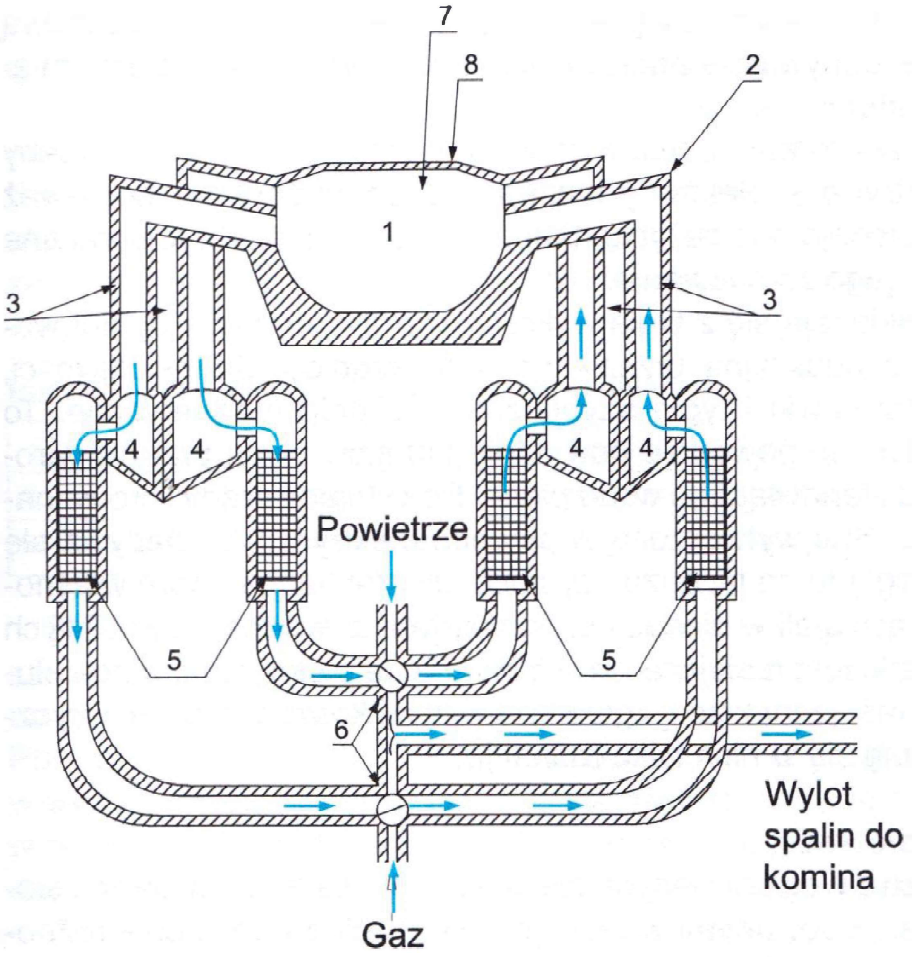
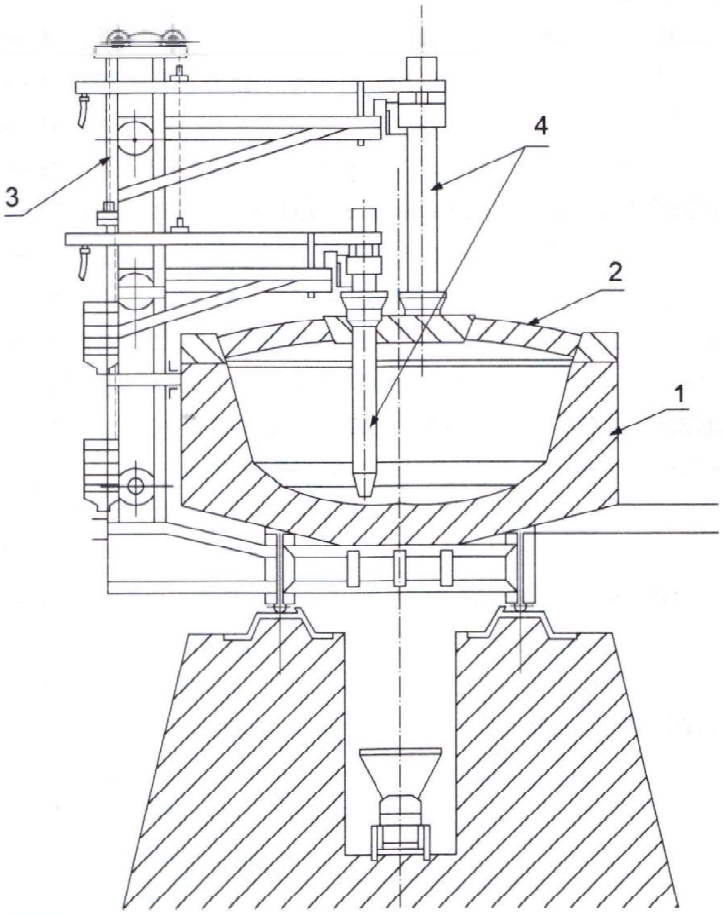


Rys. 1.10. Schemat pieca martenowskiego
1 – przestrzeń robocza pieca (topnisko),
2 – głowica,
3 – kanały doprowadzające powietrze i gaz oraz odprowadzające spaliny,
4 – kanały żużlowe,
5 – regeneratory,
6 – zawory,
7 – trzon pieca,
8 – sklepienie pieca



Rys. 1.11. Schemat pieca elektrycznego
1 – trzon pieca,
2 – ruchome sklepienie pieca,
3 – mechanizmy do ustawienia elektrod,
4 – elektrody

nie. Piec może być wyłożony warstwą kwaśną (krzemionkową) lub zasadową (dolomitową). Topienie odbywa się przez wytwarzanie łuku elektrycznego między elektrodami a wsadem.

Cały piec może być pochylany w celu wylania stali przez otwór spustowy. Aby wyregulować łuk elektryczny, elektrody można podnosić i obniżać, ponieważ w czasie pracy pieca ulegają one zużyciu. Sklepienie pieca może być obracane na bok, aby umożliwić jego załadowanie.

Piece indukcyjne składają się z tygla wykonanego z materiałów ogniotrwałych, otoczonego cewką indukcyjną, przez którą płynie prąd dużej częstotliwości, wzbudzający wewnątrz cewki i tygla szybkozmienne pole magnetyczne. To zmienne pole magnetyczne powoduje powstanie indukowanych prądów wirowych wewnątrz metalu stanowiącego wsad pieca. Powstające prądy wirowe nagrzewają i topią wsad. Stal wytworzoną w piecach elektrycznych nazywa się stalą szlachetną ze względu na jej dużą czystość, gwarantującą dobre własności użytkowe. Po rafinacji stali w piecach elektrycznych zawartość szkodliwych dodatków, fosforu i siarki jest mniejsza niż 0,03%. Piece elektryczne mogą służyć także do wytopu stali, jednak ze względu na wysoki koszt energii elektrycznej najczęściej wykonuje się w nich tylko rafinację.

Podział i zastosowanie stali

Stale, czyli stopy żelaza z węglem i innymi pierwiastkami, są podstawowymi stopami metali od dawna stosowanymi w technice. Ze względu na wielką różnorodność stopów istnieją różne **kryteria podziału stali**.

Z punktu widzenia składu chemicznego stale dzieli się na:
- niestopowe (węglowe),
- odporne na korozję,
- inne stopowe.

Ze względu na podstawowe zastosowanie rozróżnia się stale:
- konstrukcyjne,
- maszynowe,
- narzędziowe,
- o specjalnych własnościach.

W zależności od sposobu wytwarzania można wyodrębnić stale:
- martenowskie,
- konwertorowe,
- elektryczne i in.

Przyjmując za kryterium podziału jakość, można rozróżnić stale:
- jakościowe,
- specjalne.

Według rodzaju produktów wyodrębnia się:
- blachy,
- pręty,
- rury,
- kształtowniki.

Najważniejsze kryterium podziału to skład chemiczny, ponieważ decyduje on o własnościach, a własności o zastosowaniu stali.

Klasyfikacja stali jest prowadzona według odpowiednich norm. Dotychczas prowadzono klasyfikację według Polskich Norm (PN), ale wejście Polski do Unii Europejskiej spowodowało konieczność ich dostosowania do systemu europejskiego (PN-EN oraz PN-ISO). Zgodny z normą PN-EN10020:2003 podział stali ze względu na skład chemiczny przedstawiono w tablicy 1-2.

Tablica 1-2

Podział ogólny stali ze względu na skład chemiczny

Stale niestopowe	Stale odporne na korozję Cr ≥ 10,5%, C ≤ 1,2%	Inne stale stopowe
A. jakościowe	charakterystyczne ze względu na zawartość niklu	A. jakościowe
B. specjalne	charakterystyczne ze względu na własności	B. specjalne

Stale niestopowe to stopy żelaza z węglem i innymi pierwiastkami w postaci zanieczyszczeń o zawartości mniejszej od wartości granicznej. Wartości graniczne (w procentach masowych) dla pierwiastków: Al, B, Bi, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Nb, Pb, Se, Si, Te, Ti, V, W, Zr, lantanowców i innych (z wyjątkiem C, P, S, N) podano w wyżej wymienionej normie. Stale stopowe to stopy żelaza z węglem, które zawierają celowo wprowadzone – w ilości równej lub powyżej określonej granicy – dodatki stopowe. Pierwiastki, które najczęściej stanowią dodatki stopowe, to:

- chrom (Cr), zwiększający wytrzymałość i twardość oraz odporność na ścieranie i korozję;
- krzem (Si), zwiększający sprężystość i wytrzymałość;
- mangan (Mn), zwiększający wytrzymałość i sprzyjający głębokiemu hartowaniu (stale manganowe są odporne na uderzenia i ścieranie);
- molibden (Mo), zwiększający hartowność i wytrzymałość w podwyższonych temperaturach;
- wolfram (W), zwiększający hartowność, twardość i odporność na ścieranie oraz sprzyjający powstawaniu drobnoziarnistej struktury;
- wanad (V), zwiększający hartowność i drobnoziarnistość struktury.

Stale niestopowe jakościowe dzieli się ze względu na zastosowanie na stale:

- o wymaganych minimalnych własnościach wytrzymałościowych:
  - konstrukcyjne i przeznaczone na zbiorniki,
  - do zbrojenia betonu,
  - szynowe;
- o ograniczonych maksymalnych własnościach mechanicznych, używane na wyroby płaskie do kształtowania na zimno;
- o określonej zawartości węgla:
  - automatowe,
  - do ciągnienia drutu,
  - do ulepszania cieplnego,
  - sprężynowe,
  - narzędziowe;

– o wymaganych właściwościach magnetycznych lub elektrycznych;
– do określonego zastosowania:
  – do produkcji opakowań,
  – do produkcji elektrod.

Stale niestopowe specjalne mają w porównaniu ze stalami niestopowymi jakościowymi większy stopień czystości. Ze względu na zastosowanie dzieli się je na stale:
– o wymaganych minimalnych własnościach wytrzymałościowych:
  – konstrukcyjne i przeznaczone na zbiorniki ciśnieniowe,
  – do sprężania betonu;
– o określonej zawartości węgla:
  – do ciągnienia drutu,
  – do nawęglania,
  – do ulepszania cieplnego,
  – narzędziowe,
  – sprężynowe,
  – o wymaganych własnościach magnetycznych lub elektrycznych;
– do określonego zastosowania.

Stale odporne na korozję (muszą zawierać co najmniej 10,5% chromu i maksymalnie 1,2% węgla) według normy PN-EN 10020:2003 dzieli się ze względu na ***zawartość niklu*** na zawierające mniej niż 2,5% niklu oraz zawierające 2,5% niklu i więcej (tabl. 1–2). Drugim kryterium są ***własności stali***, tworzące podział stali odpornych na korozję na:
– żaroodporne,
– żarowytrzymałe,
– nierdzewne.

Stale stopowe *jakościowe* według zastosowania dzieli się na:
– konstrukcyjne drobnoziarniste, spawalne;
– przeznaczone do produkcji szyn i kształtowników na obudowy górnicze;
– stale stopowe do produkcji wyrobów płaskich walcowanych na gorąco lub zimno;
– elektrotechniczne (ich główne dodatki stopowe to krzem i aluminium);
– z miedzią jako głównym dodatkiem stopowym.

Stale stopowe *specjalne* mają własności podwyższone przez precyzyjnie dobrany skład chemiczny i specjalnie określone warunki wytwarzania. Ze względu na zastosowanie dzieli się je na:
– przeznaczone do budowy maszyn (niklowe, chromowe, manganowe, molibdenowe, krzemowe);
– narzędziowe:
  – do pracy na zimno,
  – do pracy na gorąco,
  – szybkotnące;
– przeznaczone na łożyska toczne;
– konstrukcyjne;
– odporne na korozję atmosferyczną;

– o szczególnych właściwościach fizycznych (magnetyczne, niemagnetyczne i oporowe o określonym współczynniku rozszerzalności cieplnej).

Oznaczanie stali

Norma PN-EN 10027 określa dwa systemy oznaczania stali:
– symbolowy, wg PN-EN 10027-1,
– cyfrowy, wg PN-EN 10027-2.

Klasyfikację oznaczeń stali w systemie symbolowym można podzielić na dwie grupy – według znaków wskazujących:
– na zastosowanie oraz mechaniczne lub fizyczne własności stali,
– na skład chemiczny stali.

Oznaczenie stali z uwagi na zastosowanie oraz własności składa się z ciągu liter i cyfr. Pierwszym symbolem jest litera wskazująca na przeznaczenie, a drugim liczba określająca mechaniczne własności stali (tabl. 1-3).

Tablica 1-3

Znaki przedstawiające przeznaczenie oraz mechaniczne własności stali

Symbole główne	Oznaczenie cyfrowe (wartość w MPa)
S – stale konstrukcyjne E – stale maszynowe P – stale pracujące pod ciśnieniem L – stal na rury przewodowe	Liczba równa min. granicy plastyczności dla najmniejszej grubości wyrobu
R – stal na szyny lub w postaci szyn	Minimalna wytrzymałość na rozciąganie
B – stale do zbrojenia betonu	Charakterystyczna granica plastyczności
Y – stale do betonu sprężonego	Minimalna wytrzymałość na rozciąganie
H – wyroby płaskie walcowane na zimno ze stali o podwyższonej wytrzymałości do kształtowania na zimno	Minimalna granica plastyczności
T – stal na wyroby walcowane, taśmy i blachy opakowaniowe	Minimalna wytrzymałość na rozciąganie
M – stale elektrotechniczne	
D – wyroby ze stali miękkich do kształtowania na zimno (poza tymi ze znakiem H)	

Przykładowe oznaczenia stali: L355, S235, E410, B500.

Oznaczenia stali według składu chemicznego są następujące.

A. Stale niestopowe (z wyłączeniem stali automatowej) o zawartości manganu (Mn) mniejszej niż 1%; np. C40 – liczba oznacza średnią zawartość węgla w procentach pomnożoną przez 100 (w tym przypadku zawartość węgla jest równa 0,4%), C35, C50.

B. Stale niestopowe o zawartości manganu równej 1% lub większej i stale stopowe (z wyłączeniem szybkotnących) o zawartości każdego pierwiastka stopowego mniejszej niż 5%; symbol – ***LPPz-z***, gdzie:
– ***L*** jest to liczba określająca średnią zawartość procentową węgla pomnożoną przez 100;

– ***P*** określa symbole pierwiastków chemicznych będących składnikami stopowymi stali, uporządkowane według malejącej ilości, przy czym jeśli dwóch pierwiastków jest procentowo tyle samo, to wpisuje się je w kolejności alfabetycznej;
– ***z-z*** są to liczby odpowiadające średniej zawartości procentowej poszczególnych pierwiastków stopowych, pomnożone przez określone współczynniki oddzielone od siebie kreską poziomą, przy czym wynik działania jest zaokrąglany do najbliższej liczby całkowitej; współczynniki do ustalania symboli liczbowych pierwiastków stopowych, przez które należy pomnożyć zawartość procentową danego pierwiastka w stali, to:
– 4 dla **Cr**, **Co**, **Mn**, **Ni**, **Si**, **W**;
– 10 dla **Al**, **Be**, **Cu**, **Mo**, **Nb**, **Pb**, **Ta**, **Ti**, **V**, **Zr**;
– 100 dla **Ce**, **N**, **P**, **S**;
– 1000 dla **B**.

Na przykład według nowej normy oznaczenie stali dawniej oznaczanej jako 09G2Cu, o maks. zawartości C 0,12%; Mn 1,2...1,8%; Cu poniżej 1% to 9MnCu6-10. Inne przykłady oznaczeń stali z tej grupy to 13MnNi6-3, 13CrMo4-5, 27MnCrB5-2.

C. Stale stopowe (z wyłączeniem szybkotnących) zawierające co najmniej jeden pierwiastek stopowy w ilości równej 5% lub większej; symbol ***XLPPz-z***, gdzie:
– ***X*** jest to symbol grupy stali;
– ***L*** jest to liczba określająca średnią zawartość procentową węgla pomnożoną przez 100;
– ***P*** określa symbole pierwiastków chemicznych będących składnikami stopowymi stali, uporządkowane według malejącej zawartości w stali, przy czym jeżeli dwóch pierwiastków jest taka sama ilość, to wpisuje się je według kolejności alfabetycznej;
– ***z-z*** są to liczby odpowiadające średniej zawartości procentowej poszczególnych pierwiastków stopowych, pomnożonej przez wyżej wymienione współczynniki, przy czym wyniki są zaokrąglane do najbliższej liczby całkowitej.

Na przykład według nowej normy oznaczenie stali dawniej oznaczanej jako X7Ni9, o zawartości węgla średnio 0,07% (maks. 0,1%) i niklu średnio 9%, to X7Ni36. Inne przykłady oznaczeń stali stopowych z tej grupy to X6CrMoNb17-1, X38CrMoNb16, X5CrNiCuNb16-4.

D. Stale szybkotnące; znak stali składa się z liter HS i liczb oznaczających procentowe zawartości składników stopowych w następującej kolejności: wolfram, molibden, wanad, kobalt (W-Mo-V-Co), przy czym liczby oddziela się poziomymi kreskami.

Przykładowe oznaczenia: HS6-5-2-5, HS2-9-1-8.

Gdy wymienione symbole główne nie wystarczają do pełnej identyfikacji stali, dodaje się symbole dodatkowe. Wskazują one na gatunki stali i cechy wyrobów stalowych.

System cyfrowy oznaczania stali jest bardziej przydatny do przetwarzania danych. Został on tak skonstruowany, aby można go było wykorzystać do ozna-

czania nie tylko stali, ale i innych materiałów. Każdą stal można jednoznacznie określić za pomocą pięciu cyfr (w przyszłości siedmiu): X. XXXX. Pierwsza cyfra oznacza numer grupy materiału (1 to stal, a pozostałe, od 2 do 9, są przygotowane do oznaczania innych materiałów). Dwie następne cyfry oznaczają numer grupy stali (stal niestopowa jakościowa, specjalna, stopowa konstrukcyjna, odporna na korozję). Każda grupa ma swój kod. Czwarta i piąta cyfra oznaczają kolejny numer w danej grupie stali. Na przykład występujące w systemie cyfrowym oznaczenie stali 1.3555 odpowiada występującemu w dawniej obowiązującej PN oznaczeniu stali szybkonącej – SW18.

Przedstawione systemy oznaczeń stali zostały opracowane według nowych norm, dostosowanych do wymagań europejskich (PN-EN). W wielu podręcznikach, tablicach i poradnikach, wydawanych przed opracowaniem nowych norm, opisano stary podział i oznakowanie stali według Polskich Norm (PN). Aktualność norm zawsze należy sprawdzić przed ich zastosowaniem.

1.2.4. Staliwa

Staliwo jest to stop żelaza z węglem, zawierający mniej niż 2,0% węgla, przeznaczony na odlewy i niepoddawany obróbce plastycznej.

Staliwo otrzymuje się, podobnie jak stal, w piecach konwertorowych oraz elektrycznych. Ma ono najlepsze własności mechaniczne spośród odlewniczych stopów żelaza. Po odpowiedniej obróbce cieplnej własności staliwa są zbliżone do własności stali o takim samym składzie chemicznym, jednak od nich gorsze. Dobre własności mechaniczne staliwa spowodowały, że stosuje się je w produkcji silnie obciążonych odlewów o skomplikowanych kształtach, które trudno byłoby wykonać przez kucie lub inny rodzaj obróbki plastycznej. Wadą staliwa jest duży (ok. 2%) skurcz odlewniczy, prawie dwukrotnie większy niż w przypadku żeliwa, co utrudnia konstruowanie odlewów.

Staliwa można podzielić na:
– węglowe (niestopowe),
– stopowe.

Staliwo niestopowe według normy PN-ISO 3755:1994 występuje w postaci ośmiu gatunków staliw węglowych konstrukcyjnych ogólnego przeznaczenia.

Staliwa są oznaczane dwiema liczbami trzycyfrowymi lub dwiema liczbami trzycyfrowymi i literą W (gdy jest określona maksymalna zawartość poszczególnych pierwiastków). Pierwsza liczba określa minimalną wartość granicy plastyczności w megapaskalach, a druga minimalną wytrzymałość na rozciąganie, także wyrażoną w megapaskalach.

Przykłady oznaczeń: 230-450, 230-450W, 200-400.

Norma ta dzieli staliwa na dwie grupy – w zależności od wytrzymałości i od zawartości poszczególnych pierwiastków:
– I (zwykłej jakości),
– II (wyższej jakości).

Przykłady oznakowania staliwa węglowego to LI400, LII450, LII500, gdzie symbol L oznacza stal laną, liczba rzymska I lub II oznacza jakość, a liczba trzycyfrowa określa minimalną wytrzymałość na rozciąganie R_m.

Staliwa węglowe znajdują zastosowanie np. w produkcji maszyn energetycznych, górniczych i rolniczych, taboru kolejowego oraz obudów łożysk ślizgowych.

Staliwa stopowe, tak jak stale, zawierają dodatki stopowe wprowadzone specjalnie w celu uzyskania założonych własności. Oznakowanie i podział staliwa stopowego określa norma PN-H/83156: 1997. Znak staliwa składa się z litery L, a następnie – podobnie jak przy oznakowaniu stali – liczby określającej średnią zawartość procentową węgla pomnożoną przez 100 oraz kolejno umieszczonych symboli oznaczających dodane pierwiastki stopowe według malejących zawartości procentowych składnika. Symbole oznaczające poszczególne pierwiastki to np. G – mangan, S – krzem, H – chrom, M – molibden, T – tytan, F (V) – wanad, J – aluminium. Jeśli danego pierwiastka jest mniej niż 2%, podaje się tylko symbol, bez liczby określającej zawartość procentową.

Przykłady oznakowania staliwa stopowego: L20G – staliwo manganowe o zawartości 0,2% węgla, L30GS – staliwo manganowo-krzemowe o zawartości 0,3% węgla.

Ze względu na zastosowanie staliwa stopowe dzieli się na:
- konstrukcyjne,
- do pracy w podwyższonych temperaturach,
- odporne na korozję,
- żaroodporne i żarowytrzymałe,
- odporne na ścieranie,
- narzędziowe.

Główne zastosowanie staliw stopowych to budowa części maszyn budowlanych, kół zębatych, szczęk do kruszarek, kół jezdnych do suwnic, korpusów sprzęgieł i elementów czerpaków.

Ogólnie staliwa mają własności mechaniczne zależne głównie od zawartości węgla. Można więc je podzielić na:
- ***niskowęglowe***, o zawartości węgla od 0,1 do 0,25%, niskich własnościach odlewniczych i skłonności do pękania, stosowane na części maszyn przenoszące niewielkie obciążenia, np. części samochodowe, czy też korpusy silników elektrycznych;
- ***średniowęglowe***, o zawartości węgla od 0,2 do 0,4%, stosowane np. na części maszyn bardziej obciążone niż wykonywane ze staliw niskowęglowych, jak koła zębate, podstawy maszyn, korpusy pras i młotów oraz cienkościenne odlewy kształtowe;
- ***wysokowęglowe***, o zawartości węgla od 0,4 do 0,6%, stosowane na części maszyn bardzo silnie obciążone i narażone na ścieranie, np. koła zębate napędów walcowniczych.

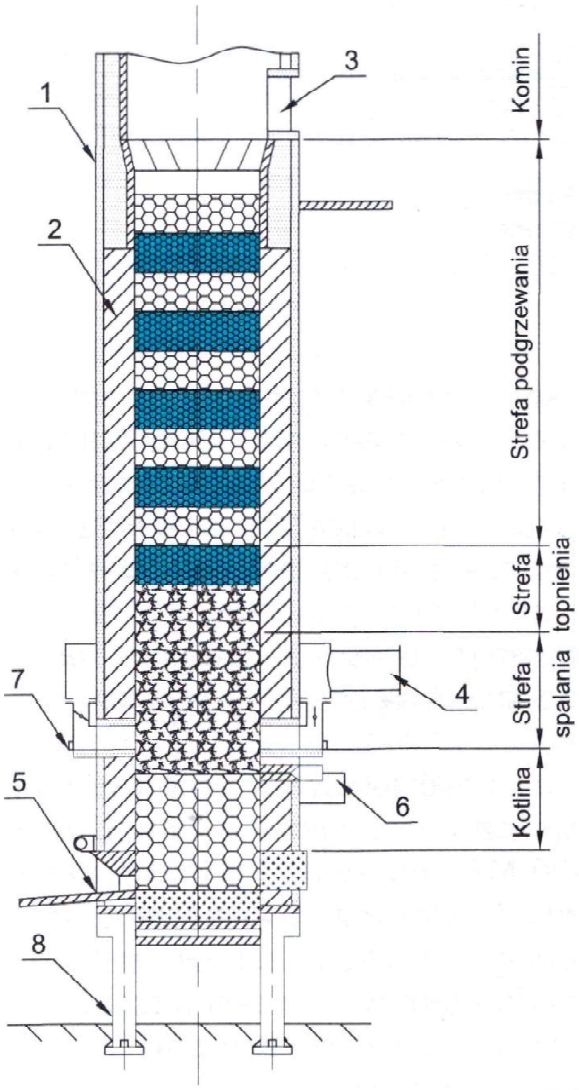
Obecnie ogranicza się wykorzystanie staliwa w budowie samochodów na rzecz żeliwa sferoidalnego, którego własności mechaniczne są zbliżone do własności staliwa, a skurcz odlewniczy jest dwukrotnie mniejszy. Staliwo jest

stosowane na elementy podwozi samochodów ciężarowych (wsporniki, dźwignie, obudowy przekładni głównej, pochwy mostów, elementy sprzęgające ciągników siodłowych).

1.2.5. Żeliwa

Żeliwo jest to stop żelaza z węglem, zawierający ponad 2% węgla oraz inne domieszki, takie jak krzem, mangan, fosfor i siarka. W żeliwach stopowych występują ponadto specjalnie wprowadzane dodatki stopowe zmieniające własności żeliwa, podobnie jak w przypadku omawianej wcześniej stali stopowej, np. chrom, nikiel, molibden, tytan.

Żeliwo otrzymuje się, przetapiając surówkę szarą w piecu zwanym żeliwiakiem, którego schemat budowy przedstawiono na rysunku 1.12.



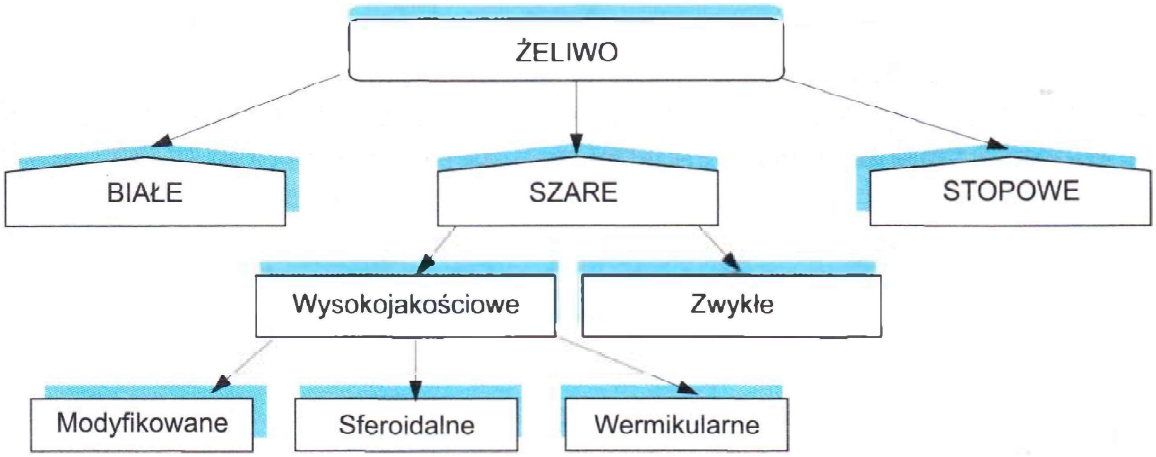
Rys. 1.12. Schemat pieca żeliwiaka
1 – obudowa, *2* – materiał ogniotrwały, *3* – okno wsadowe, *4* – przewód powietrza, *5* – otwór spustowy żeliwa, *6* – otwór spustowy żużla, *7* – wziernik, *8* – podstawy

Piec jest zbudowany z blachy stalowej i wyłożony wewnątrz materiałem ogniotrwałym. Przez okno wsadowe, umieszczone w górnej części pieca, wprowadza się do niego metale przeznaczone do topienia (surówkę, złom żeliwny, złom stalowy) na przemian z koksem i topnikami. Za pomocą dyszy podaje się powietrze potrzebne do spalania koksu. Żeliwo spływa do dolnej części trzonu pieca, skąd

jest okresowo spuszczane przez otwór spustowy. W dolnej części pieca znajduje się także otwór do spuszczania żużla.

Żeliwo charakteryzuje się dobrymi własnościami odlewniczymi i dlatego jest wykorzystywane do wytwarzania odlewanych części maszyn i pojazdów. Węgiel w żeliwie może się wydzielić w postaci:
– cementytu (węglika żelaza o charakterystycznym połysku), tworząc żeliwo białe;
– grafitu, tworząc żeliwo szare.

Podział żeliw przedstawiono na rysunku 1.13.



Rys. 1.13. Podział żeliw

Żeliwo białe to materiał bardzo twardy i kruchy, nienadający się do obróbki skrawaniem, dlatego ma ograniczone zastosowanie i nie stosuje się go na części konstrukcyjne. Ze względu na dobrą odporność na ścieranie żeliwo białe jest stosowane na kule do młynów, ślimaki mieszalników, walce drogowe i przenośniki materiałów sypkich. Większe zastosowanie znajduje ***żeliwo zabielane***, w którego strukturze na powierzchni występuje twarda powłoka z cementytu, a wewnątrz węgiel w postaci grafitu. Stosuje się je do wyrobu dźwigni zaworowych i popychaczy. Odlewy z żeliwa białego stanowią przede wszystkim produkt wyjściowy do produkcji żeliwa ciągliwego.

Żeliwo szare jest materiałem o dobrych własnościach odlewniczych, dobrej obrabialności, małej udarności i dużym współczynniku tłumienia drgań. Jego wytrzymałość na rozciąganie wynosi od 100 MPa do 350 MPa, a wytrzymałość na ściskanie jest około 3,5 razy większa od wytrzymałości na rozciąganie. Własności mechaniczne żeliwa szarego zależą od struktury osnowy metalicznej, która może być ferrytyczna, perlityczna lub ferrytyczno-perlityczna. Wytrzymałość żeliwa zależy także od postaci i wielkości wydzieleń grafitu, który może mieć postać płatkową, kulistą (sferoidalną), wermikularną (struktura pośrednia między grafitem płatkowym a sferoidalnym) i żarzenia. Żeliwo szare dzieli się na:
– zwykłe,
– wysokojakościowe sferoidalne,
– wysokojakościowe modyfikowane.

Żeliwo szare zwykłe ze względu na swoje własności (dobra skrawalność, dobra odporność na zużycie, duży współczynnik tłumienia drgań) znalazło szerokie zastosowanie jako materiał na kadłuby, tuleje i głowice cylindrów, kadłuby pomp wodnych, koła zamachowe, obudowy sprzęgieł, tarcze dociskowe sprzęgieł, bębny hamulcowe i rury dolotowe.

Żeliwo sferoidalne ma dobre własności wytrzymałościowe i plastyczne oraz dużą odporność na ścieranie, dzięki czemu znalazło szerokie zastosowanie w różnych dziedzinach, takich jak przemysł maszynowy, górnictwo, kolejnictwo i motoryzacja. Z żeliwa sferoidalnego wykonuje się koła zębate, wrzeciona obrabiarek, wały rozrządu, wały korbowe, pierścienie tłokowe i zawory.

Żeliwo modyfikowane otrzymuje się przez dodanie do ciekłego żeliwa modyfikatorów, np. stopu krzemu z wapniem, żelazokrzemu lub magnezu. Modyfikowanie podwyższa zdecydowanie własności mechaniczne żeliwa – jego wytrzymałość na rozciąganie dochodzi wówczas do 450 MPa, a po obróbce cieplnej do 600 MPa. Z żeliwa modyfikowanego wykonuje się tarcze dociskowe sprzęgieł, koła zębate, tuleje cylindrów i wały korbowe. W wyniku długotrwałego wyżarzania żeliwa białego (przez kilkadziesiąt godzin) otrzymuje się ***żeliwo ciągliwe*** o bardzo dobrych własnościach mechanicznych i dobrej plastyczności. Z żeliwa ciągliwego wykonuje się obudowy tylnego mostu i przekładni kierowniczej, piasty kół, wsporniki, tuleje i łączniki rur.

W przemyśle duże zastosowanie mają również **żeliwa stopowe**, które dzięki zastosowaniu odpowiednich dodatków stopowych charakteryzują się podwyższoną odpornością na korozję, wysoką temperaturę, działanie substancji chemicznych i ścieranie. Najczęściej stosuje się żeliwa:

- ***krzemowe*** (odlewy wykonane z tego żeliwa są odporne na działanie kwasów, korozję i temperaturę);
- ***chromowe*** (odlewy wykonane z tego żeliwa są żaroodporne, odporne na korozję i ścieranie);
- ***aluminiowe*** (odlewy wykonane z tego żeliwa są ognioodporne, żaroodporne, odporne na działanie środowiska gazowego tlenu, węgla i siarki);
- ***niklowe*** (odlewy wykonane z tego żeliwa są odporne na korozję i ścieranie).

Oznaczanie żeliw określa norma PN-EN 1560:2001 (*System oznaczania żeliwa. Symbole i numery materiału*), według której istnieją dwa systemy oznaczania, tak jak w przypadku stali – symbolowy i cyfrowy.

W systemie symbolowym przewidziano sześć pozycji, określających odpowiednio:

I EN (materiały znormalizowane);

II GJ (G – materiał odlewany, J – żeliwo);

III symbol postaci grafitu (L – grafit płatkowy, S – kulkowy, M – żarzenia, V – wermikularny, N – struktura niezawierająca grafitu, Y – struktura specjalna);

IV symbol mikrostruktury osnowy (A – austenit, B – przełom czarny, F – ferryt, L – ledeburyt, M – martenzyt, P – perlit, Q – stan po hartowaniu, T – stan po hartowaniu i odpuszczaniu, W – przełom biały);

V symbol klasyfikacji według:
- właściwości mechanicznych podawanych za pomocą liczb, a także liter określających metody wykonania wlewka próbnego (C – wzięty z odlewu, S – odlewany oddzielnie, U – przylany), przy czym liczby mogą przedstawiać:
  - minimalną wytrzymałość na rozciąganie [MPa], np. EN-GJL-150 (żeliwo szare, $R_{m\ min}$ = 150 MPa),
  - minimalną wytrzymałość na rozciąganie [MPa] oraz minimalną wartość wydłużenia [%], oddzielone kreskami, np. EN-GJMW-350-4 (żeliwo ciągliwe białe, $R_{m\ min}$ = 350 MPa, wydłużenie 4%),
  - wytrzymałość na rozciąganie, wydłużenie i udarność (należy podać za pomocą symboli temperaturę, w której badano udarność, tj. RT – temperatura pokojowa, RL – temperatura niska),
  - twardość podaną za pomocą symboli określających metodę pomiaru (HB – Brinnella, HR – Rockwella, HV – Vickersa) i odpowiedniej wartości liczbowej, np.: EN-GJL-HB155, EN-GJN-HV350;
- składu chemicznego podawanego za pomocą symbolu X, a następnie kolejnych symboli i liczb, odpowiadający dwóm rodzajom klasyfikacji:
  - z określeniem zawartości węgla – po znaku X podaje się zawartość węgla pomnożoną przez 100, następnie symbole i liczby odpowiadające zawartościom poszczególnych pierwiastków (podobnie jak w oznakowaniu stali), np. EN-GJN-X300CrNiSi9-5-2,
  - bez określenia zawartości węgla – po znaku X podaje się symbole chemiczne pierwiastków stopowych w kolejności malejących ich zawartości w stopie oraz ich zawartości procentowe zaokrąglone do liczb całkowitych, np. EN-GJL-XNiMn13-7;

VI symbol wymagań dodatkowych, np. D – odlew surowy, H – odlew po obróbce cieplnej, Z – wymagania dodatkowe.

Uwaga. Oznaczenie żeliw według systemu symbolowego nie musi zawierać wszystkich sześciu symboli.

W systemie cyfrowym oznaczenie obejmuje dziewięć następujących znaków:
- znak od 1 do 3 – EN oznacza materiały znormalizowane;
- znak 4 – J oznacza żeliwo;
- znak 5 to litera charakteryzująca strukturę grafitu (jak w oznaczeniu na podstawie symboli);
- znak 6 charakteryzuje podstawowe właściwości żeliwa, np. wytrzymałość na rozciąganie, twardość, skład chemiczny;
- znak od 7 do 8 – od „00" do „99" charakteryzuje materiał;
- znak 9 charakteryzuje wymagania specjalne materiału; np. EN-JL1020 (żeliwo szare), EN-JM1010 (żeliwo ciągliwe białe).