoczenie w celu otrzymania prętów, rur, taśm, blach. Jedną z najważniejszych właściwości aluminium, która decyduje o jego zastosowaniu w przemyśle jest dobra przewodność elektryczna. Wytrzymałość czystego aluminium jest mała jednak przy stopieniu z innymi pierwiastkami otrzymuje się stopy o lepszych właściwościach wytrzymałościowych i plastycznych.

Stopy aluminium dzielimy na odlewnicze i przeznaczone do przeróbki plastycznej.

Stopy odlewnicze:

- AlSi21CuNi (Si 20 – 30%, Cu 1,1 – 1,5%, Mg 0,6 – 0,9%, Mn 0,1 – 0,3%, Ni 0,8 – 11%). Stosowany do tłoków silników spalinowych. **AK20**,
- AlSi11 (Si 10 – 13%). Stosowany do skomplikowanych odlewów. **AK11**,
- AlSiCu2 (Si 4 – 6%, Cu 1,5 – 3,5%, Mg 9,2 – 0,8%). Stosowany na części samolotów, Stopy do przeróbki plastycznej.

Duraluminium – wieloskładnikowe stopy Al, stosowane na obciążone konstrukcje maszyn, pojazdów, itp.

Pa6 (AlCu4Mg) – dural o zawartości od 3,8% do 48% miedzi, 0,9 do 1% Hg i 0,4 do 1% Mn, poddawany obróbce plastycznej. Utwardzany przez naturalne utwardzanie wydzielinowe. W stanie naturalnie utwardzonym średnia odporność na korozję, w stanie zmięczonym mała

odporność na korozję. Stosuje się na obciążone elementy konstrukcji lotniczych i pojazdów mechanicznych oraz konstrukcyjne elementy budowlane. Obróbka cieplna polega na przesycaniu i utwardzaniu naturalnym – starzeniu naturalnym.

Siluminy – do najbardziej znanych stopów odlewniczych aluminium należą siluminy (AlSi), zawierają zwykle 11–14% Si. Siluminy mają bardzo dobre właściwości odlewnicze. Mają one mały skurcz odlewniczy i małą skłonność do pęknięć na gorąco. Ich właściwości mechaniczne są stosunkowo dobre przy małej plastyczności.

AK9 (AlSi9Mg): Silumin wysoko procentowy modyfikowany, stop odlewniczy o dobrych właściwościach wytrzymałościowych i plastycznych, odlewniczych i spawalnych. Dobra obrabialność i szczelność. Nadają się do obróbki cieplnej poprzez przesycanie i starzenie, są bardzo odporne na działanie wody morskiej i korozję. Można je stosować do wykonywania odlewów ciśnieniowych, dużych odlewów o skomplikowanych kształtach i wysokiej wytrzymałości. Stosowane w przemyśle zbrojeniowym i elektrotechnicznym.

Magnez jest kolejnym przykładem metalu nieżelaznego lekkiego o małej gęstości (gęstość magnezu równa jest $1,75 \text{ g/cm}^3$) i srebrzystobiałej barwie. Charakteryzuje go również temperatura topnienia równa 651°C . Sproszkowany magnez łatwo pali się w powietrzu, dając olśniewająco białe światło. Magnez jest najlżejszym metalem stosowanym do celów konstrukcyjnych. Magnez odznacza się znaczną reaktywnością. Łączy się z większością niemetalów i jest często stosowany jako reduktor, wypierający inne metale z ich związków. Stanowi również katalizator kilku ważnych reakcji nieorganicznych i wielu procesów biochemicznych.

Magnez znajduje zastosowanie w:

- produkcji stopów;
- procesach metalurgicznych jako odtleniacz i reduktor.

Podział stopów magnezu na stopy odlewnicze i do przeróbki plastycznej:

Stopy odlewnicze;

- MgAl3ZnMn – A3;
- MgAl11ZnMn – A10;
- MgRE3Zr – RE3.

Stopy do przeróbki plastycznej:

- MgMn2 – M2;
- MgZn3Zr – Ż3;
- MgAl3ZnMn.

Tytan jest metalem nieżelaznym lekkim. Cechuje go gęstość stosunkowo duża w porównaniu z gęstościami aluminium i magnezu, bo równa się ona $4,51 \text{ g/cm}^3$. Temperatura topnienia magnezu to także wielkość większa o ponad 2 razy od wielkości występujących w poprzednich dwóch metalach nieżelaznych i wynosi 1668°C . Ponadto tytan jest materiałem o dużej plastyczności oraz dużej odporności na działanie wody morskiej, chlorków, atmosfery powietrza i kwasów organicznych.

Głównymi pierwiastkami stopowymi są: aluminium, cyna, molibden, mangan, żelazo oraz chrom.

Stopy tytanu stosowane są we wszystkich działach techniki. Uwarunkowane jest to dużą odpornością na korozję.

Metale ciężkie

Metale ciężkie charakteryzują się relatywnie wysoką gęstością wynoszącą powyżej 5 g/cm^3 . Wyróżniamy następujące metale ciężkie:

Cynk jest odporny na działanie czynników atmosferycznych. Najczęściej stosuje się go na pręty, rury, odlewy ciśnieniowe o dużej dokładności pomiarowej.

Stopy cynku

Jego stopy, podobnie jak stopy poprzednich metali nieżelaznych, dzielą się na przerabiane plastycznie i odlewnicze. W obydwu grupach najczęściej stosuje się stopy Zn – Al, które zawierają 3,5 – 30% Al oraz przeważnie do 5% Cu i 0,05% Mg.

Z284 (ZnAl28Cu4): **znal** z miedzią zawierający 68% Zn, 28% Al i 4% Cu. Stop ten przeznaczony jest zarówno do obróbki plastycznej, jak i do odlewania. Charakteryzuje się dobrą lejącością, odpornością na ścieranie, wysoką wytrzymałością na rozciąganie i dobrą plastycznością. Jest stosowany na łożyska, elementy układu napędowego do 100°C, może zastępować brązy cynowe w warunkach nie korozyjnych. Szeroko rozpowszechnione jest stosowanie stopów cynku w postaci odlewów ciśnieniowych, np. na korpusy i obudowy różnych urządzeń i aparatów, pokrywy, gaźniki. Znale te poddaje się obróbce cieplnej w podwyższonej temperaturze poniżej 240°C lub powyżej 300°C oraz poprzez starzenie posiadają wielofazową strukturę złożoną z miękkiej i plastycznej osnowy, w której zawarte są twarde kryształy dające odporność na ścieranie i spełniające rolę cząstek nośnych.

Cyna jest to metal nieżelazny występujący w dwóch odmianach alotropowych: szarej a i białej b.

Cynę możemy opisać za pomocą gęstości równej 7,28 g/cm³ (a) lub 5,76 g/cm³ (b) oraz temperatury topnienia 231,9°C.

Znajduje ona zastosowanie w odpornych na korozję powłokach ochronnych na blachach stalowych, stosowana jest na puszki do konserw i naczynia kuchenne oraz do cynowania przewodów elektrycznych.

Ołów jest to metal nieżelazny plastyczny, ciężki. Charakteryzuje się dużą wytrzymałością, dużą odpornością na korozję wody morskiej i atmosfery. Ulega łatwo odkształceniom i ścieraniu, gdyż jest bardzo plastyczny i posiada małą twardość.

Ołów posiada najwyższą z dotychczas wymienionych metali nieżelaznych gęstość 11,34 g/cm³. Jego temperatura topnienia, podobnie jak temperatura topnienia cynku, jest dosyć niska i wynosi 327,3°C.

Miedź znalazła bardzo duże zastosowanie, przede wszystkim z powodu swojej wysokiej przewodności elektrycznej i cieplnej oraz dużej odporności na korozję, znacznej plastyczności i zdolności do tworzenia wielu bardzo cennych stopów.

Ponieważ miedź ma po srebrze największą przewodność elektryczną właściwą, wynoszącą w temperaturze 20°C, 58,0 MS/m, przeto jest ona najważniejszym materiałem na przewody. Połowa całego zużycia miedzi przypada na elektrotechnikę, w której znajduje zastosowanie w postaci drutów, blach, taśm itp.

Z powodu dużej przewodności cieplnej, miedź znalazła również zastosowanie w przemyśle chemicznym do wyrobu chłodziw, aparatów chemicznych itp. Na zastosowanie to wpływa również stosunkowo duża odporność miedzi na korozję.

Zdolność miedzi do pokrywania się patyną spowodowała, że znalazła zastosowanie do krycia dachów zabytkowych budowli oraz do wyrobu dzieł sztuki.

Dużą plastyczność miedzi umożliwia wykonanie z niej za pomocą obróbki plastycznej na zimno lub gorąco różnych półfabrykatów w postaci prętów, drutów, rur, blach, taśm itp., a duża zdolność do tworzenia bardzo cennych stopów, w których występuje jako składnik główny lub stopowy, czyni ją również niezmiernie cennym materiałem dla przemysłu maszynowego.

Stopy miedzi są po stalach i stopach aluminium najbardziej rozpowszechnionymi stopami technicznymi. Zawartość miedzi jest w nich różna i zależy przede wszystkim od dodanego składnika stopowego.

Mosiądz

Stopy miedzi z cynkiem nazywamy mosiądzami. Praktyczne zastosowanie znajdują mosiądze o zawartości Zn do 47%. Mogą one zawierać w mniejszych ilościach jeszcze inne składniki stopowe, jak ołów, mangan, aluminium, cynę, krzem. Nazwy mosiَادzów wieloskładnikowych zależą od składników występujących w stopie, poza miedzią i cynkiem, jako głównym dodatkiem stopowym.

Mosiądze posiadają dobre własności odlewnicze, charakteryzują się dobrą lejnością. Odlewy mają zwartą i szczelną budowę. Wadą jest powstawanie dużej jamy usadowej, co powoduje konieczność stosowania układów nadlewowych. Mosiądze o strukturze roztworu stałego cynku w miedzi są łatwo obrabialne plastycznie na zimno. Max plastyczność otrzymuje się dla mosiَادzu o zawartości 32% Zn.

Rozróżniamy mosiądze odlewnicze, do przeróbki plastycznej, wysoko niklowe (nowe srebro). Mosiądze odlewnicze są stopami wieloskładnikowymi, przy czym składnikami stopowymi mosiَادzów odlewniczych są: mangan, aluminium, żelazo, krzem. W mosiَادzach odlewniczych ołów i krzem poprawiają zdecydowanie lejność, aluminium, mangan i żelazo podwyższają własności wytrzymałościowe.

Ołów poprawia poza tym własności skrawane mosiَادzów, gdyż podczas skrawania dzięki niemu tworzy się kruchy wiór. Aluminium, krzem uodporniają mosiądze na korozję. Wszystkie mosiądze odlewnicze wykazują dużą odporność na korozję i ścieranie. Są stosowane na części maszyn, armaturę w przemyśle komunikacyjnym, lotniczym i inne.

Mosiądze do przeróbki plastycznej możemy podzielić na: dwuskładnikowe (miedź i cynk) oraz wieloskładnikowe, gdzie składnikami dodatkowymi są: ołów, mangan, żelazo, aluminium, cyna, krzem, nikiel i fosfor.

Mosiądze do przeróbki plastycznej są stosowane w postaci odkuwek, prętów, kształtowników, drutów, blach, pasów i innych. Najważniejszą cechą tych mosiَادzów jest duża podatność do przeróbki plastycznej przeważnie na zimno. Najłatwiej jednak obrabia się plastycznie mosiądze dwuskładnikowe. Są one odporne na korozję i dobrze skrawalne, szczególnie przy zawartości ołowiu. Stosuje się je na części maszyn, w przemyśle okrętowym, lotniczym, samochodowym.

Mosiądze wysoko niklowe

Zasadniczo istnieją dwie grupy nowych sreber. Do pierwszej zalicza się stopy o zmiennej zawartości niklu (8 – 28%) drugi zaś stop, gdzie ilość niklu jest stała (28%). Nikiel wpływa na srebrzysty kolor mosiَادzu. W miarę wzrostu zawartości niklu w stopie zwiększa się wytrzymałość na rozciąganie, jego twardość, gęstość, temperatura topnienia.

Miedź zwiększa wydłużenie, wpływ na podwyższenie przewodnictwa cieplnego i zmniejszenie oporności. Cynk zwiększa wytrzymałość na rozciąganie i twardość. Gdy wzrasta zawartość cynku w stopie obniża się temperatura topnienia, odporność na korozję, gęstość. Ma natomiast wpływ na polepszenie zdolności stopu do obróbki plastycznej na gorąco. Cenne wartości nowego srebra – srebrzysty kolor, dobra plastyczność, odporność na działania atmosferyczne, małe przewodnictwo, wpływa na to, że stopy te posiadają szerokie zastosowanie w przemyśle maszynowym, elektrotechnicznym, architekturze, urządzeniach sanitarnych.

Brązy

Brązy są stopami miedzi, w których głównym składnikiem stopowym mogą być metale z wyjątkiem niklu lub cynku. W zależności od nazwy głównego składnika stopowego rozróżnia się brązy cynowe, aluminowe, berylowe, krzemowe, manganowe, ołowiowe, kobaltowe i inne. Najstarszym jest brąz cynowy, który jest stopem CuSn. Obecnie brązy te zawierają, oprócz ołowiu, jeszcze fosfor i cynk. W celu odtleniania brązów cynowych,

wprowadza się do ciekłej kąpieli metalowej fosforu w postaci miedzi fosforowej w celu uzyskania lepszej odporności na ścieranie brązów wprowadza się do nich 0,5% fosforu.

Brązy cynowe dzielimy na odlewnicze i do obróbki plastycznej. Stopy odlewnicze mają mały skurcz mniej niż 1%, nie występuje w nich jama usadowa co jest powodem tego, że odlewy z brązu są mało zwarte. Brązy te są odporne na korozję mają dobre właściwości mechaniczne. Ich główne przeznaczenie to łożyska ślizgowe, panewki, ślimaki ślimacznice, sprężyny, armatura kotłów parowych, przemysł chemiczny, okrętowy, papierniczy.

B10 (CuSn10): Brąz cynowy ujednorodniony odlewniczy jest odporny na duże obciążenia: statyczne, zmienne, uderowe, korozję i temperaturę do 280°C. Brąz ten cechuje się dobrą lejnością i skrawalnością, jest też odporny na działanie niektórych kwasów. Wykorzystuje się go na łożyska, panewki, armaturę, części maszyn silnie obciążonych i pracujących na ścieranie, osprzęt parowy i wodny. Poddawany procesom hartowania i utwardzania dyspersyjnego.

BA1030 (CuAl10Fe3Mn2): brąz aluminiowy – wyżarzony dwufazowy, zawiera 10% aluminium. Brąz odlewniczy lub do obróbki plastycznej w zależności od przeznaczenia gotowego wyrobu. Brąz odlewniczy posiada wysoką odporność na obciążenia statyczne, korozję, ścieranie, wysoką temperaturę, dobrą lejność. Brąz do obróbki plastycznej cechuje wysoka wytrzymałość również w podwyższonych temperaturach, dobra odporność na korozję, erozję, kawitację, zmienne obciążenia, ścieranie. Brąz ten nadaje się do obróbki plastycznej na zimno. Stop odlewniczy cechuje nadpłynność, mała segregacja dendrytyczna, skupiona jama wsadowa, duży skurcz 2%. Przeznaczenie brązu odlewniczego: to materiał na elementy silnie obciążonych kół zębatach, wirników i korpusów. Przeznaczeniem brązu do obróbki plastycznej są elementy aparatury kontrolno-pomiarowej i chemicznej, wały, śruby, elementy narażone na ścieranie. Obróbka cieplna polega na hartowaniu i odpuszczaniu.

Brązy ołowiowe to stopy miedzi i ołowiu. Mikrostruktura stopów składa się z twardych ziaren miedzi i miękkich ziaren ołowiu.

BO30 (CuPb30): brąz ołowiowy dwuskładnikowy zawierający 30% ołowiu jest stosunkowo miękki (25 HB), posiada dobre właściwości ślizgowe, dobra przewodność cieplna i wytrzymałość zmęczeniowa, mała wrażliwość na przerwy smarowania łożyska, wzrost temperatury do ok. 330°C powoduje wytapianie ołowiu, którego krople przejmują funkcję smaru zabezpieczając przed zapażeniem czopów. Brąz ten stosuje się na panewki łożysk pracujących przy małych naciskach i dużych prędkościach. Aby otrzymać jednorodny odlew należy szybko go schłodzić podczas krystalizacji.

Brązy cynowe charakteryzują się bardzo małym skurczem odlewniczym poniżej 1%. Zapewnia to dobre wypełnienie odlewniczych form. Brązy o zawartości cyny 5 – 7% można obrabiać plastycznie na zimno, poniżej tej zawartości brązy cynowe tracą plastyczność i stosuje się je wtedy do przeróbki plastycznej na gorąco lub w stanie lanym.

W stopach o zawartości 10% Sn zapewnia doskonałą odporność na ścieranie i z tego powodu jest jednym z najlepszych stopów łożyskowych.

Brązy krzemowe odznaczają się dobrymi właściwościami mechanicznymi w temperaturze otoczenia i w temp. do 300°C, w szczególności dobrą wytrzymałością zmęczeniową, dobrymi właściwościami ślizgowymi, dużą odpornością na korozję, a przy tym dobrą skrawalnością i lejnością. Polepszenie skrawalności zapewnia dodatek ok. 0,4% Pb.

Brązy manganowe-miedź i mangan tworzą nieograniczony roztwór stały, którego wytrzymałość i twardość powiększają się przy wzroście zawartości Mn do ok. 10% i utrzymują się do 400°C praktycznie nie zmienione. Stop dwuskładnikowy o zawartości 5% Mn odporny na korozję i działanie pary przegrzanej używany do wyrobu armatury kotłowej. Stop z dodatkiem niklu odznacza się dużym oporem właściwym i małym współczynnikiem temperaturowym oporności. Stopy Cu-Mn, nie należące do właściwych brązów manganowych o zawartości 60÷75% Mn i dużej czystości bardzo silnie tłumią drgania

mechaniczne, używane są na części precyzyjnych aparatów wymagających wytłumienia drgań wywołanych pracą silników, przekładni zębatych itp.

Brązy berylowe – własności mechaniczne brązów berylowych tylko utwardzonych zgniotem, a zwłaszcza utwardzonych dyspersyjnie po zgnioście, są porównywalne z własnościami stali. Szczególnie cenną własnością stopów jest brak skrzenia wywołanego tarcieniem lub uderzeniem.

Ł83 (SnSb11Cu6): babil (stop na podstawie cyny z dodatkiem miedzi i antymonu) cynowy zawierający 83% cyny, 11% antymonu i 6% miedzi. Stop o strukturze składającej się z twardych kryształów Sn_3Pb_2 mających przeważnie kształt sześciątów, oraz iglastych kryształów Cu_8SnSb_6 . Babil ten posiada dobre właściwości mechaniczne, drobnoziarnistą jednorodną strukturę.

Wraz ze wzrostem temperatury maleje wytrzymałość z 20°C do 80°C aż o 40%. Stopy tego typu stosujemy na łożyska szybkoobrotowe obciążone dynamicznie i statycznie, wytrzymują duży zakres prędkości obrotowych i nacisków powierzchniowych w turbinach parowych, sprężarkach, silnikach wysokoprężnych, a nawet generatorach są odlewane do form piaskowych, kokili lub pod ciśnieniem. Odlewane są zazwyczaj elementy o złożonych kształtach. Elementy odlewane mają gorsze właściwości mechaniczne niż elementy poddane obróbce plastycznej.

Przykłady zastosowań stopów metali nieżelaznych

1. Galanteria stołowa: AM5, Nowe srebra, Ł16, DR30/6
2. Sprzęt lotniczy: PA9, MA58, PA33, MO30
3. Wymienniki ciepła: M70, MNŻ101, Z82, PA10
4. Tłoki silników spalinowych: AK20, M70, B10, PA1
5. Panewki łożysk ślizgowych: Ł89, MO58B, MA58, B10
6. Śruby okrętowe: BA1032, MA58, MM47, MK80
7. Elementy chłodnic: M70, PA1, PA2, M80
8. Łuski: M70, MA58, MO60, MK80
9. Zbiorniki spawane na chemikalia: PA1, GZ5, M80, PA4
10. Sprężyny: B4, B8, PA9, AG10
11. Armatura: MM47, MK80, B101, BA83
12. Wyroby jubilerskie i artystyczne: Cu80Zn20Sn9, M85, AK7, GA8
13. Membrany: M85, B8, B102, M60
14. Aparatura chemiczna: MA58, BK31, CuBe2Ni, St35
15. Śruby: B8, M60, GA10, CuMn5

4.7.2. Pytania sprawdzające

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

1. Co to jest brąz?
2. Co to jest mosiądz?
3. Co to jest żal?
4. Co to jest babil?
5. Co to jest silumin?
6. Co to jest brąz ołowiowy?

4.7.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Dobierz stop do wykonania panewki mało obciążonej i pracującej przy dużej prędkości.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinien:

- 1) korzystając z Polskich Norm i Tablic Wytrzymałościowych dobrać odpowiedni rodzaj stopu do wykonywanego elementu maszyny, podać jego oznaczenie i skład chemiczny,
- 2) uzasadnić swój wybór.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- Polskie Normy,
- Poradnik Mechanika,
- komputer z dostępem do Internetu.

4.7.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

- 1) scharakteryzować brąz BO30?
- 2) wyjaśnić różnice między brązem a mosiądzem?
- 3) uzasadnić stosowanie zalu na korpusy gaźników?
- 4) wskazać cechy charakterystyczne miedzi?
- 5) wskazać cechy duraluminium?

Tak

Nie

☐
☐
☐
☐
☐

☐
☐
☐
☐
☐

4.8. Materiały z proszków spiekanych

4.8.1. Materiał nauczania

Materiały narzędziowe ceramiczne – węgliki spiekane

Węgliki spiekane otrzymuje się w 3 fazach:

wytwarzanie proszków węglików metali trudno topliwych, głównie wolframu i tytanu oraz proszku kobaltowego,

prasowanie w formach wymieszanych proszków, aby otrzymać odpowiedni kształt płytki ostrza narzędzia,

spiekanie w piecu tunelowym w temp. 1400-1600°C, przez określony czas, w którym to proszek kobaltu ulegnie prawie stopieniu i połączy pozostałe proszki węglików.

Składniki węglików:

Podstawowymi składnikami węglików spiekanych są węgiel wolframu lub węgiel wolframu i tytanu związanych kobaltom. Dodatek węgla tytanu wpływa na zwiększenie twardości, oraz odporności na zużycie.

Właściwości skrawające węglików:

Węgliki spiekane odznaczają się najlepszymi spośród wszystkich materiałów narzędziowych własnościami skrawającymi, przewyższającymi znacznie właściwości stali szybko tnącej. Charakteryzują się one dużą twardością oraz dużą odpornością na ścieranie, nawet w wysokiej temp. do ok. 700-1000°C. Poważną wadą węglików spiekanych jest ich kruchość. Narzędzia wykonane z ostrzami z węglików spiekanych źle znoszą zmienne obciążenia, a jeszcze gorzej prace z uderzeniami. Do obróbki skrawaniem używa się następującej grupy węglików spiekanych:

1. **Węgliki wolframowo – kobaltowo – tytanowe** stosowane do obróbki stali i staliwa oznaczone: **S10, S20, S30**.
2. **Węgliki wolframowo – kobaltowe** stosowane do obróbki żeliwa i stopów lekkich oznaczone **H10, H20**.
3. **Węgliki wolframowe** stosowane na końcówki narzędzi pomiarowych oraz końcówki głów oznaczona jako: **G10, G20**.

Spiekane tlenki metali są to materiały narzędziowe ceramiczne. Podstawowym materiałem wyjściowym do produkcji płytek jest **tlenek glinu (Al_2O_3)**.

Ponadto zawierają niewielkie ilości innych składników, jak tlenek magnezu oraz tlenki innych metali. Produkcja tych płytek odbywa się w następujących etapach:

- a) wytworzenie tlenków metali
- b) wytworzenie proszków tlenków metali,
- c) mieszanie tlenków w odpowiedniej temp.,
- d) wytworzenie kształtek (płytek) – odbywa się to w formach przez prasowanie lub odlewanie pod ciśnieniem,
- e) spiekanie w temp. powyżej 1700°C. Płytki takie odznaczają się wielką odpornością na ścieranie oraz nie tracą właściwości skrawających do temp. 1200°C. Poważną wadą wytwarzanych płytek są znacznie niższe wskaźniki wytrzymałościowe oraz skomplikowany proces technologiczny.

W przemyśle używa się 2 rodzajów spiekanych tlenków metali:

1. **Płytki białe** – przeznaczone do obróbki żeliwa szarego i stali miękkich dużymi prędkościami skrawania.
2. **Płytki czarne** - przeznaczone do obróbki twardych żeliw i stali hartowanych oraz do obróbki wszystkich materiałów (wykończeniowej).

4.8.2. Pytania sprawdzające

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

1. Co to jest węgiel spiekany?
2. Co to jest tlenek spiekany?
3. Gdzie wykorzystuje się ceramikę spiekaną?
4. Jak wytwarza się płytki ceramiczne?
5. Jakie węgliki używa się do produkcji narzędzi skrawających?

4.8.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Dobierz węglik spiekany do wykonania noża tokarskiego do obróbki wykańczającej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) korzystając z Polskich Norm i Tablic Wytrzymałościowych dobrać odpowiedni rodzaj spieku do wykonywanego elementu noża, podać jego oznaczenie i skład chemiczny,
- 2) uzasadnić swój wybór.

Wyposażenie stanowiska:

- Polskie Normy,
- Poradnik Mechanika,
- komputer z dostępem do Internetu.

4.8.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

- 1) scharakteryzować węgliki spiekane?
- 2) wyjaśnić różnice między węglkami a tlenkami spiekanyymi?
- 3) scharakteryzować tlenki spiekane?
- 4) rozróżnić rodzaje węglików?

Tak

Nie

☐☐☐☐☐☐☐☐

4.9. Tworzywa sztuczne

4.9.1. Materiał nauczania

Tworzywami sztucznymi nazywamy wielkocząsteczkowe organiczne substancje, które mogą wykazywać właściwości plastyczne tylko przejściowo podczas ich wytwarzania lub przechodzić w stan plastyczny w przypadku ich podgrzewania.

Tworzywa sztuczne są materiałami pochodzenia organicznego o złożonej budowie chemicznej, jak żywice syntetyczne lub żywice naturalne modyfikowane, celulozy oraz wiele innych związków chemicznych.

Pojęcie żywicy obejmuje różne związki chemiczne zbudowane pod względem chemicznym w sposób jednolity z prostych cząstek, tzw. **monomerów**. Stanowią one powtarzające się elementy strukturalne składające się na duże cząstki, tzw. **polimery**. Liczba monomerów wchodzących w skład polimeru określa stopień polimeryzacji.

Polikondensacją nazywamy proces, podczas którego powstaje nowa substancja w wyniku oddziaływania na siebie dwóch lub więcej rodzajów małych cząstek różnych substancji. Powstająca substancja ma większą masę cząsteczkową niż każdy ze składników wchodzących w jej skład oraz różni się składem chemicznym od składu reagentów.

Tworzywa sztuczne wykazują wiele cech fizykochemicznych mechanicznych i technologicznych, które decydują o coraz szerszym ich zastosowaniu w wielu dziedzinach techniki. Należy tu wymienić:

- małą gęstość - 1-j-2 g/cm³;
- znaczną wytrzymałość mechaniczną, np. wytrzymałość na rozciąganie, dochodzi

- niekiedy do 60 MPa, a w niektórych przypadkach nawet tę wartość przekracza;
- dobre właściwości przeciwcierne,
- znaczną odporność na działanie czynników atmosferycznych,
- dobre właściwości elektroizolacyjne,
- dobre właściwości dielektryczne,
- dobrą plastyczność,
- estetyczny wygląd.

Pod względem budowy tworzywa sztuczne dzielimy na:

1. **Termoplasty**, czyli miękniejące pod wpływem temperatury co umożliwia ich formowanie, odkształcanie, a nawet spawanie.
2. **Duroplasty** - które są odporne na temperaturę.

Tworzywa sztuczne wytwarzane przez polikondensację mają w nowoczesnej technice najszersze zastosowanie spośród materiałów tego typu. Prawie wszystkie materiały tej grupy są termoutwardzalne. Umożliwia to wytwarzanie z nich przedmiotów odpornych na wpływ temperatury. Poniżej omówiono ważniejsze żywice otrzymywane przez polikondensację.

Żywice fenolowo-aldehydowe (fenoplasty, bakelity) otrzymuje się przez polikondensację fenoli i aldehydów. Zależnie od zawartości składników i warunków, w jakich przebiega reakcja oraz od rodzaju katalizatora można otrzymywać żywice fenolowo-aldehydowe zarówno w postaci materiałów termoutwardzalnych, jak i termoplastycznych.

Materiały te pod wpływem wysokiej temperatury przechodzą złożone reakcje chemiczne.

W pierwszym okresie pod działaniem wysokiej temperatury materiał ulega stopieniu. W tym stanie żywica może się rozpuszczać w rozpuszczalnikach organicznych.

Dalsze ogrzewanie prowadzi do powstawania produktu trudno się rozpuszczającego w rozpuszczalnikach i nie ulegającego topnieniu. Ogrzewanie żywicy do temperatury około 250°C powoduje jej utwardzenie oraz wyraźnie zmienia własności substancji. Po odpowiednich zabiegach staje się ona nieodwracalnie twarda, wytrzymała i ponadto odporna na wpływ otoczenia.

Żywice epoksydowe (np. **epidian**) są produktem polireakcji fenoli, głównie dianu z epichlorhydriną. Odznaczają się doskonałą przyczepnością do metali i szkła, odpornością chemiczną i właściwościami elektroizolacyjnymi. Stosuje się je jako kleje do metali, jako warstwy chroniące metale przed korozją (w przemyśle samochodowym) oraz w postaci arkuszy laminatów epoksydowo-szklanych w przemyśle aparatury elektronicznej.

Żywice mocznikowo-formaldehadowe (aminoplasty) są produktem polikondensacji mocznika i formaldehydu. Wykazują właściwości termoplastyczne. Są bezbarwne, lecz dają się zabarwiać na różne kolory. Ich techniczne znaczenie jest mniejsze niż żywic fenolowo-aldehydowych, gdyż nie są odporne na wpływy atmosferyczne i łatwo ulegają pękaniu. Jedną z ważniejszych cech żywic mocznikowo-formaldehadowych są właściwości elektroizolacyjne i z tego powodu znajdują one zastosowanie na powłoki przewodów elektrycznych wysokiego napięcia.

Żywice melaminowo-formaldehadowe są produktem polikondensacji melaminy i formaldehydu. Ich właściwości fizyczne i chemiczne przewyższają nieco właściwości żywic fenolowo-aldehydowych. Są one używane głównie do celów elektrotechnicznych jako powłoki izolacyjne w przewodach elektrycznych.

Żywice anilinowo-formaldehadowe są produktami kondensacji aniliny i formaldehydu. Żywice tego typu wykazują w pewnym stopniu właściwości termoplastyczne. Podczas nagrzewania powstaje półprzezroczysta substancja podobna do masy rogowej. Żywice tego typu mają bardzo dobre właściwości elektroizolacyjne oraz znaczną odporność na działanie wilgoci. Wykorzystuje się je do wytwarzania części urządzeń elektrotechnicznych.

Żywice silikonowe składają się z cząsteczek o skomplikowanej budowie, zawierających atomy krzemu, węgla, wodoru i tlenu. Wykazują one doskonałe właściwości elektroizolacyjne i dużą odporność na działanie podwyższonej temperatury. Niektóre żywice silikonowe wy-

trzymują temperaturę do 300°C. Z żywic silikonowych wytwarza się substancje ciekłe o bardzo dobrych właściwościach fizycznych. Są one używane jako smary i oleje. Ponadto wytwarza się z nich lakiery elektroizolacyjne i ogniotrwałe oraz materiały prasowane.

Jako ważniejsze materiały otrzymywane przez polimeryzację można wymienić polichlorek winylu, polistyren i metakrylan metylu.

Polichlorek winylu (winidur) jest produktem otrzymywanym w wyniku polimeryzacji chlorku winylu. Ma postać białego proszku. W czystym stanie z trudem poddaje się prasowaniu. W celu otrzymania wyrobów metodą prasowania do sproszkowanego polichlorku winylu dodaje się plastyfikatorów, niekiedy również wypełniaczy.

Polichlorek winylu odznacza się doskonałą odpornością chemiczną, zwłaszcza w stosunku do wody i różnego rodzaju olejów. Wykazuje on również dobre właściwości mechaniczne — przede wszystkim udarność.

Jedną z cech polichlorku winylu jest zdolność do spajania się w podwyższonej temperaturze pod wpływem nacisku. Opisane właściwości polichlorku winylu decydują o szerokim stosowaniu tego materiału w wielu dziedzinach techniki. Znany jest pod nazwami handlowymi winifol, winidur, igelit, mipolan. Bywa używany do wyrobu kajaków, materiałów podłogowych, płyt gramofonowych i naczyń, do przemysłu chemicznego, płaszczy, teczek, itp.

Polistyren jest produktem polimeryzacji styrenu. Odznacza się dobrymi właściwościami mechanicznymi, elektroizolacyjnymi oraz optycznymi. Jako wadę należy wymienić małą odporność na wpływ podwyższonej temperatury. Wyroby z polistyrenu nie mogą być używane w temperaturze powyżej 80°C bez obawy utraty właściwości mechanicznych. Polistyren stosuje się często w elektrotechnice, radiotechnice i przemyśle samochodowym. Gotowe wyroby otrzymuje się metodami prasowania, odlewania pod ciśnieniem, odlewania w formach oraz spiekania w celu uzyskania styropianu.

Polistyren jest przezroczysty jak szkło. Można z niego wyrabiać soczewki, oprawki, futerały, grzebienie itp.

Metakrylan metylu znany jest pod nazwą **pleksiglas**. Jest to substancja bezbarwna o doskonałej przezroczystości i dobrych właściwościach mechanicznych w niższej temperaturze (do 80°C). Stosuje się go w wielu dziedzinach zamiast szkła oraz do wyrobu różnych drobnych części wielu urządzeń technicznych. Można go przerabiać przez prasowanie, odlewanie i skrawanie. Podobnie jak inne wymienione tworzywa otrzymywane metodą polimeryzacji, wykazuje właściwości termoplastyczne.

4.9.2. Pytania sprawdzające

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

1. Co to jest i do czego stosujemy polistyren?
2. Co to jest i do czego stosujemy pleksiglas?
3. Co to jest i gdzie ma zastosowanie polichlorek winylu?
4. Co to jest i kiedy stosujemy epoksydian?
5. Gdzie mają zastosowanie aminoplasty?

4.9.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Dobierz tworzywo sztuczne do wykonania obudowy pudełka na płytę CD.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinien:

- 1) korzystając z Polskich Norm i Tablic Wytrzymałościowych dobrać odpowiedni rodzaj tworzywa sztucznego do wykonywanego elementu, podać jego oznaczenie i skład chemiczny,
- 2) uzasadnić swój wybór.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- Polskie Normy,
- Poradnik Mechanika,
- komputer z dostępem do Internetu.

4.9.4. Sprawdzian postępów

	Tak	Nie
Czy potrafisz:		
1) wyjaśnić pojęcie polikondensacji?	☐	☐
2) wyjaśnić co nazywamy termoplastami?	☐	☐
3) uzasadnić stosowanie żywic silikonowych?	☐	☐
4) wskazać cechy charakterystyczne winiduru?	☐	☐
5) wskazać cechy metakrylanu metylu?	☐	☐

4.10. Szkło

4.10.1. Materiał nauczania

Szkło - to materiał otrzymywany w wyniku stopienia tlenku krzemu (**krzemionka, SiO_2**) z różnymi dodatkami dobranymi w odpowiednich proporcjach, a następnie szybkiego ochłodzenia tak, aby nie doszło do pełnej krystalizacji krzemionki, lecz aby w strukturze pozostało jak najwięcej fazy amorficznej, będącej formalnie rzecz biorąc przechłodzoną cieczą.

Surowcem do produkcji tradycyjnego szkła jest piasek kwarcowy (SiO_2) oraz dodatki, najczęściej: węglan sodowy (Na_2CO_3) i węglan wapniowy (CaCO_3), topniki: tlenki boru i ołowiu (B_2O_3 , PbO) oraz barwniki, którymi są zazwyczaj tlenki metali (kadm, mangan i inne). Surowce są mieszane, topione w piecu w temperaturze 1400-1500°C, po czym formowane w wyroby przed pełnym skrzepnięciem. Produkcja szkła znana była już ponad pięć tysięcy lat temu. W I w. p.n.e. znano metodę wytwarzania przedmiotów przez wydmuchiwanie, w XIX w. wynaleziono metodę odlewania.

Właściwości szkła:

materiał izotropowy,
słaby przewodnik dla elektryczności,
materiał o dużej odporności chemicznej (nie jest odporny na działanie kwasu fluorowodorowego).

Właściwości mechaniczne szkła budowlanego:

- 1) twardość w skali Mohsa 5-7,
- 2) gęstość szkła budowlanego 2400-2600 kg/m³,

- 3) wytrzymałość na zginanie 30-50 MPa,
- 4) wytrzymałość na ściskanie 800-1000 MPa.

Właściwości szkła są uzależnione od sposobu wytopu oraz w ograniczonym zakresie od składu chemicznego.

Rodzaje szkła:

Szkło budowlane: płaskie walcowane i ciągnione, zespolone, hartowane, barwne nieprzezrzyste, piankowe, szkła budowlane są zazwyczaj szklami sodowo/wapniowo/potasowo-krzemianowymi.

Szkło jenajskie zwane też szkłem boro-krzemianowym - po raz pierwszy wynalezionym w Jenie, które cechuje stosunkowo niska temperatura topnienia (ok. 400°C), łatwość formowania i jednocześnie wysoka odporność na nagłe zmiany temperatury. Jest ono stosowane w sprzęcie laboratoryjnym i kuchennym. Jego odmianą jest szkło pyrex, które posiada skład znacznie ulepszony w stosunku do szkła jenajskiego.

Szkło ołowiowe (kryształowe) - przepuszczalne dla ultrafioletu, o bardzo wysokim współczynniku załamania światła, używane do produkcji wyrobów dekoracyjnych oraz soczewek optycznych.

Niektóre rodzaje szkła budowlanego:

- **szkło okienne** – jest to szkło płaskie, najczęściej produkowane metodą ciągnioną, w grubościach od 2 do 10 mm. Przepuszczalność światła zależy od grubości i waha się od 85% do 77%,
 - **szkło płaskie walcowane** – produkowane najczęściej jako wzorzyste w grubościach od 3 do 7 mm,
 - **szkło płaskie zbrojone** – z wtopioną metalową siatką, w taflach o grubości od 5 do 8 mm,
 - **szkło płaskie pochłaniające promienie podczerwieni** (o nazwie handlowej używanej w Polsce **Antisol**)
 - **szyby zespolone** – zestawy złożone z dwóch lub trzech szyb przedzielonych przekładką dystansową i połączonych szczelnie na obwodzie, obecnie najczęściej używane do szklenia okien
 - **szkło hartowane** – o większej wytrzymałości mechanicznej i większej odporności na gwałtowne zmiany temperatury. Otrzymywane przez poddanie szkła zwykłego odpowiedniej obróbce termicznej polegającej na podgrzaniu do temperatury 620 - 680°C i niezbyt szybkim ochłodzeniu sprężonym powietrzem - co powoduje zmianę jego mikrostruktury - tworzy się bardzo regularna sieć drobnych kryształków krzemionki poprzedzielana niewielkimi domenami fazy amorficznej. Na skutek takiej wysoce krystalicznej struktury, przy rozbiciu szkło to rozpada się na małe kawałeczki o nieostrych krawędziach. Używane w budownictwie i do produkcji szyb samochodowych,
 - **szkło refleksyjne** – szkło płaskie o powierzchni pokrytej warstwą innego materiału, przepuszcza światło, ale posiada duży współczynnik odbicia promieniowania. Zastosowanie takiego szkła latem zabezpiecza pomieszczenia przed nagraniem, zimą ogranicza wypromieniowanie ciepła z wnętrza. Przez możliwość naniesienia warstwy refleksyjnej różnej barwie - daje ciekawe efekty architektoniczne na elewacjach budynków,
 - **szkło elektroprzewodzące** – z naniesioną powłoką z materiału elektroprzewodzącego,
 - **szkło nieprzezroczyste** (marblit) – w postaci płyt i płytek używanych do dekoracji ścian.
- Ponadto ze szkła produkowane są wyroby takie, jak np. pustaki szklane, wełna szklana.

Szczególnym zastosowaniem szkła jest produkcja tzw. **włókna szklanego**, powstaje ono przez przeciskanie stopionej masy szklanej przez otwory o bardzo małej średnicy.

Światłowód- dzięki wewnętrznemu odbiciu impulsów świetlnych w odpowiednio przygotowanym włóknie szklanym mogą one bez znaczącego osłabienia pokonywać ogromne odległości; dodatkowo jedno włókno światłowodowe może przekazywać jednocześnie wiele takich impulsów o różnych częstotliwościach, dzięki czemu przepustowość informacyjna światłowodu jest gigantyczna w porównaniu z tradycyjnymi miedzianymi przewodami. Światłowody mają ogromne i wciąż rosnące zastosowanie w teleinformatyce.

Tkaniny i maty szklane służące do zbrojenia sztucznych żywic, czyli produkcji tzw. laminatów. W połączeniu z żywicami poliestrowymi (tańszymi) lub epoksydowymi (droższymi, ale wytrzymalszymi i odporniejszymi) tworzą lekki, wytrzymały i odporny materiał konstrukcyjny powszechnie stosowany w lotnictwie, szkutnictwie, przemyśle samochodowym etc. W wypadku droższych i bardziej wymagających konstrukcji włókna szklane bywają uzupełniane lub zastępowane węglowymi lub aramidowymi, jednak jako podstawowy składnik laminatów długo pozostaną dominujące, zwłaszcza ze względu na stosunkowo niską cenę.

4.10.2. Pytania sprawdzające

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

1. Gdzie ma zastosowanie marblit?
2. Gdzie ma zastosowanie szkło jenajskie?
3. Gdzie mają zastosowanie szyby zespolone?
4. Z jakiego związku chemicznego produkuje się szkło?
5. Gdzie stosuje się światłowody?

4.10.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Dobierz szkło do wykonania okna odpornego na stłuczenie.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) korzystając z Polskich Norm i Tablic Wytrzymałościowych dobrać odpowiedni rodzaj szkła do wykonywanego elementu, podać jego oznaczenie i skład chemiczny,
- 2) uzasadnić swój wybór.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- Polskie Normy,
- Poradnik Mechanika,
- komputer z dostępem do Internetu.

4.10.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

- 1) wyjaśnić jak powstaje szkło hartowane?
- 2) określić właściwości szkła budowlanego?
- 3) uzasadnić stosowanie szkła zbrojonego?
- 4) wskazać cechy charakterystyczne światłowodu?

Tak

Nie

☐
☐
☐
☐
☐
☐
☐
☐

4.11. Materiały ceramiczne

4.11.1. Materiał nauczania

Ceramika- dawniej - całość wyrobów otrzymywana z gliny wypalanej po jej uformowaniu.

Obecnie określenia używa się w stosunku do wszystkich materiałów otrzymywanych z mieszaniny surowców występujących w stanie naturalnym (gliny, skalenie, kwarc, kaolin) oraz wytworzonych związków chemicznych (tlenków, krzemianów, węglików, azotków, siarczków i innych) przez wypalenie ich do stanu spieczenia. Do ceramiki obecnie zalicza się wyroby z glin, szkło, emalie, spoiwa mineralne, materiały ściernie, niemetaliczne materiały magnetyczne, ferroelektryczne, dielektryczne itp. Wszystkie materiały ceramiczne cechują się dużą odpornością na działanie wysokiej temperatury, czynników chemicznych, twardością. Są to jednak materiały kruche i nie nadają się do obróbki po wypaleniu (można je tylko delikatnie szlifować).

Proces produkcji wyrobów ceramicznych polega na dokładnym wymieszaniu masy otrzymanej ze zmielonych (rozrobionych) surowców z wodą (lub bez wody), odpowietrzenie, formowanie, suszenie i wypalanie. Proces wypalania odbywa się w specjalnych piecach w temperaturze od 900°C do 2000°C (w zależności od rodzaju użytych surowców). Niektóre materiały ceramiczne, po wypaleniu pokrywa się szkliwem i ponownie wypala.

Ceramikę używa się w różnych dziedzinach gospodarki, np. w budownictwie, elektronice, chemii, przy budowie piecy używanych do wypalania cementu, piecy szklarskich, do wytopu metali w hutnictwie, jako materiał ścierny itp., a także do produkcji naczyń domowego użytku.

Wyroby używane w budownictwie można podzielić na trzy grupy:

- 1) **wyroby o czerepie porowatym** (nasiąkliwość wagowa waha się od 6% do 22%) – do grupy tej należą:
 - **wyroby ceglarskie**, czyli cegły, pustaki ścienne i stropowe, dachówki, sączki drenarskie itp.,
 - **wyroby glazurowane** – kafle piecowe, płytki ścienne,
 - **wyroby ogniotrwałe** – np. wyroby szamotowe, krzemionkowe, termalitowe,
- 2) **wyroby o czerepie zwartym** (o nasiąkliwości wagowej do 6%) – cegły i kształtki klinkierowe, płytki podłogowe (terakota), wyroby kamionkowe,
 - **ceramika półszlachetna** – wyroby fajansowe i porcelanowe, np. wyposażenie łazienek (umywalki, sedesy itp.),
 - **wyroby klinkierowe** - są to wyroby ceramiczne zwarte. Otrzymuje się je z glin o niskiej temperaturze spiekania i wysokiej temperaturze stapiania. Wyroby wypalane są
 - w temperaturze od 1200oC do 1300oC. Cechuje je mała nasiąkliwość wagowa i większa, niż dla wyrobów o czerepie porowatym wytrzymałość mechaniczna. Do wyrobów klinkierowych należą:
 - cegła budowlana klinkierowa - o wymiarach takich samych jak cegła zwykła pełna, produkowana jako pełna lub z otworami (najczęściej prostokątnymi do podstawy). Na rynku spotyka się obecnie wyroby także o innych wymiarach,
 - klinkier drogowy (cegły brukowe),
 - kształtki i płytki podokienne, do licowania ścian i płytki posadzkowe,
- 3) **ceramika ogniotrwała.**

Ze względu na charakter oddziaływania chemicznego materiały ogniotrwałe dzieli się na kwaśne, zasadowe i obojętne. Do materiałów kwaśnych należą wyroby krzemionkowe, szamotowe i pokrewne. Reagują one w wysokiej temperaturze z materiałami zasadowymi. Do materiałów zasadowych zalicza się wyroby magnezytowe, dolomitowe itd. Do materiałów obojętnych należą substancje, które nie reagują w wysokiej temperaturze ani z materiałami zasadowymi, ani z kwaśnymi, jak np. wyroby węglowe, chromitowe i inne. Wyroby ogniotrwałe dzieli się ponadto według surowców, z których są wykonane. W związku z tym rozróżnia się wyroby krzemionkowe, szamotowe, magnezytowe, dolomitowe, chromitowe, węglanowe, karborundowe i inne.

Wyroby krzemionkowe, zwane czasem dynasem, są wykonywane z rozdrobnionych kwarcytów (SiO_2), z dodatkiem mleka wapiennego i melasy lub ługu posiarczynowego, następnie wypalanych.

Wyroby szamotowe składają się z kaolinu ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) lub gliny ogniotrwałej plastycznej oraz szamotu, piasku itp. jako materiału schudzającego. Szamot jest wypaloną i mieloną gliną ogniotrwałą. Wyroby kwarcowo-szamotowe odznaczają się małym skurczem. Jest to spowodowane zwiększeniem całkowitej zawartości krzemionki w masie wyrobu. Wyroby szamotowe kwasoodporne, jakkolwiek różnią się nieznacznie składem chemicznym od zwykłych wyrobów szamotowych, to jednak ze względu na znaczny stopień spieczenia i zwartą nieporowatą budowę odznaczają się odpornością w wysokiej temperaturze na chemiczne działanie kwasów, a nawet zasad. Ognioodporność tych materiałów jest jednak mniejsza niż normalnych wyrobów szamotowych.

Wyroby magnezytowe wykonuje się z rozdrobnionego magnezytu (MgCO_3) z dodatkiem melasy. Mniej są one odporne na nagłe zmiany temperatury, co objawia się pękaniem i rozsypywaniem obmurza wykonanego z tego materiału.

Wyroby dolomitowe należą również do grupy materiałów zasadowych. Wykonuje się je z wypalonego i następnie rozdrobnionego dolomitu ($\text{CaCO}_3\text{MgCO}_3$).

Wyroby węglowe zalicza się z punktu widzenia oddziaływania chemicznego do grupy materiałów obojętnych. Podstawowym składnikiem wyrobów węglowych jest węgiel lub grafit wiązany ceramicznie gliną ogniotrwałą, smołą itp. Zastosowanie wyrobów węglowych ogranicza się jedynie do atmosfery redukującej lub obojętnej. Atmosfera utleniająca bowiem powoduje utlenienie się węgla, a więc zniszczenie materiału.

4.11.2. Pytania sprawdzające

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

1. Gdzie ma zastosowanie ceramika ogniotrwała?
2. Gdzie ma zastosowanie terakota?
3. Gdzie mają zastosowanie wyroby glazurowane?
4. Z jakich materiałów produkuje się ceramikę?

4.11.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Dobierz odpowiedni materiał ceramiczny do wyłożenia pieca ogrodowego do wędzenia wyrobów wędliniarskich.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinienś:

- 1) korzystając z Polskich Norm i Tablic Wytrzymałościowych dobrać odpowiedni rodzaj materiału ceramicznego do wykonywanego elementu, podać jego oznaczenie i skład chemiczny,
- 2) uzasadnić swój wybór.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- Polskie Normy,
- Poradnik Mechanika,
- komputer z dostępem do Internetu.

4.11.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

- 1) scharakteryzować wyroby szamotowe?
- 2) podać właściwości terakoty?
- 3) opisać proces powstawania ceramiki?
- 4) wskazać cechy charakterystyczne wyrobów węglowych?

Tak

Nie

☐☐☐☐☐☐☐☐

4.12. Kompozyty

4.12.1. Materiał nauczania

Kompozytem nazywamy tworzywo powstałe przez połączenie dwóch lub więcej materiałów, z których jeden jest wiążącym, a inne spełniają rolę wzmacniającą i są wprowadzane w postaci ziarnistej, włóknistej lub warstwowej. W wyniku tego uzyskuje się kombinację własności (najczęściej chodzi tu o własności mechaniczne) niemożliwą do osiągnięcia w materiałach wyjściowych. Cenną cechą kompozytów jest możliwość projektowania ich struktury w kierunku uzyskania założonych własności. Z tego względu kompozyty znalazły szerokie zastosowanie we współczesnej technice i przewiduje się dalszy dynamiczny ich rozwój.

Kompozyty składają się z osnowy i z rozmieszczonego w niej drugiego składnika o znacznie wyższych właściwościach wytrzymałościowych lub większej twardości zwanego zbrojeniem.

Osnowa – jest to najczęściej polimer (może to być także metal, np. tytan, glin, miedź) lub ceramika (np. tlenek glinu). Najczęściej osnową są polimery, ze względu na ich mały ciężar właściwy i łatwość kształtowania.

Niezależnie jednak, jaki to jest materiał osnowa spełnia w kompozycie następujące funkcje:

- Zlepia zbrojenie;

- Umożliwia przenoszenie naprężeń na włókna;
- Decyduje o właściwościach chemicznych i cieplnych kompozytu;
- Nadaje żądany kształt wyrobom;
- Dobrze wiąże się ze zbrojeniem.

Zbrojenie: może mieć postać proszku lub włókien. Dodawane jest w dużej ilości do kompozytu. Zbrojenie zazwyczaj tylko fizycznie oddziałuje na osnowę.

Zbrojenie spełnia zadania:

- Poprawia określone właściwości mechaniczne i (lub) użytkowe wyrobu.
- Niekiedy zmniejsza koszt wsadu surowcowego (dotyczy to napelnaczy proszkowych).

Kompozyty można sklasyfikować wg rodzaju i kształtu fazy umacniającej (zbrojenie kompozytu) oraz typu osnowy.

Ze względu na pochodzenie kompozytu możemy wyróżnić:

- kompozyty sztuczne – wytworzone przez człowieka,
- kompozyty naturalne – np. drewno,

Ze względu na rodzaj zbrojenia wyróżniamy kompozyty:

- **włókniste,**
- **proszkowe,**
- **porowate ciała stałe lub pianki.**

Kompozyty umacniane włóknami można podzielić na umacniane włóknami ciągłymi i krótkimi (ciętymi), a w zależności od kierunku ułożenia włókien mogą być umacniane włóknami równoległymi, nierównoległymi, matami, tkaninami, plecionkami itp. Odrębnym rodzajem jest laminat, czyli kompozyt warstwowy umacniany warstwami papieru, drewna, tkanin, podczas gdy osnowę stanowi żywica syntetyczna. Są też stosowane laminaty typu „plaster miodu” lub kompozyty warstwowe o osnowie metalowej. Można dzielić kompozyty wg rodzaju materiału włókien (metalowe, ceramiczne węglowe, polimerowe) lub osnowy (metal, ceramika, węgiel, tworzywa sztuczne).

W zależności od tego, jaka jest postać zbrojenia otrzymujemy albo kompozyty proszkowe, albo włókniste. Włókna mogą być ciągłe, ułożone jednokierunkowo, bądź cięte zorientowane w jednym kierunku lub rozmieszczone w sposób chaotyczny. Od rodzaju zbrojenia, jego kształtu i sposobu rozmieszczenia będą zależały właściwości kompozytu.

Kompozyty zbrojone proszkami, bądź statystycznie rozmieszczonymi włóknami ciętymi mają właściwości jednakowe w każdym kierunku (izotropia).

Kompozyty zbrojone włóknem ciągłym, bądź zorientowanym włóknem ciętym mają wyższe właściwości wytrzymałościowe w kierunku wzdłuż włókien niż w kierunku poprzecznym do włókien (anizotropia).

Kompozyty ceramiczne:

Dobra sztywność i twardość ceramiki można czasami połączyć z odpornością na obciążenia dynamiczne polimerów, czy metali przez wytworzenie kompozytu. Przykładem mogą być tworzywa sztuczne wzmocnione włóknami szklanymi lub węglowymi; włókna szklane lub węglowe usztywniają dość miękki polimer. Jeżeli włókno pęknie, pęknięcie rozprzestrzeni się w miękkim polimerze ulega w nim zahamowaniu, nie uszkadzając reszty przekroju. Innym przykładem jest cermet: cząstki twardego węgla wolframu są powiązane metalicznym kobaltom. Cermet jest spiekami ceramiczno-metalowymi, materiał otrzymywany przez prasowanie i spiekanie zmieszanych proszków ceramicznych i proszków metali; składnikami cermetali są najczęściej tlenki (np. glinu) i węgliki (np. tytanu, chromu), a także azotki, borki, krzemki, składnikami metalicznymi — m.in. żelazo, nikiel, chrom; cermetale odznaczają się dużą twardością, ogniotrwałością, odpornością na chemikalia, są dość kruche; stosowane m.in. do wytwarzania ostrzy narzędzi skrawających, elementów turbin gazowych i silników odrzutowych, części aparatury chemicznej, osłon paliwa w reaktorach jądrowych.

GFRP (kompozyt polimerowy wzmocniony włóknami polimerowymi) Szkło – polimer. Konstrukcje wymagające materiałów o szczególnych właściwościach.

CFRP (kompozyt polimerowy wzmocniony włóknami węglowymi) Węgiel – polimer. Konstrukcje wymagające materiałów o szczególnych właściwościach.

cermetal WC – Co - narzędzia skrawające oraz do obróbki plastycznej.

Nowe kompozyty ceramiczne **Al₂O₃ – SiC**. Zastosowania do urządzeń pracujących w wysokich temperaturach wymagających dużej odporności na obciążenia dynamiczne.

Zastosowanie kompozytów:

- sprzęt gospodarstwa domowego (odporność temperaturowa, stabilność wymiarów, izolacyjność);
- z kompozytów wykonuje się, np. szafy na gazomierze i wodomierze oraz wkładki do żelazek oddzielające uchwyt od płyty grzejnej;
- budownictwo (mała masa, łatwość montażu, odporność korozyjna, nie wymagają konserwacji, łatwe w utrzymaniu);
- z kompozytów wykonuje się, np. balustrady balkonowe, dachówki, stolarkę okienną, drzwi;
- budki telefoniczne;
- lotnictwo (mała masa, wytrzymałość mechaniczna, sztywność).

4.12.2. Pytania sprawdzające

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

1. Gdzie ma zastosowanie cermetal WC?
2. Gdzie mają zastosowanie laminaty typu „plaster miodu”?
3. Gdzie mają zastosowanie kompozyty?
4. Jak mogą być zbudowane kompozyty?

4.12.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Dobierz odpowiedni laminat do wykonania odpornego na warunki atmosferyczne stolika ogrodowego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) korzystając z Polskich Norm i Tablic Wytrzymałościowych dobrać odpowiedni rodzaj laminatu do wykonywanego stołu, podać jego oznaczenie i skład chemiczny,
- 2) uzasadnić swój wybór.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- Polskie Normy,
- Poradnik Mechanika,
- komputer z dostępem do Internetu.

4.12.4. Sprawdzian postępów

	Tak	Nie
Czy potrafisz:		
1) scharakteryzować kompozyty?	☐	☐
2) podać właściwości cermetali?	☐	☐
3) uzasadnić stosowanie kompozytów?	☐	☐
4) wskazać gdzie możemy stosować kompozyty?	☐	☐

4.13. Drewno

4.13.1. Materiał nauczania

Drewno - to surowiec otrzymywany ze ściętych drzew i formowany przez obróbkę w różnego rodzaju sortymentach. Drewno zajmuje przestrzeń pomiędzy rdzeniem, warstwą łyka i kory. Drewno należy do najstarszych materiałów używanych przez człowieka.

W Polsce, w grodzie Biskupin wszystkie domy, urządzenie obronne i wiele przedmiotów wyposażenia i codziennego użytku było wykonane z drewna. Przez tysiąclecia budowano z drewna ściany, stopy i dachy. Drewna używano do wykonywania narzędzi, naczyń, a także do ogrzewania i oświetlania pomieszczeń (łuczywo). Obecnie drewno znajduje zastosowanie jako materiał na podłogi, boazerie, do wykonania wierzb dachowych, ogrodzeń i pergoli, mebli i zabawek. Odpady powstałe przy produkcji różnych sortymentów drewna są wykorzystywane do produkcji piły pilśniowych i wiórowych, które także są materiałem do wykonywania wielu przedmiotów spotykanych i używanych każdego dnia.

Podstawowymi pierwiastkami wchodzącymi w skład drewna są: węgiel, tlen i wodór. Tworzą one związki organiczne: celulozę, hemicelulozę i ligninę.

Właściwości fizyczne drewna:

- Barwa drzew – krajowych nie odznacza się tak dużą intensywnością jak niektórych gatunków egzotycznych (mahoń, palisander). Drewno z drzew krajowych ma barwę od jasnożółtej do brązowej.
- Połysk – związany jest z twardością drewna i gładkością powierzchni. Połysk najbardziej jest widoczny w przekroju promieniowym.
- Rysunek drewna - różni się w zależności od przekroju, barwy drewna, wielkości przyrostów, sęków itp.
- Zapach – każdy gatunek drewna ma swój specyficzny zapach. Pochodzi on od znajdujących się w drewnie żywic, olejków eterycznych, garbników itp. Z biegiem lat drewno traci zapach.
- Wilgotność – zależy od warunków, w jakich drewno się znajduje i ma znaczny wpływ na pozostałe właściwości drewna. Bezpośrednio po ścięciu wilgotność drewna wynosi 35%, ale może być znacznie większa. Drewno w stanie określonym jako powietrzno-suche (wyschnięte na wolnym, powietrzu) ma wilgotność około 15-20%, przechowywane w suchych pomieszczeniach – ma wilgotność 8-13%. Duża wilgotność drewna bywa powodem paczienia się wyrobów, stwarza warunki sprzyjające rozwojowi grzyba. Gdyby drewno zostało wysuszone do wilgotności 0% stałoby się materiałem łatwo pękającym i kruchym. Praktycznie nie byłoby można wykonać z takiego drewna żadnej konstrukcji, czy przedmiotów użytkowych.

- Higroskopijność - to skłonność materiału do wchłaniania wilgoci z powietrza. Drewno zawsze wchłania wilgoć lub oddaje ją do pomieszczenia tak długo, aż osiągnie stan równowagi pomiędzy własną wilgotnością a wilgotnością otoczenia. Drewno stosowane w miejscach o dużej wilgotności powinno być zabezpieczone przed jej wchłanianiem.
- Skurecz i pęcznienie - drewno wilgotnieje podczas suszenia zawsze kurczy się podczas nasiąkania wodą pęcznieje. Podczas skurczu drewno pęka i pęczy się. Dlatego konstrukcje drewniane (więźby, ramy okienne, listwy boazerijne itp.) powinny być przygotowane z drewna już wysuszanego, do takiej wilgotności, o jakiej będzie ono użytkowane. (Najczęściej używa się do wykonania elementów konstrukcyjnych drewna w stanie powietrzno- suchym)
- Ciężar drewna - zależy od jego wilgotności, rodzaju drzewa, z którego jest otrzymane.
- Przewodność cieplna - drewno źle przewodzi ciepło, zatem jest dobrym izolatorem. Oczywiście współczynniki przewodności zależą od rodzaju drewna i stopnia wilgotności drewna.

Właściwości mechaniczne:

- Drewno jest materiałem anizotropowym, jego wytrzymałość na ściskanie rozciąganie, zginanie zależy od kierunku działania sił w stosunku do włókien. Drewno znacznie łatwiej (ma większą wytrzymałość) przenosi siły działające wzdłuż włókien, wraz ze wzrostem kąta odchylenia tych sił od kierunku włókien wytrzymałości drewna zmniejsza się.
- Twardość – jest mierzona oporem stawianym przez drewno podczas wciskania stalowej kulki o ściśle określonej wielkości. Twardość zależy od gatunku drewna, z którego drewno pochodzi. Do gatunków twardych należą między innymi: modrzew, akacja, buk, dąb, grab, jawor, wiąz. Do najbardziej miękkich: lipa, olcha, osika, topola. Drewno miękkie jest znacznie łatwiejsze w obróbce, stąd często jest używane przez rzeźbiarzy (np. Ołtarz w Kościele Mariackim w Krakowie jest wyrzeźbiony z lipy).
- Ścieralność – drewna twarde są najczęściej najodporniejsze na ścieranie. Ta cecha ma duże znaczenie przy wyborze drewna jako materiału do wykonania, np. podłóg.

Wady drewna:

Zawsze powodują obniżenie jego wartości albo mogą spowodować jego dyskwalifikację, jako materiału. Zależą od różnych czynników:

- Związane ze wzrostem drzewa - sęki, rdzenie położone mimośrodowo, rdzenie podwójne, zawoje, skręty włókien, pęknięcia, np. mrozowe itp.
- Związane z procesami gnilnymi, zagrzybieniem podczas wzrostu albo po jego ścięciu, powodują zmianę zabarwienia, siniznę, zgniliznę, czyli mursz.

Sortymenty drewna można podzielić na:

- **Drewno okrągłe** – to pokolorowany pień bez wierzchołka i gałęzi. Drewno takie może być zastosowane jako słupy, pale, stemple itp.
- **Tarcica** – jest to drewno przetarte w tartaku z drewna okrągłego.

Wyroby z drewna (materiały otrzymywane z drewna lub jego odpadów):

- **fornir** – jest to cienki płat drewna o grubości do 5 mm. Cienkie forniry, o grubości do 1mm są używane do produkcji sklejk oraz jako okleiny (obłogi) drewna i płyty w calu nawadnia im ładniejszego, szlachetnego wyglądu. Forniry otrzymywane są przez skrawanie obwodowe, mimośrodowe lub płaskie większych kawałków drewna. Wybór techniki skrawania ma wpływ na rysunek, w jaki układają się słoje,
- **sklejka** – płyta sklejona z nieparzystej liczby forinrów. Podczas klejenia kolejne warstwy forniru układa się tak, aby włókna przebiegały pod kątem prostym. Daje to znaczną poprawę parametrów mechanicznych sklejki. W budownictwie sklejkę stosuje się przede

- wszystkim przy wykonaniu robót stolarskich i przy wykonaniu deskowania elementów betonowych,
- **plyty pilśniowe** - otrzymywane są z rozwłóknionej masy drewna (rozwłóknieniu poddaje się odpady tartaczne - ścinki, odpadki) sklejone z równoczesnym sprasowaniem.
 - **plyty wiórowe** - produkowane są z odpadów tartacznych rozdrobnionych do postaci wiórów. Cząsteczki drewna zespala się przy pomocy kleju podczas obróbki termicznej pod ciśnieniem. Płyty produkowane z okleiną zewnętrznej powierzchni lub bez okleiny. Jako okleinę można zastosować forinty (laminaty) z żywic syntetycznych. Płyty są produkowane o grubości od 10-56 mm. Stosowane przy robotach stolarskich w meblarstwie,
 - **plyty MDF i HDF** - są to płyty drewnopochodne nowszej generacji. Produkowane z włókien drzewnych klejonych w podniesionej temperaturze pod ciśnieniem. Otrzymany materiał ma jednorodny przekrój. Jest twardy. Może być produkowany w okleinach naturalnych (fornir) lub sztucznych albo tylko pokryty lakierem. Stosowany jest do produkcji paneli podłogowych, płyt dla przemysłu meblarskiego, do robót stolarskich. Oprócz płyt, z masy można wytłaczać elementy do dekoracyjnego wykończenia powierzchni (np. listwy ozdobne o różnym profilu),
 - **materiały podłogowe** - deski podłogowe - tarcica podłogowa, deszczułki posadzkowe (parkiet), płyty posadzki mozaikowej, panele podłogowe (i ściennie), kostka brukowa drewniana.
 - **Lignofol** - materiał warstwowy ze sklejonych wodoodpornym klejem syntetycznych cienkich warstw drewna, charakteryzuje się dużą wytrzymałością i twardością, jest stosowany do wyrobu części maszyn, szybowców (drewno warstwowe).
 - Gęstość: 1200 kg/m³
 - Wytrzymałość na ściskanie: 88-118 N/mm²
 - Wytrzymałość na zginanie: 103 N/mm²
 - Twardość: 118 N/mm²,
 - **Lignoston** - drewno prasowane, utwardzane, materiał otrzymywany przez sprasowanie litego drewna pod ciśnieniem 30 MPa w temperaturze od 17 do 160°C, nasycone żywicą fenolowo-formaldehydową lub melaminowo-formaldehydową. Charakteryzuje się dużą wytrzymałością na rozciąganie i zginanie – do 250 MPa, 12-13 krotnie większą od drewna litego twardością. Stosowany na rynku części maszyn (np. czółenek tkackich, kół zębatach oraz w przemyśle elektrotechnicznym i chemicznym).

4.13.2. Pytania sprawdzające

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

1. Co nazywamy drewnem?
2. Gdzie ma zastosowanie lignoston?
3. Gdzie mają zastosowanie płyty pilśniowe?
4. W jaki sposób otrzymujemy fornir?

4.13.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Dobierz odpowiedni laminat do wykonania podłogowej listwy ozdobnej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) korzystając z Polskich Norm i Tablic Wytrzymałościowych dobrać odpowiedni rodzaj materiału do wykonywanego elementu, podać jego oznaczenie i skład chemiczny,
- 2) uzasadnić swój wybór.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- Polskie Normy,
- Poradnik Mechanika,
- komputer z dostępem do Internetu.

4.13.4. Sprawdzian postępów

	Tak	Nie
Czy potrafisz:		
1) scharakteryzować drewno?	☐	☐
2) określić właściwości sklejek?	☐	☐
3) uzasadnić stosowanie fornitru?	☐	☐
4) wskazać cechy charakterystyczne lignofol?	☐	☐

4.14. Materiały uszczelniające

4.14.1. Materiał nauczania

Tworzywa sztuczne ze względu na właściwości znalazły zastosowanie we wszystkich dziedzinach, a zatem nie mogło ich również zabraknąć w tak specyficznej dziedzinie, jaką są wszelkiego rodzaju uszczelnienia. Uszczelnienia są stosowane na każdym kroku, począwszy od budownictwa, poprzez motoryzację, a skończywszy na artykułach gospodarstwa domowego i opakowaniach. Uszczelnienia zarówno elastyczne, jak i twarde mogą być wytwarzane z jednego składnika, jak materiały spienione albo materiały lite. Uszczelnienia można wykonywać wcześniej w zakładach przetwórstwa tworzyw sztucznych lub na miejscu montażu.

Uszczelnienia gumowe

Guma na bazie kauczuków syntetycznych i kauczuku naturalnego jest podstawowym materiałem stosowanym do wytwarzania uszczelnień. Składnikiem decydującym o właściwościach wulkanizatów gumowych jest kauczuk. Makrocząsteczki kauczuków pod wpływem siarki lub innych procesów chemicznych ulegają procesom sieciowania, tworząc gumę. Gumi wykazują zdolność odwracalnego rozciągania, nie ulegają jednak mięknięciu pod wpływem ogrzewania i nie można ich przetwarzać metodami stosowanymi w przetwórstwie tworzyw termoplastycznych. Do wytwarzania wulkanizatów gumowych stosuje się różne kauczuki:

- **kauczuki nitrowe (NBR)** – wulkanizaty tego kauczuku charakteryzują się wysoką elastycznością, wytrzymałością na zerwanie, małym odkształceniem przy ściskaniu oraz odpornością na oleje – uszczelnienia na bazie tego kauczuku stosowane są w hydraulice i pneumatyce;
- **kauczuki akrylowe** – wulkanizaty wykazują lepszą odporność na gorące powietrze, tlen, ozon i oleje niż wulkanizaty nitrowe. W porównaniu z elastomerami wykazują mniejszą odporność na zerwanie, ponadto charakteryzują się dużym odkształceniem trwałym przy ściskaniu. Uszczelnienia na bazie kauczuku akrylowego mogą być stosowane w zakresie temperatur od -20 do 150°C, są one odporne na oleje mineralne (silnikowe i przekładniowe) i w ograniczonym stopniu na wodę;
- **kauczuk chloroprenowy** – wulkanizaty chloroprenowe wykazują dobrą odporność na ozon, naturalne warunki atmosferyczne, związki chemiczne, nie są one odporne na paliwa, węglowodory aromatyczne i węglowodory chlorowane; gumę na bazie tego kauczuku stosuje się zazwyczaj do wytwarzania uszczelnień narażonych na działanie warunków atmosferycznych;
- **kauczuk silikonowy** – charakteryzuje się bardzo dobrą odpornością na wysokie i niskie temperatury, wykazuje dobre właściwości dielektryczne i bardzo dobrą odporność na tlen i ozon, jest niepalny, wyroby można stosować w szerokim zakresie temperatur od -60-200°C, nie należy natomiast ich stosować jako uszczelnień części ruchomych ze względu na niską wytrzymałość na rozdzielanie i dużą ścieralność;
- **kauczuk fluorowy** – kopolimery głównie fluorku winylidenu i heksafluoropropylenu lub fluorku winylidenu i trifluorochloroetyleny, są to niepalne materiały o bardzo dużej odporności cieplnej i chemicznej, są odporne na tlen, a także na promieniowanie ultrafioletowe. Materiały na bazie kauczuków fluorowych można stosować w temperaturze od -25 do 200°C. Wulkanizaty fluorowe są odporne na oleje i smary mineralne, węglowodory aromatyczne i alifatyczne, oleje syntetyczne do silników samolotowych, nie są natomiast odporne na stężone roztwory mocnych zasad i kwasów, kwasy organiczne, ketony, estry i eter, a także na gorącą wodę i parę wodną;
- **kauczuk butadienowo-styrenowy (SB)** – wulkanizaty wykazują podwyższoną odporność na ścieranie, a także na działanie ozonu, warunków atmosferycznych i podwyższonej temperatury;
- **kauczuk etylenowo-propylenowo-dienowy (EPDM)** – mieszanki gumowe na bazie tego kauczuku stosowane są do uszczelnień pracujących w instalacjach wodnych, pralkach automatycznych i hydraulice.

Odrębną grupę materiałów do wytwarzania uszczelnień elastycznych stanowią tworzywa termoplastyczne, niewymagające wulkanizacji.

Uszczelnienia z plastyfikowanego PVC (PVC-P)

Powszechnie znanym materiałem, do tej pory stosowanym, jest plastyfikowany polichlorek winylu (PVC-P). Właściwości tego tworzywa przeznaczonego na uszczelnienie przedstawiono w tabeli nr 1, porównując je z innymi nowszymi elastomerami. Uszczelnienia z plastyfikowanego PVC wytwarza się na ogół metodą wytłaczania w postaci profilu o określonym kształcie. Kształt profili dobiera się w taki sposób, aby ściśle przylegały do uszczelnianych elementów. W celu uzyskania odpowiedniej twardości uszczelki stosuje się różne zawartości zmiekczaczy spełniających określone wymagania użytkowe – coraz częściej stosuje się niskim stopniem migracji do powierzchni wyrobu, gdyż w przeciwnym wypadku ulegają one stwardnieniu. Polichlorek winylu można dowolnie modyfikować i w efekcie uzyskuje się uszczelnienie o szerokim wachlarzu zastosowań, odporne na różne media (np. oleje, tłuszcze, odporne na niskie temperatury, itd.). Uszczelnienia z polichloroku winylu są szeroko stosowane szczególnie w budownictwie ze względów głównie ekonomicznych i właściwości użytkowych.

Uszczelnienia z elastomerów termoplastycznych (TPE)

Elastomery termoplastyczne niewymagające wulkanizacji – przetwarza się wszystkimi metodami stosowanymi w przypadku konwencjonalnych tworzyw termoplastycznych. Są to układy dwufazowe: jako polimery blokowe, polimery szczepione lub kopolimery złożone z dwóch niemieszalnych wzajemnie składników. Proces przetwórstwa elastomerów termoplastycznych jest zdecydowanie łatwiejszy w porównaniu z mieszankami gumowymi, a właściwości wyrobów są porównywalne z właściwościami wyrobów na bazie kauczuków chloroprenowych czy EPDM. Ogólnie elastomery termoplastyczne można podzielić na następujące klasy: kopolimery blokowe styrenu (SBS), blendy poliolefinowe (TPO), stopy elastomerowe, poliuretany termoplastyczne i polimery termoplastyczne.

Termoplastyczne elastomery oleinowe (TPO)

Najczęściej są to bledy homopolimeru lub kopolimery propylenu z kauczukiem: etylen-propylen (EP) lub etylen-propylen-dien (EPDM). Elastomery te mogą zawierać inne dodatki, np.: napelniacze, stabilizatory UV, antyutleniacze itp.

Zaletą uszczelnień wykonanych z TPO jest doskonała udarność w niskich temperaturach połączona ze stosunkowo dużą sztywnością. Wyroby z TPO mogą być wytwarzane w szerokim zakresie elastyczności od bardzo twardych do bardzo miękkich, wykazują dobrą odporność na chemikalia i dobre właściwości dielektryczne, mogą być stosowane w zakresie temperatur od -40°C do 130°C.

Termoplastyczne elastomery styrenowe

Kopolimery blokowe, najczęściej spotykane to styren/butadien/styren (SBS), styren/etylen-butadien/styren (SEBS) i styren/etylen-propylen/styren (SEPS). Charakteryzują się one przy rozciąganiu parametrami porównywalnymi do gumy, wykazują bardzo dobre właściwości dielektryczne, są odporne na kwasy i zasady, mogą być wytwarzane w szerokim przedziale twardości od 28 do 95 Sh A. Często są one stosowane do modyfikacji innych tworzyw termoplastycznych, szczególnie poliolefin.

Elastomery poliuretanowe

Ze względu na sposób przetwarzania można je podzielić na trzy główne grupy: elastomery lane, walcowane (sieciowane siarką, izocyjanianami lub nadtlenkami) i termoplastyczne (elastoplasty). Reaktywne układy poliuretanowe zwykle są dostępne w postaci tzw. systemów, których skład i składniki są odpowiednio dobrane.

Termoplastyczne elastomery poliuretanowe – tzw. elastoplasty – w warunkach użytkowania wykazują cechy charakterystyczne dla elastomerów, po ogrzaniu uplastyczniają się i można je przetwarzać metodami typowymi stosowanymi w przetwórstwie tworzyw termoplastycznych. Właściwości wyrobów z tworzyw poliuretanowych zależą od zastosowanych składników i w dużym stopniu od metody otrzymywania.

4.14.2. Pytania sprawdzające

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

1. Gdzie ma zastosowanie kauczuk?
2. Z jakich materiałów produkujemy uszczelnienia?
3. Jakiego rodzaju rozróżniamy uszczelnienia?
4. W jakim celu stosujemy uszczelnienia?

4.14.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Dobierz materiał uszczelniający do wykonania uszczelki pompy hydraulicznej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) korzystając z Polskich Norm i Tablic Wytrzymałościowych dobrać odpowiedni rodzaj szkła do wykonywanego elementu, podać jego oznaczenie i skład chemiczny,
- 2) uzasadnić swój wybór.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- Polskie Normy,
- Poradnik Mechanika,
- komputer z dostępem do Internetu.

4.14.3. Sprawdzian postępów

	Tak	Nie
Czy potrafisz:		
1) scharakteryzować gumę?	☐	☐
2) określić właściwości elastoplastów?	☐	☐
3) uzasadnić stosowanie uszczelki z TPO?	☐	☐
4) wskazać rodzaje uszczelki wykonywanych z PVC-P?	☐	☐

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 21 pytań.
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. Kiedy udzielenie odpowiedzi będzie Ci sprawiało trudność, wtedy odłóż jego rozwiązanie na później i wróć do niego, gdy zostanie Ci czas wolny.
8. Na rozwiązanie testu masz 90 min.

Powodzenia !

Zestaw zadań testowych

- 1) Do wielkiego pieca między innymi dodajemy:
 - a) węgiel,
 - b) siarkę,
 - c) koks,
 - d) wodę.
- 2) Która ruda zawiera najwięcej żelaza:
 - a) hematyt,
 - b) magnetyt,
 - c) syderyt,
 - d) limonit.
- 3) Stal jest to stop żelaza z węglem o zawartości węgla:
 - a) do 2%,
 - b) do 5%,
 - c) do 12%,
 - d) do 1%.
- 4) W konwertorze Thomasa wdmuchujemy do surówki:
 - a) tlen,
 - b) azot,
 - c) powietrze,
 - d) neon.
- 5) W oznaczeniu stali St4WX, „X” oznacza:
 - a) ograniczoną zawartość węgla,
 - b) stal uspokojoną,
 - c) ograniczoną zawartość krzemu,
 - d) stal nieuspokojoną.

- 6) Która z podanych stali jest stalą węglową wyższej jakości:
- a) St0,
 - b) 18HGT,
 - c) SW18,
 - d) 40.
- 7) Dodatek krzemu do stali oznacza się literą:
- a) W,
 - b) S,
 - c) C,
 - d) U.
- 8) Stal SW12C należy do grupy stali:
- a) do hartowania w wodzie,
 - b) szybkotnących,
 - c) do pracy na zimno,
 - d) do pracy na gorąco.
- 9) Staliwo to stop żelaza z węglem w postaci:
- a) lanej,
 - b) kutej,
 - c) walcowanej,
 - d) hartowanej.
- 10) Staliwo oznaczone symbolem L45IVB zostało wytopione w:
- a) w piecu Martenowskim,
 - b) w piecu elektrycznym,
 - c) w wielkim piecu,
 - d) w konwertorze.
- 11) Żeliwo to stop żelaza z węglem o zawartości węgla:
- a) do 0.5%,
 - b) ponad 4%,
 - c) do 1%,
 - d) ponad 2%.
- 12) Żeliwo szare różni się od białego:
- a) zawartością węgla,
 - b) zawartością siarki,
 - c) postacią węgla,
 - d) zawartością tlenu.
- 13) Brąz jest to stop:
- a) miedzi z aluminium,
 - b) cyny z cynkiem,
 - c) miedzi z cyną,
 - d) miedzi z cynkiem.

- 14) Silumin to stop:
- a) aluminium z krzemem,
 - b) ołowiu z miedzią,
 - c) cynku z ołowiem,
 - d) aluminium z ołowiem.
- 15) Do produkcji spiekanych tlenków metali używa się:
- a) tlenek kobaltu,
 - b) tlenek żelaza,
 - c) tlenek glinu,
 - d) tlenek miedzi.
- 16) Szkło ołowiowe to inaczej:
- a) szkło jenisejskie,
 - b) światłowod,
 - c) szkło hartowane,
 - d) szkło zbrojone.
- 17) Tworzywa termoutwardzalne powstają w wyniku:
- a) polikondensację,
 - b) polimeryzację,
 - c) kondensację,
 - d) spiekania.
- 18) Porcelana należy do grupy:
- a) wyrobów glazurowanych,
 - b) wyrobów ogniotrwałych,
 - c) wyrobów klinkierowych,
 - d) wyrobów fajansowych.
- 19) Kompozyt powstaje poprzez:
- a) połączenie dwóch jednakowych materiałów,
 - b) połączenie dwóch lub wielu różnych materiałów,
 - c) stopienie dwóch materiałów,
 - d) zlutowanie dwóch materiałów.
- 20) Fornir jest to:
- a) cienki płat drewna,
 - b) płyta wiórowa,
 - c) płyta pilśniowa,
 - d) sklejka.
- 21) Uszczelnienia gumowe bazują na:
- a) Kauczuku,
 - b) polichlorku-winyłu,
 - c) etylenie,
 - d) propylenie.

KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko

Zakreśl poprawną odpowiedź.

<i>Nr zadania</i>	<i>Odpowiedź</i>				<i>Punkty</i>
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	

6. LITERATURA

1. Mały Poradnik Mechanika. WSiP, Warszawa 1999
2. Niezgodziński M. E., Niezgodziński T.: Wzory, Wykresy i Tablice Wytrzymałościowe. PWN, Warszawa 1984
3. Bartosiewicz J.: Obróbka i montaż części maszyn-Poradnik. WSiP, Warszawa 1985
4. Okoniewski S.: Technologia maszyn. WSiP, Warszawa 1995
5. Wykaz Polskich Norm
PN-EN 10020:1996 Klasyfikacji gatunków stali
PN-EN 10027-1 PN-EN 10027-1 Oznaczanie stali
PN-ISO 3755:1994 Staliwo węglowe konstrukcyjnie ogólnego przeznaczenia
PN-89/H/83156 Staliwa stopowe konstrukcyjne
PN-89/H-83157 Staliwa do pracy w podwyższonych temperaturach
PN-86/H-83158 Staliwa stopowe odporne na korozję
PN-90/H-83159 Staliwa żaroodporne i żarowytrzymałe
PN-92/H-83101 Żeliwa szare
PN-92/H-83123 Żeliwa sferoidalne
PN-EN ISO 472:2002(U) Tworzywa sztuczne. Terminologia
PN-EN ISO 18064:2005(U) Elastomery termoplastyczne. Terminologia
PN-ISO 1382:2005 Guma. Terminologia
PN-ISO 1629:2005 Kauczuki i lateksy. Nazewnictwo
PN-ISO 8604:1994 Tworzywa sztuczne. Preimpregnaty
PN-73/C-89102 Polimery. Nazwy i określenia
PN-EN 1094-1:2000 Wyroby ogniotrwałe. Wyroby ogniotrwałe izolacyjne. Terminologia wyrobów z włókien ceramicznych
PN-EN ISO 12543-1:2000 Szkło w budownictwie. Szkło warstwowe i bezpieczne szkło warstwowe. Definicje i opis części składowych
PN-ENV 14232:2005 Techniczna ceramika zaawansowana
PN-68/B-12100 Wyroby ceramiki szlachetnej i kamionki
PN-77/B-13081 Szkło techniczne. Nazwy i określenia
PN-88/B-13203 Szkło. Właściwości szkła. Pojęcia i określenia
PN-EN 10001:1996 Surówka żelaza. Określenie i klasyfikacja
PN-EN 10020:2003 Definicja i klasyfikacja gatunków stali
PN-EN 10079:1996 Stal. Wyroby. Terminologia
PN-EN 10266:2005 Rury stalowe, złączki i kształtowniki zamknięte konstrukcyjnie. Symbole i definicje terminów stosowane w normach wyrobu.
PN-EN 12258-1:2004 Aluminium i stopy aluminium. Terminy i definicje. Część 1: Terminy ogólne
PN-EN 12258-2:2005 (U) Aluminium i stopy aluminium. Terminy i definicje. Część 2: Analiza chemiczna
PN-EN 12258-3:2005 Aluminium i stopy aluminium. Terminy i definicje. Część 3: Złom
PN-EN 12258-4:2005 (U) Aluminium i stopy aluminium. Terminy i definicje. Część 4: Pozostałości przemysłu aluminium
PN-EN 14057:2003(U) Ołów i stopy ołowiu. Złomy. Terminy i definicje
PN-EN ISO 3252:2002 Metalurgia proszków. Słownictwo
PN-ISO 197-2:1997 Miedź i stopy miedzi. Wyroby nie przerobione plastycznie. Terminologia
PN-ISO 197-2/Ak:1997 Miedź i stopy miedzi. Wyroby nie przerobione plastycznie. Dodatkowa terminologia do stosowania w kraju
PN-ISO 197-3:1997 Miedź i stopy miedzi. Wyroby przerobione plastycznie. Terminologia

PN-ISO 197-3/Ak:1997 Miedź i stopy miedzi. Wyroby przerobione plastycznie. Dodatkowa terminologia do stosowania w kraju

PN-ISO 6372-1:1996 Nikiel i stopy niklu. Materiały. Terminologia

PN-ISO 6372-1/Ak:1996 Nikiel i stopy niklu. Materiały. Terminologia. Dodatkowe terminy stosowane w kraju

PN-ISO 6372-2:1996 Nikiel i stopy niklu. Wyroby z procesów rafinacji

PN-ISO 6372-3:1996 Nikiel i stopy niklu. Wyroby przerobione plastycznie i odlewy. Terminologia

PN-ISO 6372-3/Ak:1996 Nikiel i stopy niklu. Wyroby przerobione plastycznie i odlewy. Terminologia. Dodatkowe terminy stosowane w kraju

PN-H-01051:1997 Miedź i stopy miedzi. Materiały. Terminologia

PN-80/H-01552 Odlewnictwo. Żeliwo. Podział, nazwy i określenia

PN-71/H-01706 Metale nieżelazne. Postacie i stany obróbki cieplnej i umocnienia. Nazwy i oznaczenia

PN-71/H-01706/Az3:1999 Metale nieżelazne. Postacie i stany obróbki cieplnej i umocnienia. Nazwy i oznaczenia. (Zmiana 3)