

Historia i współczesność metalurgii żelaza

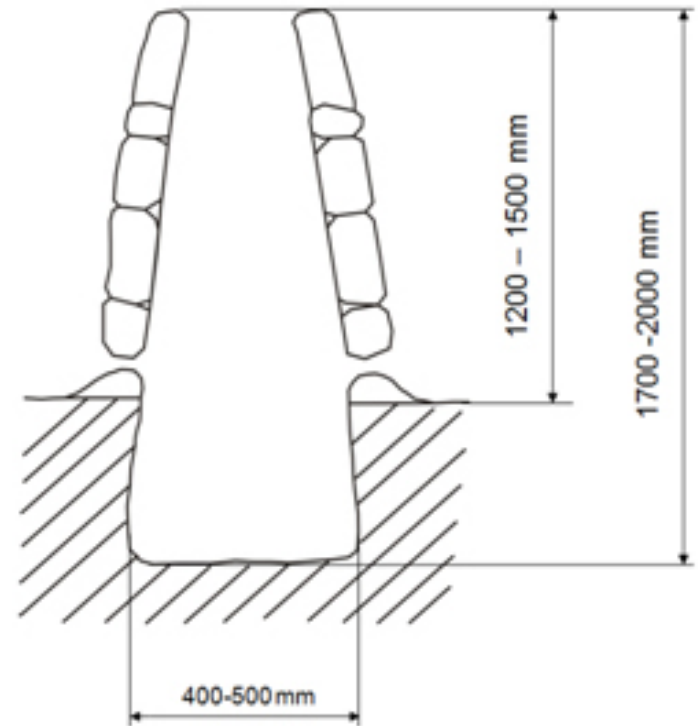


Trochę historii

- 4000 lat p.n.e.- początek wytapiania żelaza pochodzenia meteorytowego
- 750 lat p.n.e. – początek wytwarzania żelaza na ziemiach polskich:
 - Śląsk
 - Góry Świętokrzyskie
 - Mazowsze

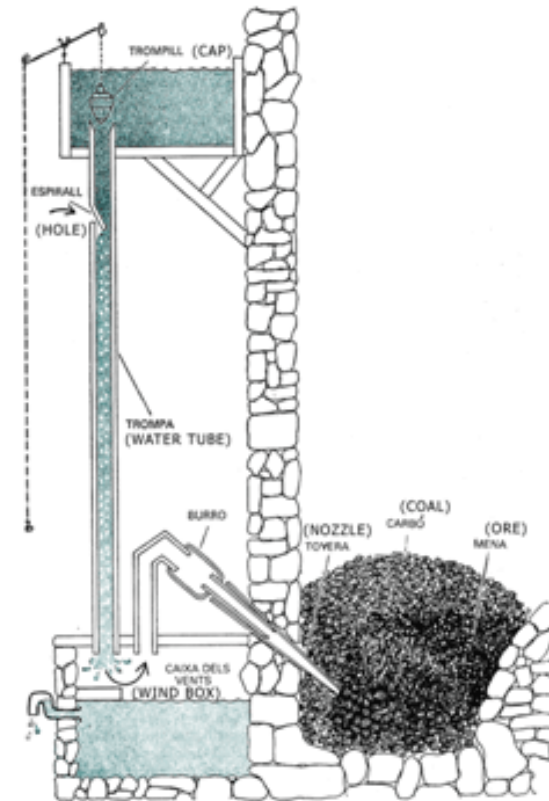
Trochę historii

- Jak wytopiono 11.000 ton żelaza w 500.000 pieców w Górach Świętokrzyskich ?
- Piec typu dymarkowego z tzw. Kotlinką Świętokrzyska
- Na dnie zbierał się żużel a powyżej gąbczaste żelazo



Trochę historii

- 1762 – wynalezienie pieca fryszerskiego
- Uzyskano ciekłą surówkę, gromadzącą się na dole pieca
- Produkcja w sposób ciągły
- Paliwo- węgiel drzewny



Catalan forge pipe

Trochę historii

- Proces pudlarski (Henry Cort 1783,1784)
- Zastąpienie węgla drzewnego koksem
- Zastosowanie koksu do tzw. świeżenia surówki czyli odwęglania za pomocą koksu
- Zastąpienie procesu kucia procesem walcowania

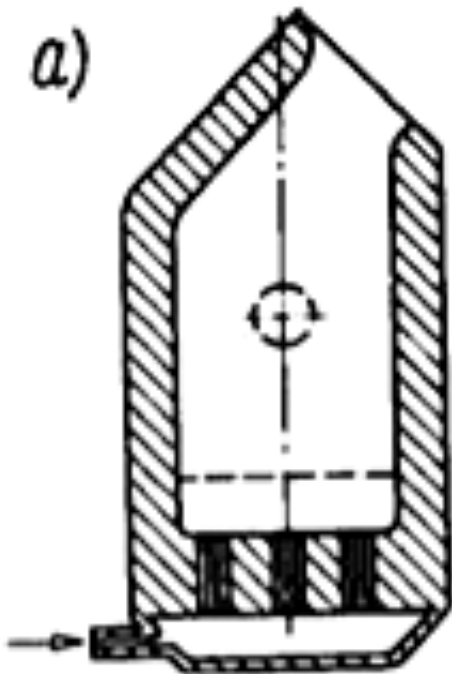
Proces konwertorowy

- Konwertor - zbiornik z blachy stalowej, wyłożony materiałem ogniotrwałym, służący do utlenienia w wysokich temperaturach domieszek w ciekłym wsadzie, przez wdmuchiwanie go powietrzem lub powierzchniowe wdmuchiwanie tlenu.

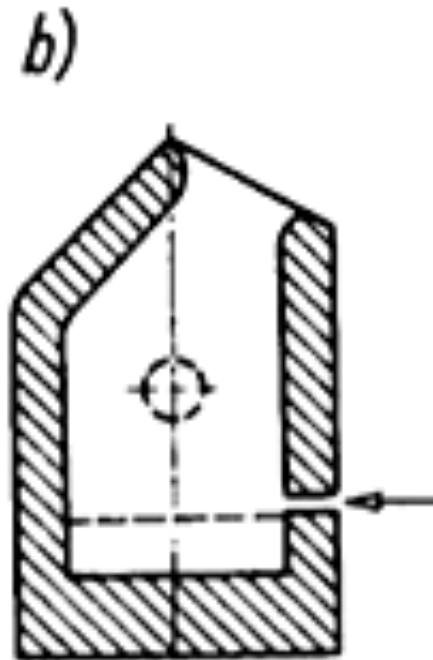
Podstawowe elementy konwertora

- Korpus – płaszcz
- Urządzenie podtrzymujące korpus łącznie z czopami stojaków
- Skrzynia powietrzna z dyszakami i mechanizm przechylający
- Wyprawa ogniotrwała

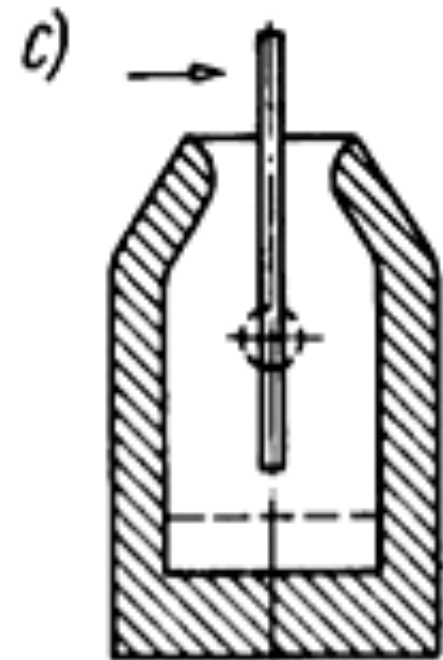
Proces konwertorowy



Z doprowadzeniem gazu z dołu



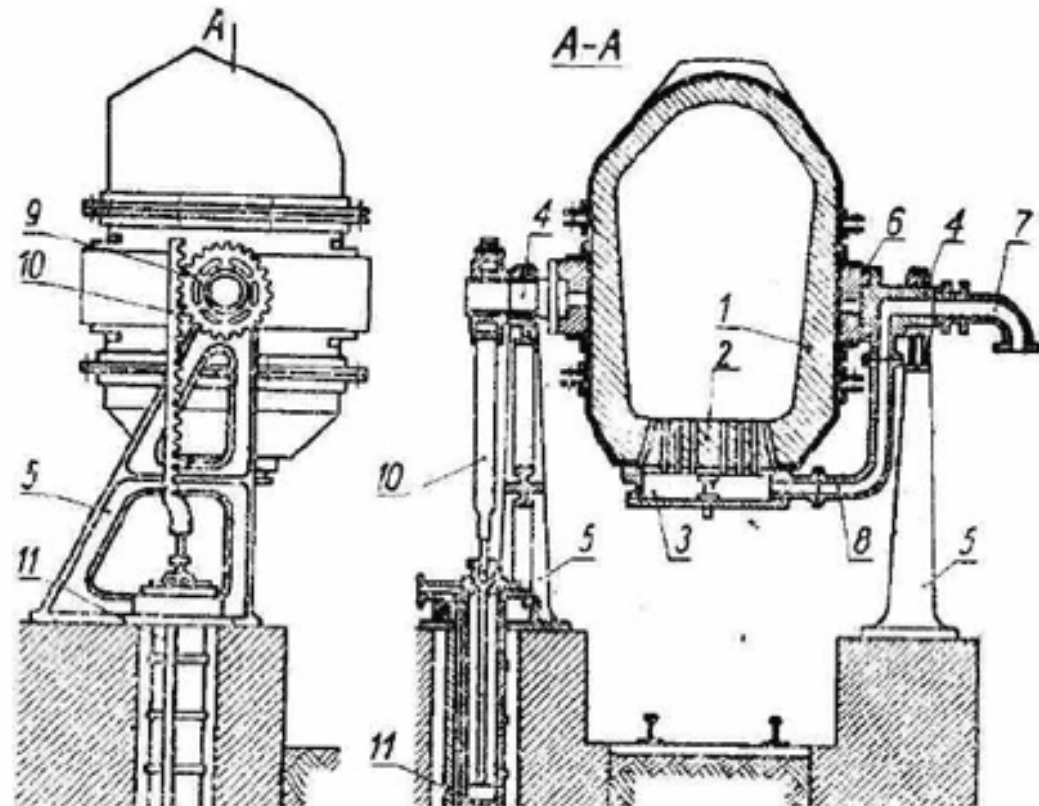
Z doprowadzeniem gazu z boku



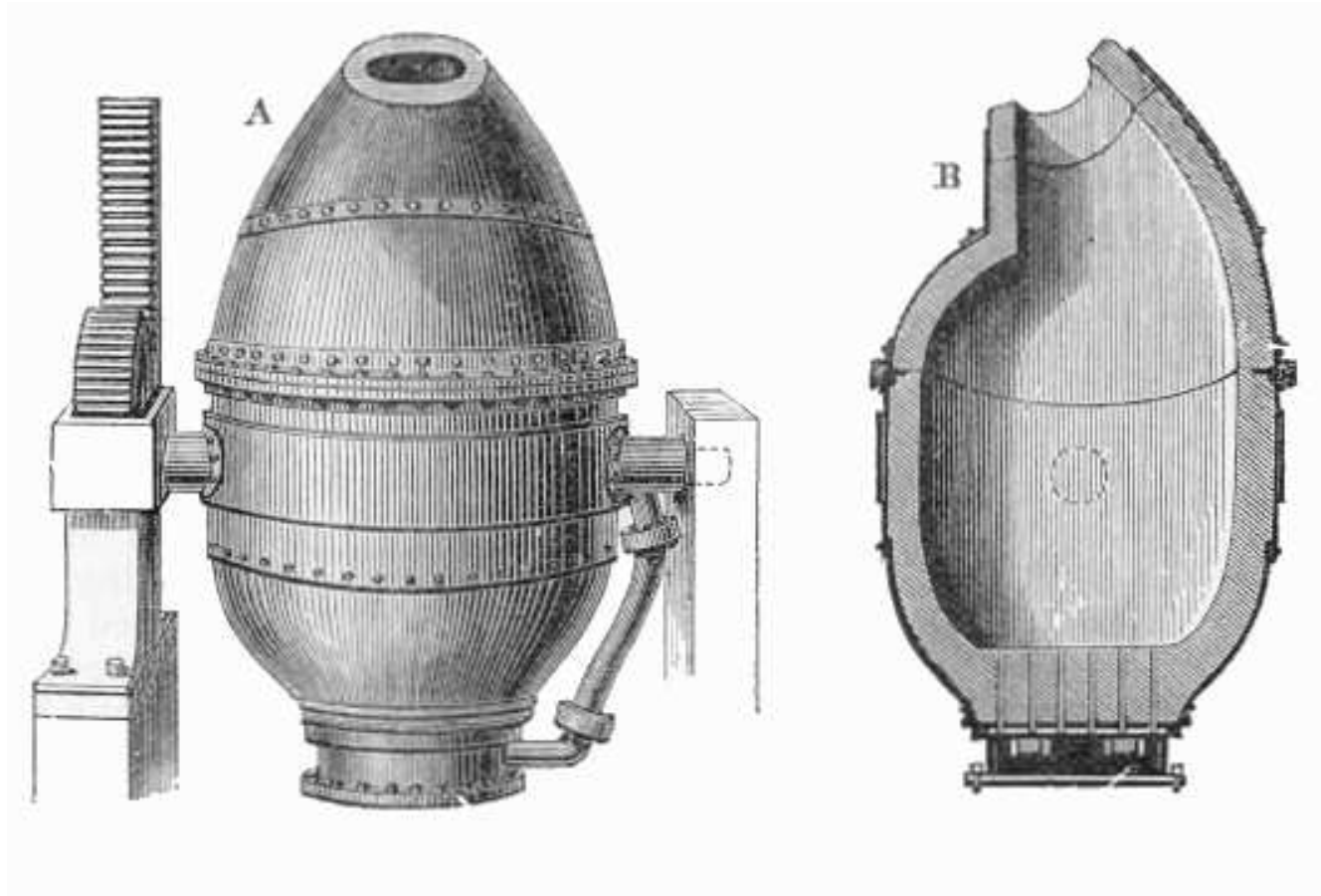
Z doprowadzeniem gazu z góry

Konwertor Bessemera 1856

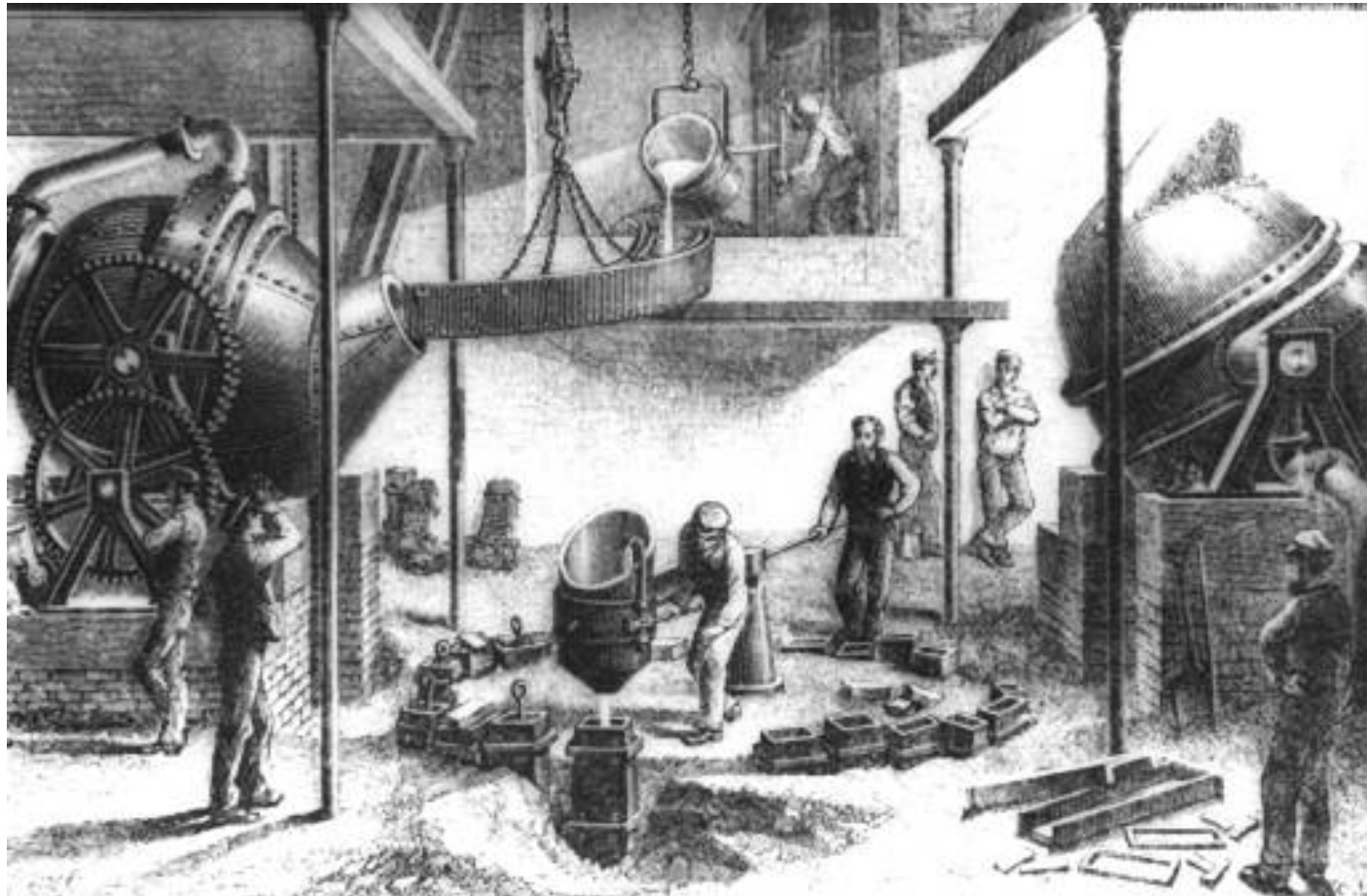
- 1 – wyłożenie pieca,
2 – dennica,
3 – skrzynka dmuchowa,
4 – czopy,
5 – stojaki,
6 – pierścień oporowy,
7, 8 – doprowadzenie dmuchu,
9 – koło zębate,
10 – zębatka,
11 – napęd hydrauliczny



Konwertor Bessemera



Konwertor Bessemera

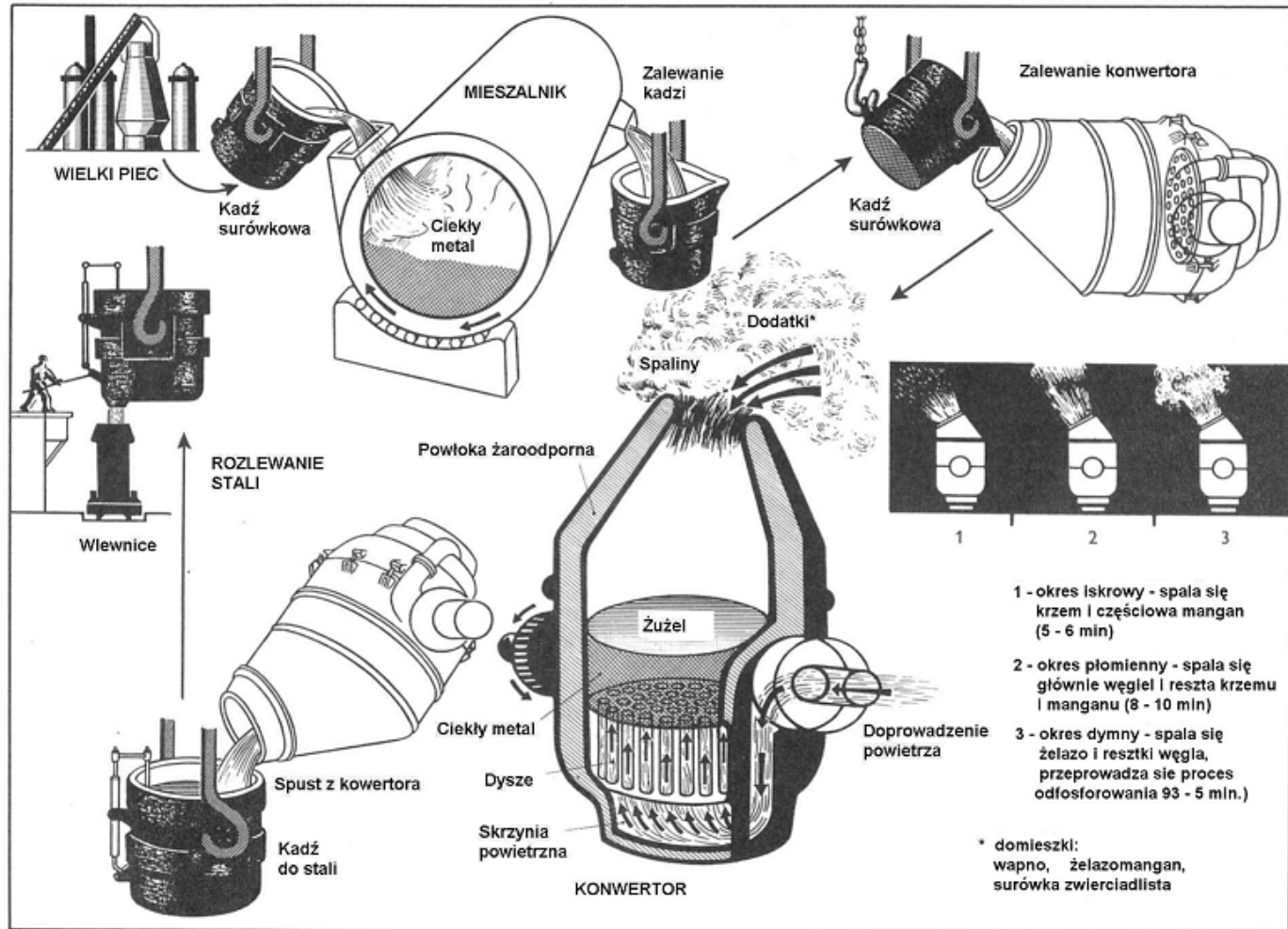


Konwertor Bessemera

- W procesie Bessemera **nie można przerabiać surowców zawierających znaczniejsze ilości fosforu, gdyż pozostaje on w stali po świeżeniu i powoduje jej kruchość**



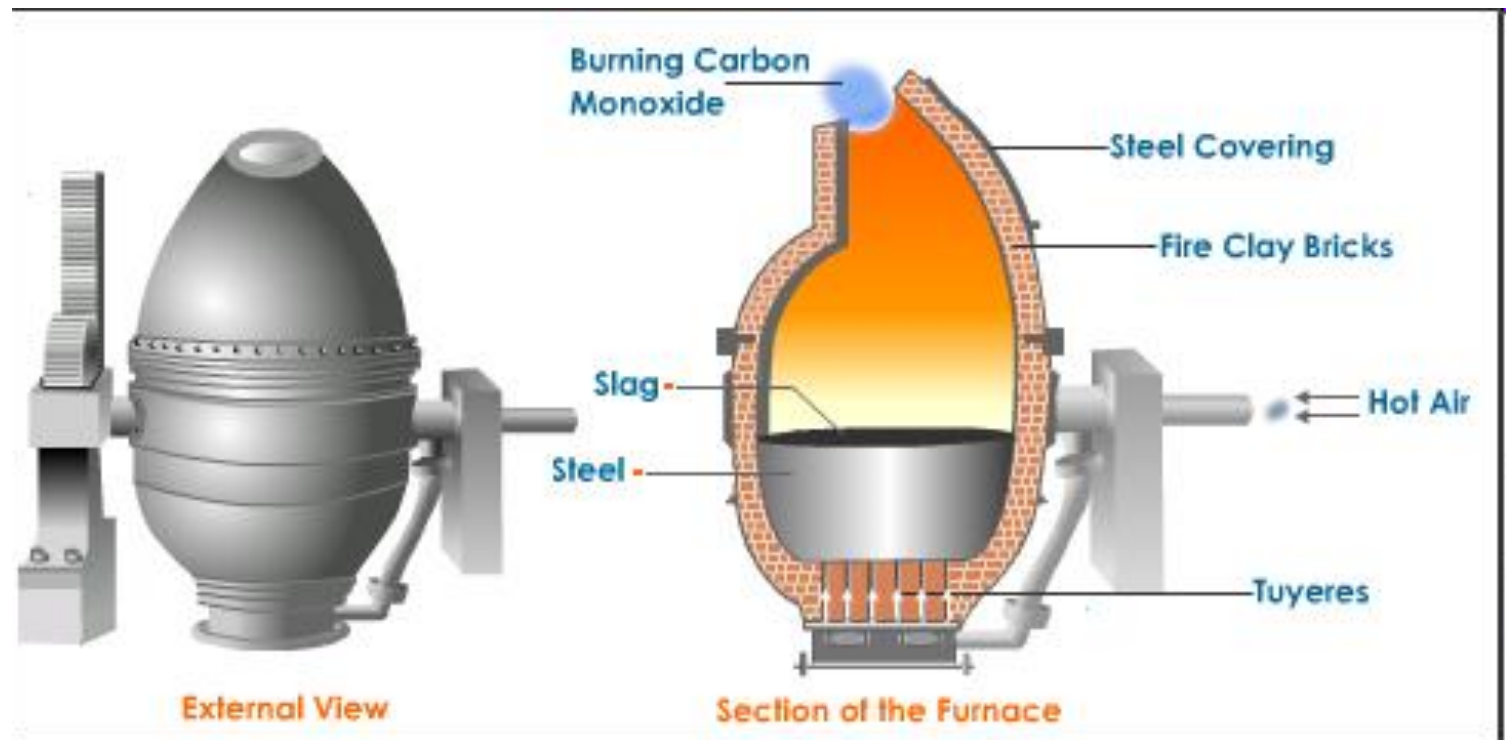
Konwertor Thomasa 1877



Proces besemerowski

- **Proces kwaśny –wyłożenie konwertora kwaśne.**
Wsad: surówka besemerowska w stanie płynnym zawierająca:
- 1,25 –1,75% Si (główne paliwo),
- 1,0 –1,5% Mn (zabezpieczające przed nadmiernym utlenianiem żelaza),
- Minimalne zawartości siarki i fosforu (max. 0,05% S i max. 0,04 % P.
- **Reakcje utleniania są źródłem ciepła.** Zwłaszcza krzem, którego w surówce besemerowskiej jest około 2%, dostarcza dużych jego ilości. .

Konwertor Bessemera



Etapy procesu Besemerowskiego

1. Przechylenie konwertora i zalanie surówki
2. Ustawienie konwertora i włączenie dmuchu.
3. Iskrowy.
4. Płomienny
5. Dymny
6. Po zakończeniu wytopu w celu uzyskania pożądanej zawartości C, Mn, Si oraz odtlenienia stali dodaje się surówkę zwierciadlistą, żelazomangan, żelazokrzem, czasem aluminium.
7. Przechylenie konwertora,
8. Zbieranie żużła
9. Wylewnie stali



Proces Besemerowski- produkty

- **Stal besemerowska** – zawartość siarki i tlenu większa niż w stali martenowskiej, posiada lepszą zgrzewalność i skrawalność. Przeznaczona do wyrobu drutu, gwoździ, cienkich blach, rur zgrzewanych, stali prętowej do wyrobu śrub i na zbrojenia do żelazobetonu.
- **Żużel besemerowski** – stosowany jako kwaśny topnik w procesie wielkopicowym do ruc zawierających zasadową skałę płonną.



Proces Thomasowski

- **Proces usunął wadę kruchości stali po świeżeniu.**
- Wprowadzono **wyłożenie zasadowe** umożliwiające **doprowadzenie** do konwertora **wapna**, które w końcowej fazie świeżenia **wiąże się z fosforem**, tworząc **fosforan wapniowy** wypływający w postaci żużla na powierzchnię metalu.
- **Surówka w procesie Thomasa zawiera więcej fosforu i znacznie mniej krzemu niż besemerowska.**
- W procesie zasadowym (tomasowskim) **fosfor jest głównym źródłem ciepła.**
- Żużel jest zlewany do oddzielnych kadzi i po ochłodzeniu poddawany mieleniu stanowiąc cenny nawóz dla rolnictwa.

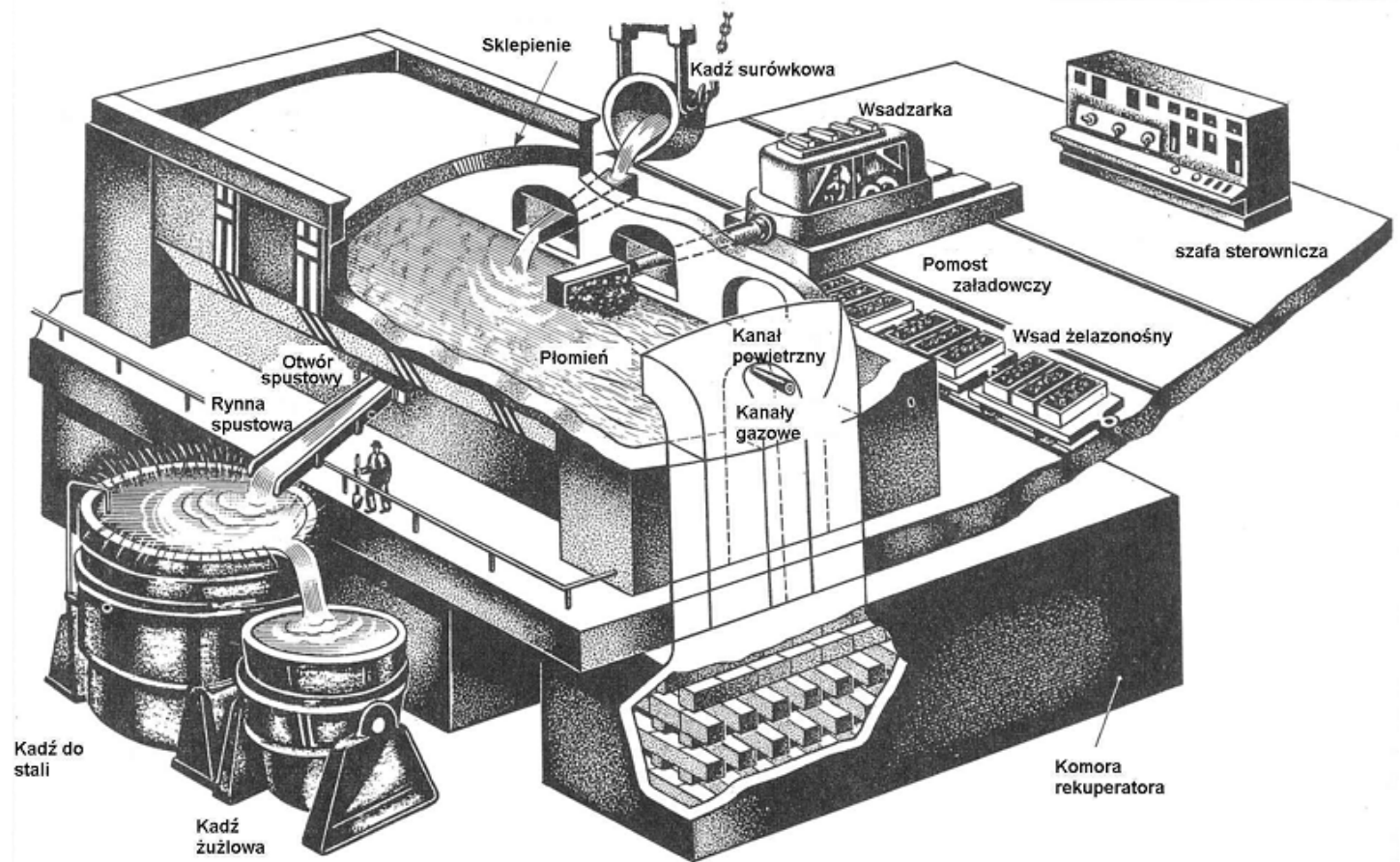
Proces Thomasowski-wsad

- **Surówka tomasowska** o zawartości: do 0,8 % Si, 1,8 –2,2% P (główne paliwo) do 1,5% Mn (zwiększa rzadkoplłynność żużla)
- **Rozżarzone wapno** –które reaguje z fosforem w następujący sposób:
$$2P + 5FeO + 3CaO = Ca_3(PO_4)_2 + 5Fe + Q$$

Proces Thomasowski-produkty

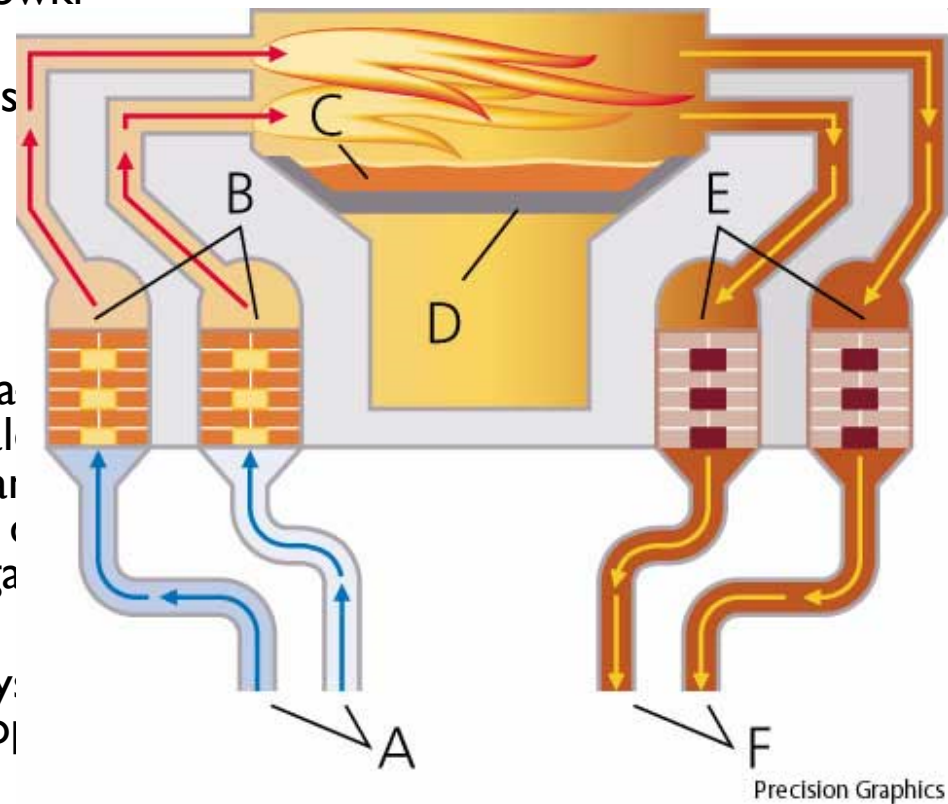
- **Stal thomasowska** – zawierająca więcej azotu, tlenu i wtrąceń żuźlowych od stali martenowskiej i bessemerowskiej, ale tańsza. Używana do wyrobu drutu, rur bez szwu, taśm itp., stali prętowej.
- **Żużel zasadowy** –zawierający około 50% CaO i 20–50% P_2O_5 po zmieleniu stosowany jako nawóz sztuczny zwany tomasyną.

Proces Martenowski



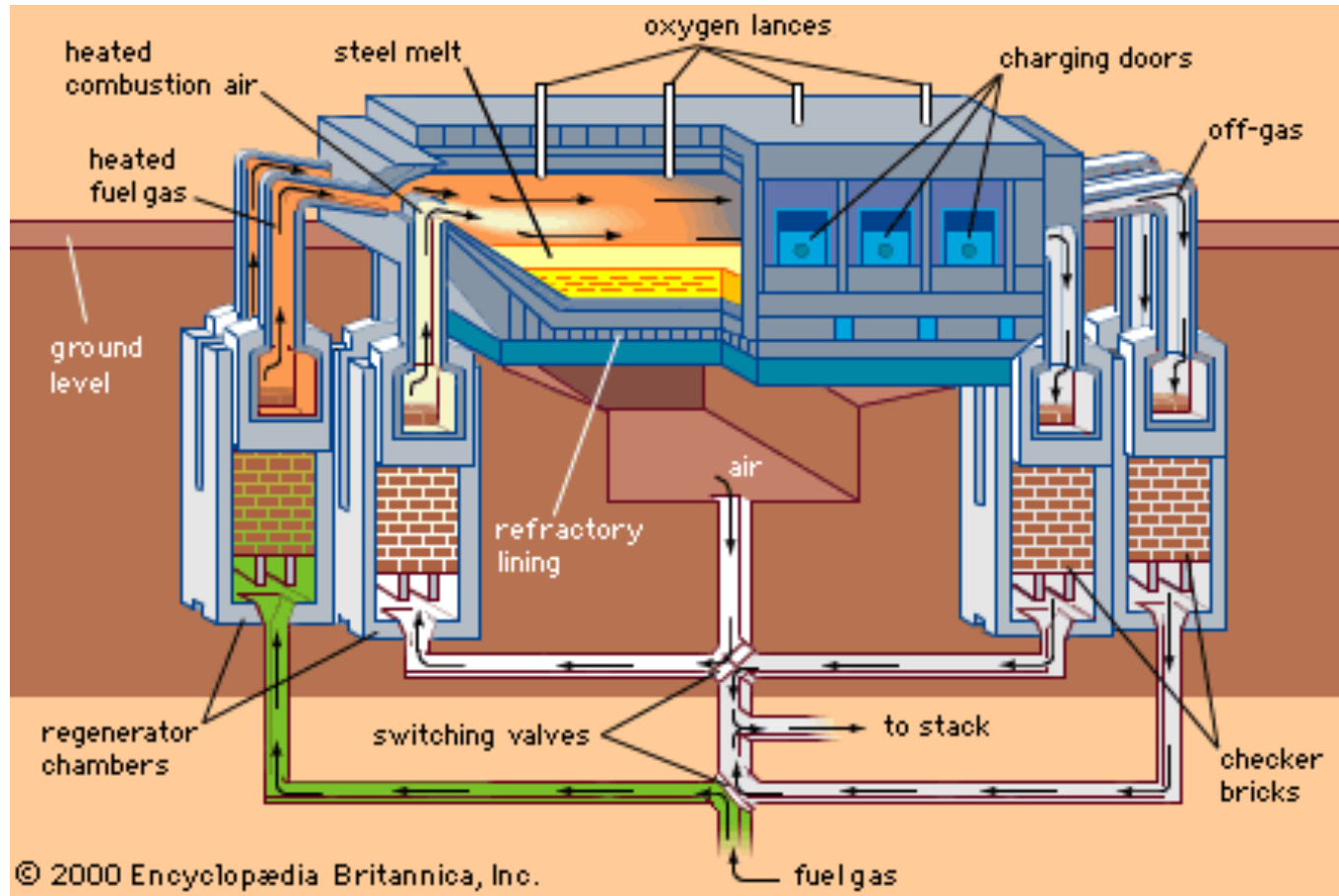
Proces martenowski

- W tym procesie spalano gaz węglowy nad ładunkiem surówki i wapienia.
- Martin zauważył, że w procesie besemerowskim traczone są wielkie ilości energii, gdy przedmuchiwało się chłodne powietrze przez roztopione żelazo.
- By temu zapobiec, zastosowano gorące gazy powstałe po spalaniu gazu węglowego do ogrzewania tego gazu i wdmuchiwanego do pieca powietrza, w którym gaz się spalał.
- Pozwoliło to osiągnąć tak wysoką temperaturę w piecu, że z tego żelaza w niej złom stalowy dodawany do surówki.



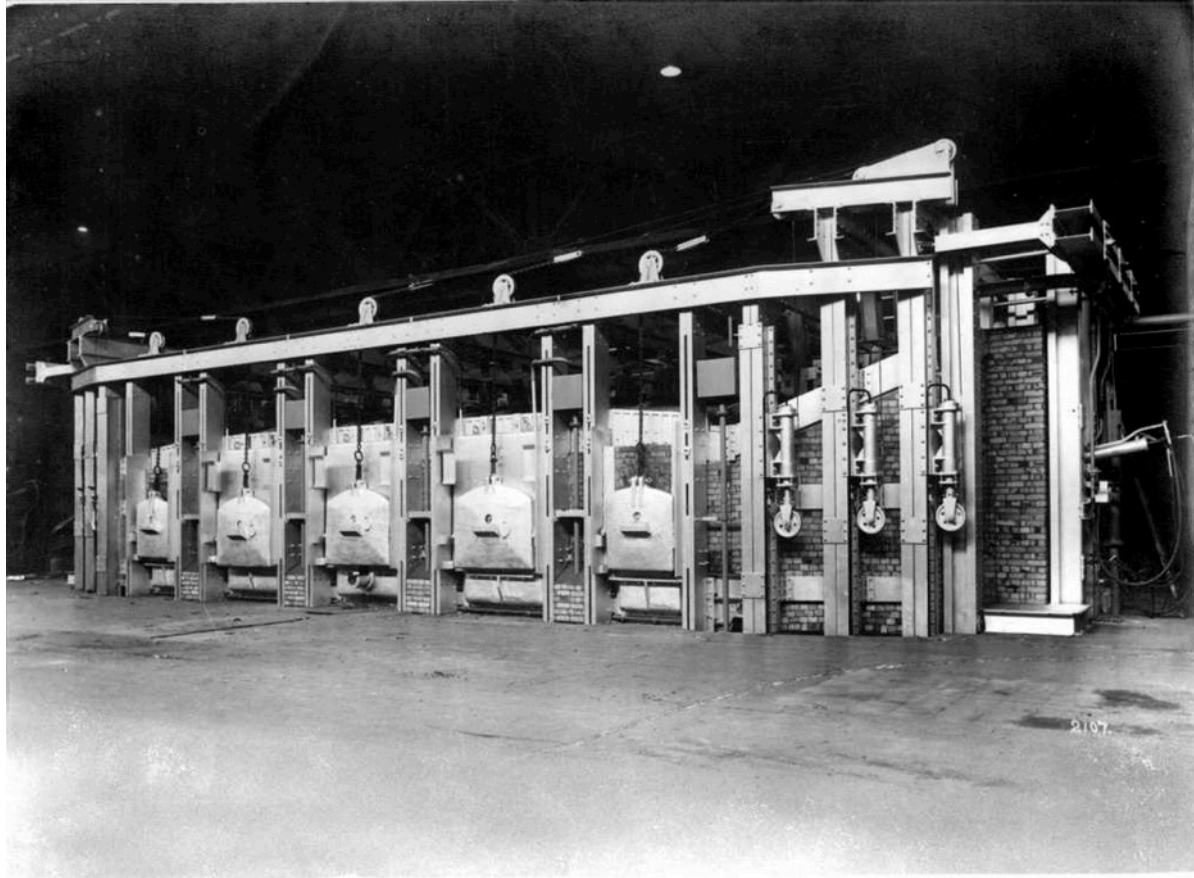
Precision Graphics

Proces Martenowski



Proces Martenowski

- Po wprowadzeniu procesu Bessemera, w 1864 roku, Francuz Pierre Martin wynalazł alternatywną technologię wytwarzania stali - proces nazwany od jego nazwiska **martenowskim**



Proces wytwarzania stali

Współczesny proces wytwarzania stali jest dwuetapowy i obejmuje wytapianie:

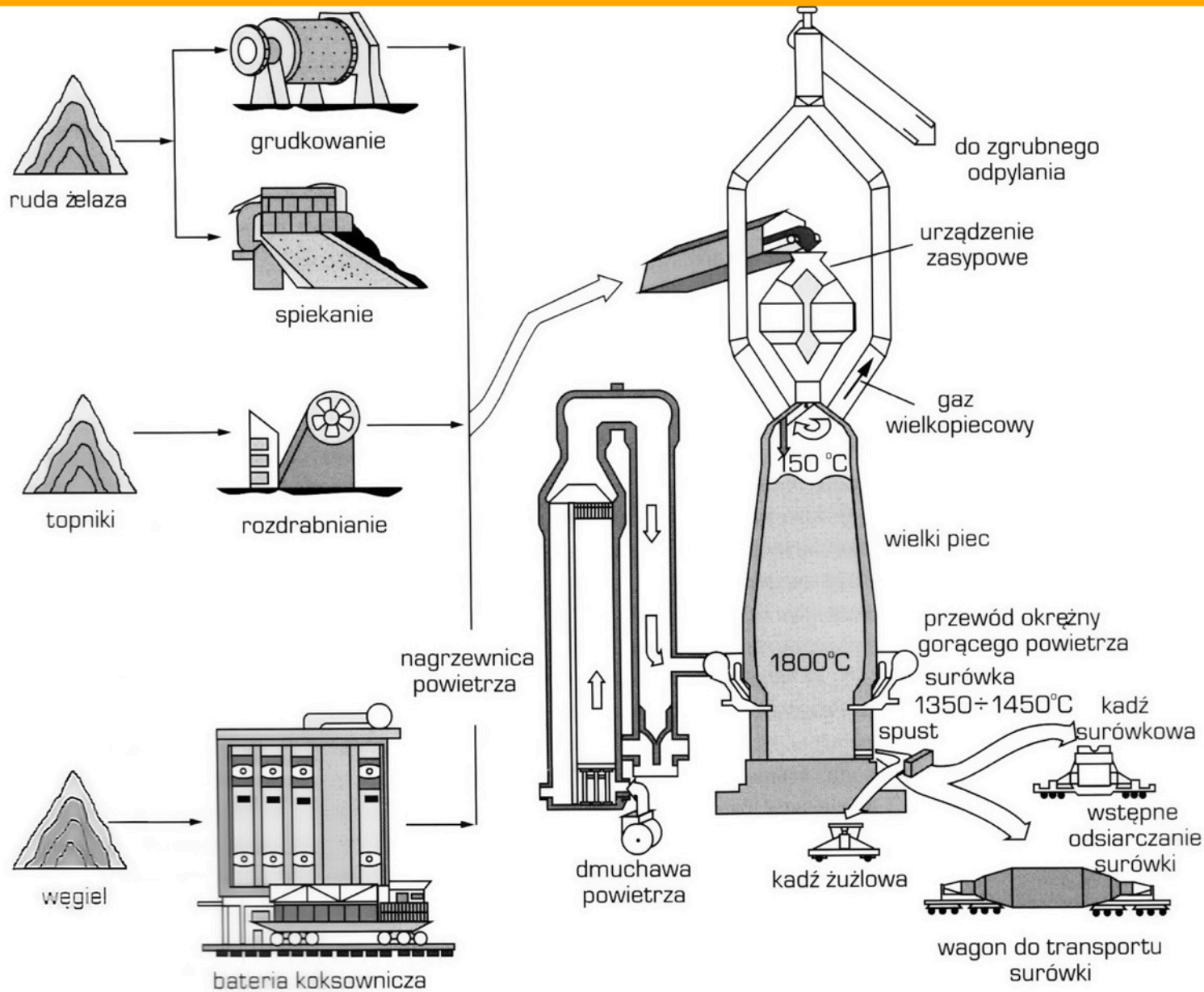
- **surówki** w procesie wielkopiecowym lub zamiennym
- wytapianie **stali** w procesach stalowniczych

Proces wielkopiecowy

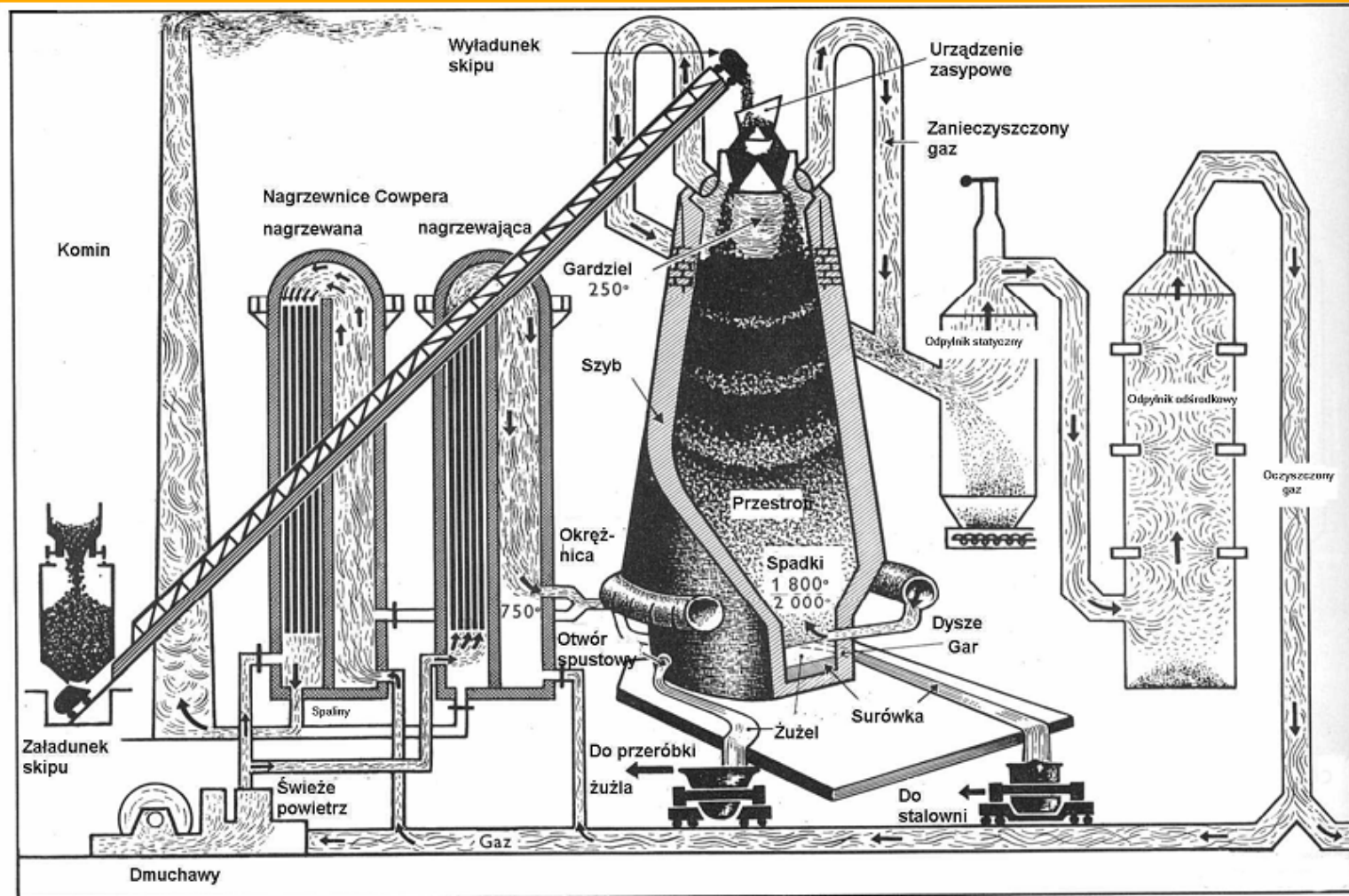
- W procesie wielkopiecowym wykorzystuje się następujące surowce:
- rudy żelaza zanieczyszczone skałą płonną (np. krzemionką, dolomitem)
- koks metalurgiczny wytwarzany z węgla
- topniki (CaO , CaCO_3 , dolomit)

Proces wielkopiecowy

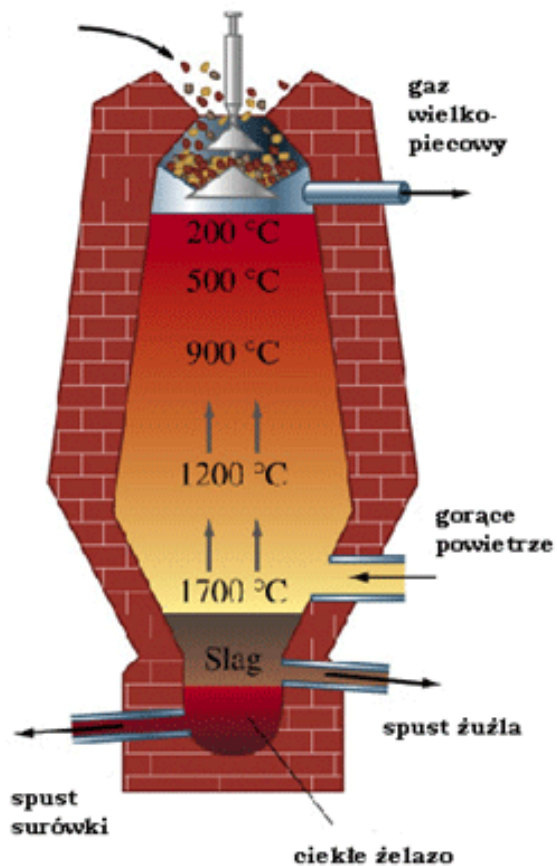
- Wsad układany jest warstwowo z rudy koksu i topników, przemieszcza się w dół pieca na skutek nagrzewania gazami redukcyjnymi powstającymi ze spalania koksu
- Surówkę stanowi ciekły roztwór C, Si, Mn, P w żelazie
- Na powierzchni surówki powstaje żużel tworzący się na skutek reakcji skały płonnej i topników



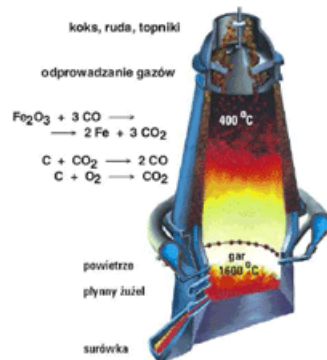
Proces wielkopiecowy



ruda, topniki,
koks

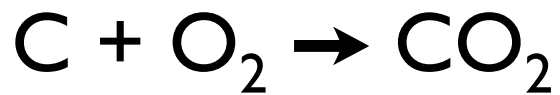


SCHEMAT WIELKIEGO PIECA

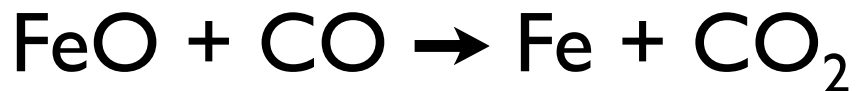
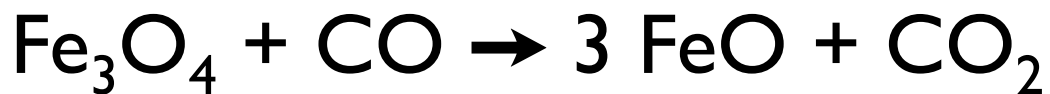
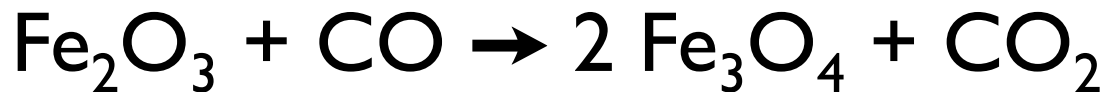


Reakcje w wielkim piecu

- **Tworzenie tlenku węgla**

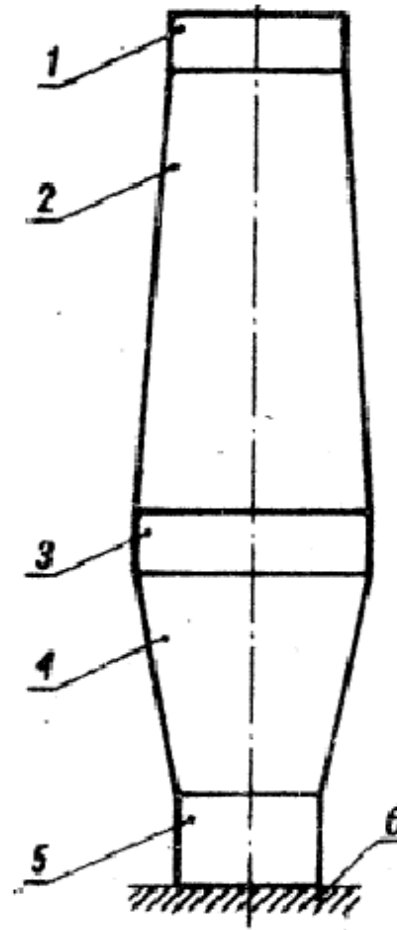


- **Redukcja rudy żelaza**

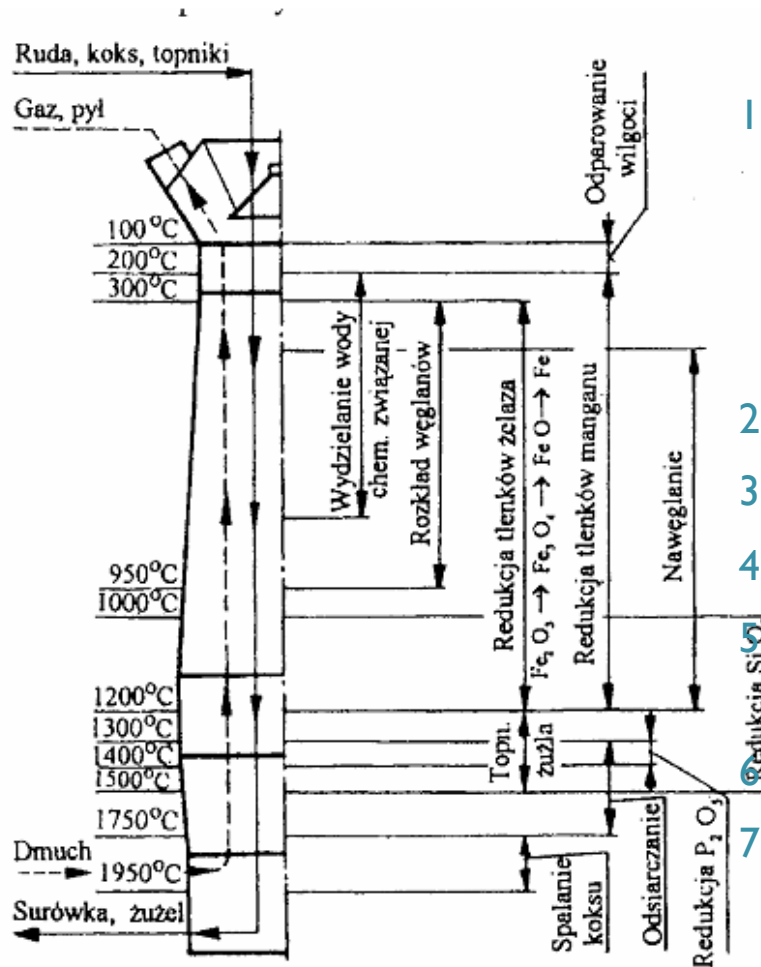


Budowa wielkiego pieca

1. gardziel,
2. szyb,
3. przestron,
4. spadki,
5. gar,
6. trzon

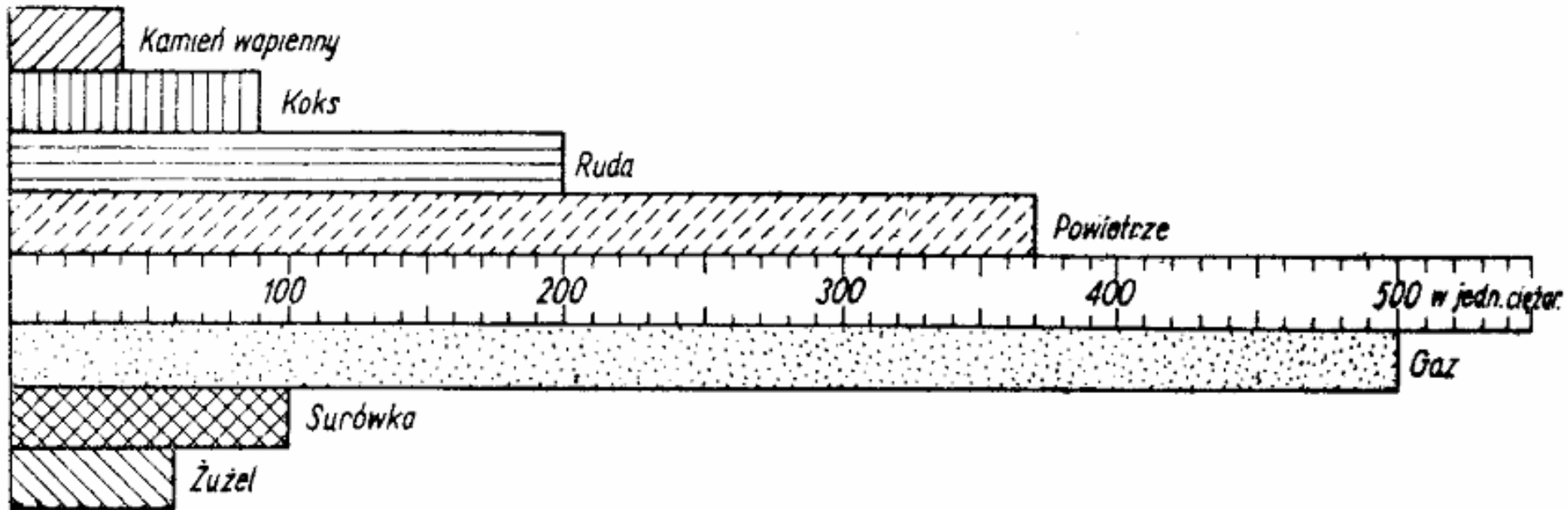


Procesy w wielkim piecu



1. Procesy wstępne: odparowanie wilgoci, wydzielanie wody krystalizacyjnej, rozkład węglanów, usuwanie części lotnych z koksu
2. Redukcja tlenków żelaza.
3. Nawęglanie żelaza.
4. Tworzenie się i topnienie żużla.
5. Redukcja pozostałych składników surowki,
6. Odsiarczanie.
7. Procesy spalania paliwa

Substraty i produkty procesu wielkopiecowego



Proces COREX

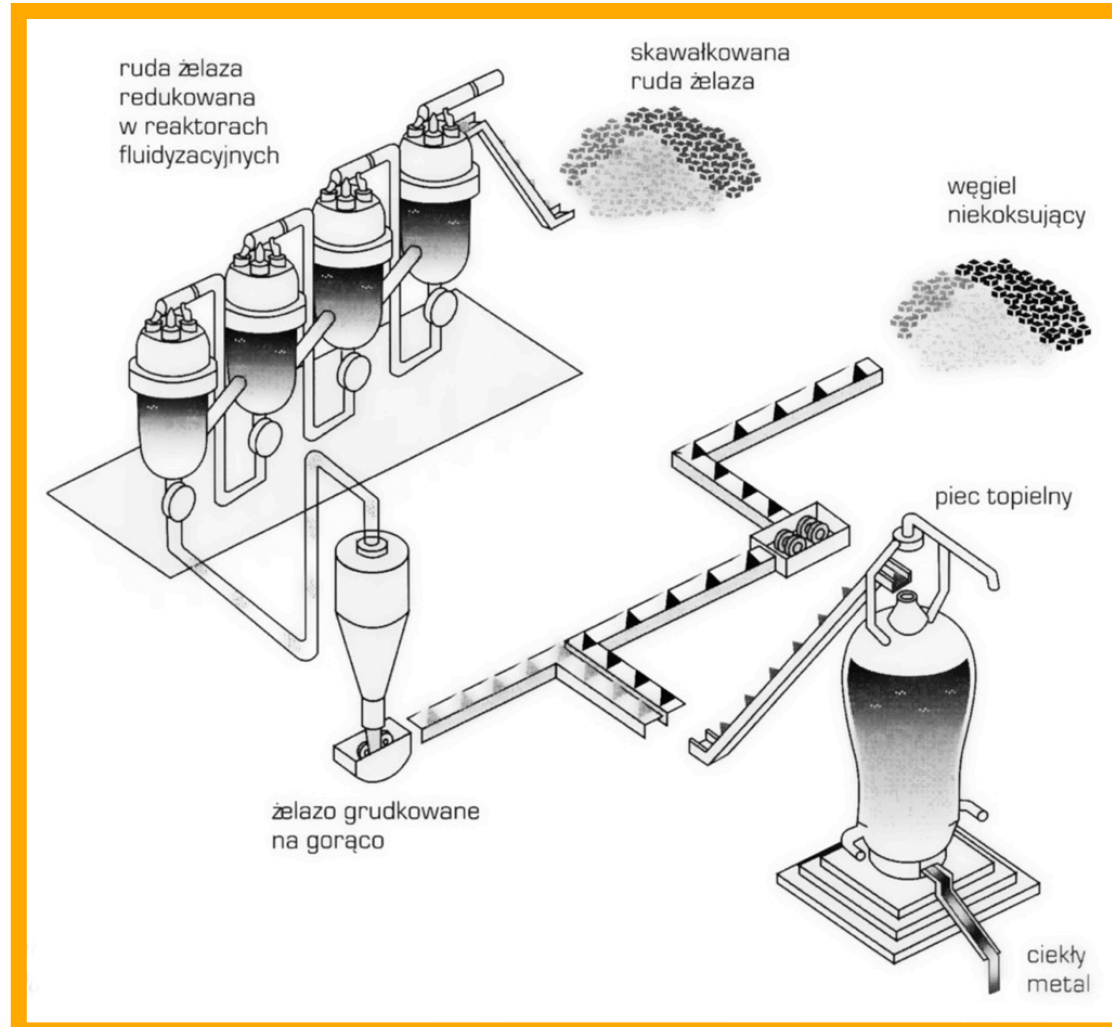
- Zamiast koksu stosuje się węgiel kawałkowy
- Zamiast dmuchu gorącego powietrza nadmuch tlenu
- Ruda musi zostać wstępnie spiekana a węgiel poddany przetwarzaniu na koks

Proces FINEX

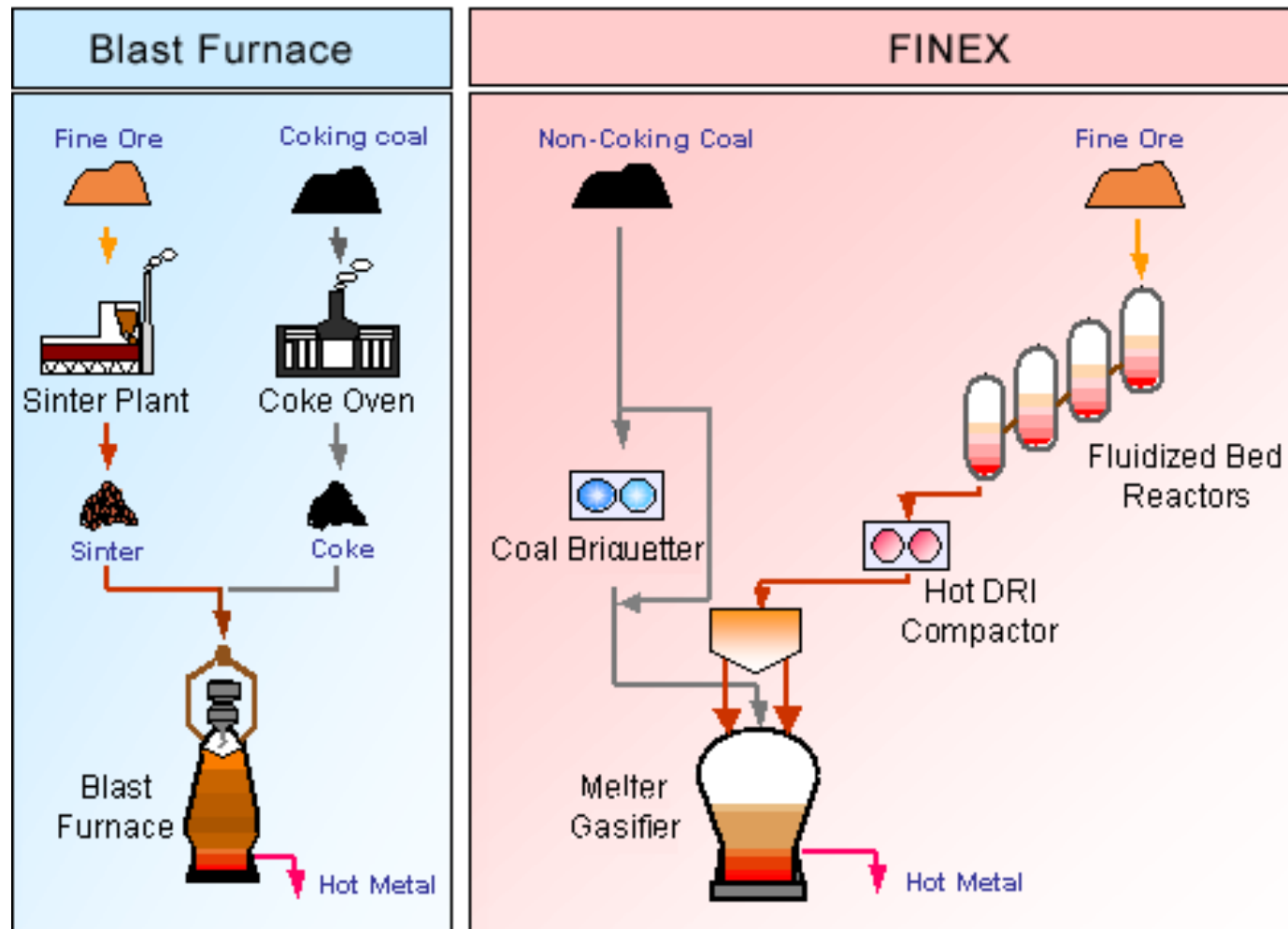
- W procesie tym wykorzystuje się bezpośrednio drobne kawałki węgla oraz rudy żelaza o średnicy poniżej 8 mm, nadmuch lancami tlenowymi
- Zalety: koszty produkcji o 23% niższe, koszty węgla o 20% niższe, zapylenie mniejsze o 20%



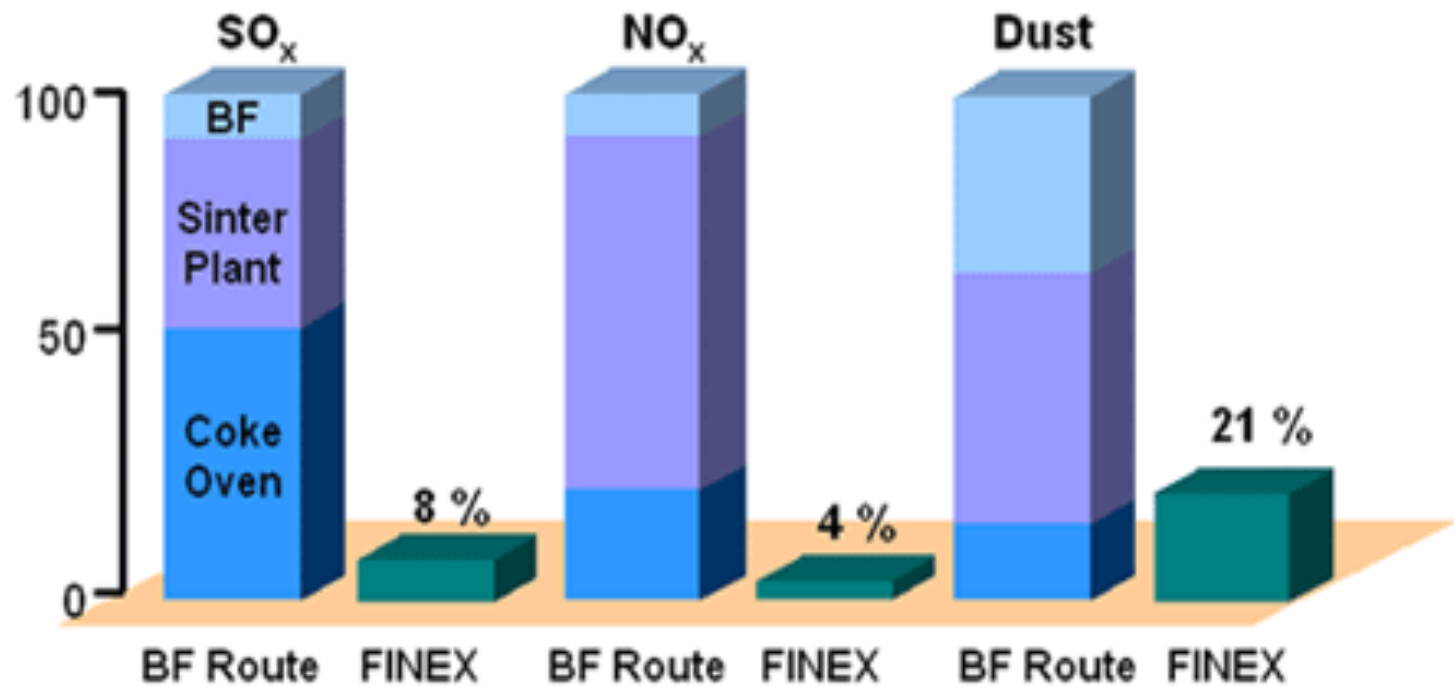
Proces FINEX



Proces FINEX



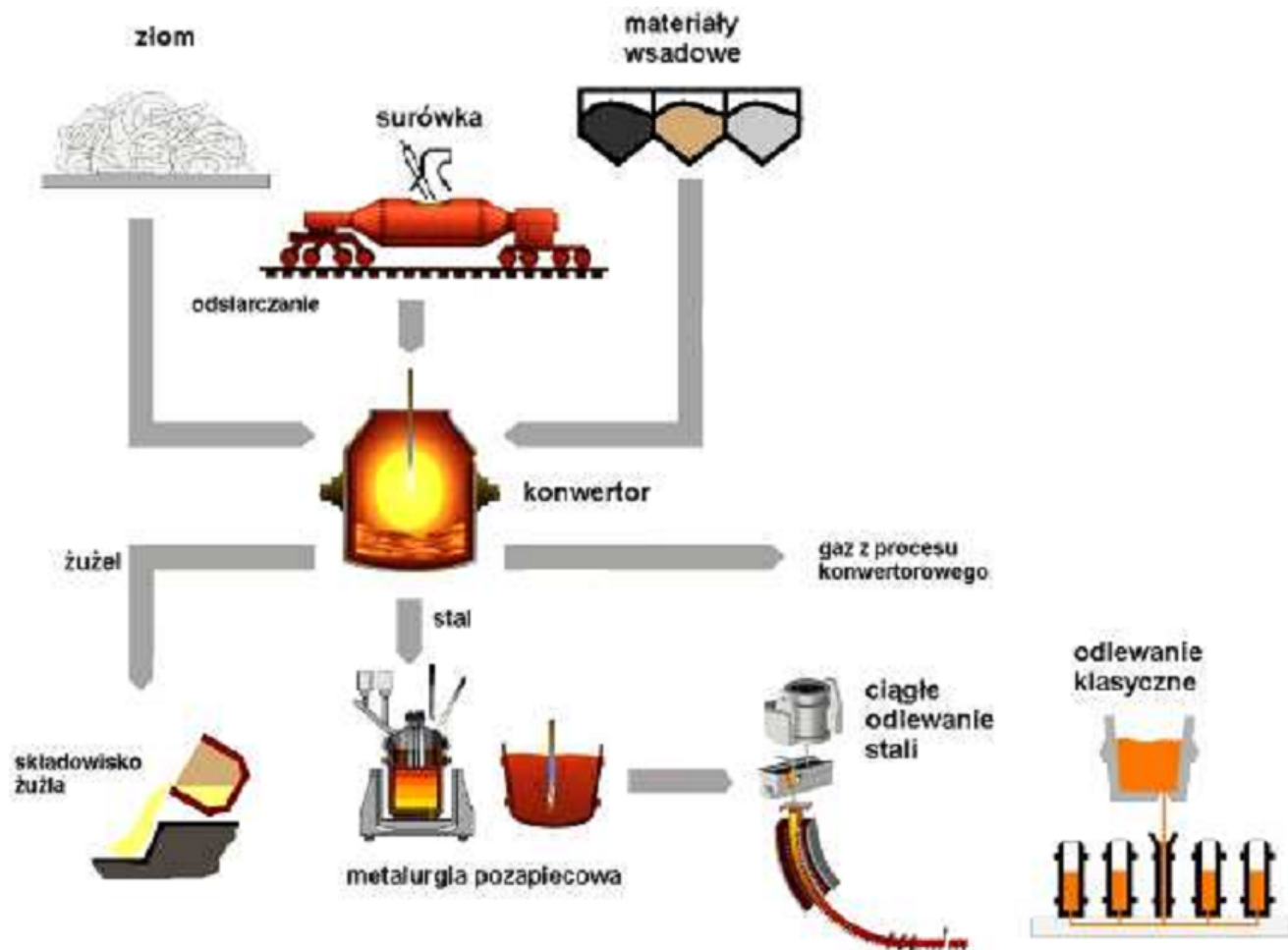
FINEX-Ekologia



Procesy stalownicze

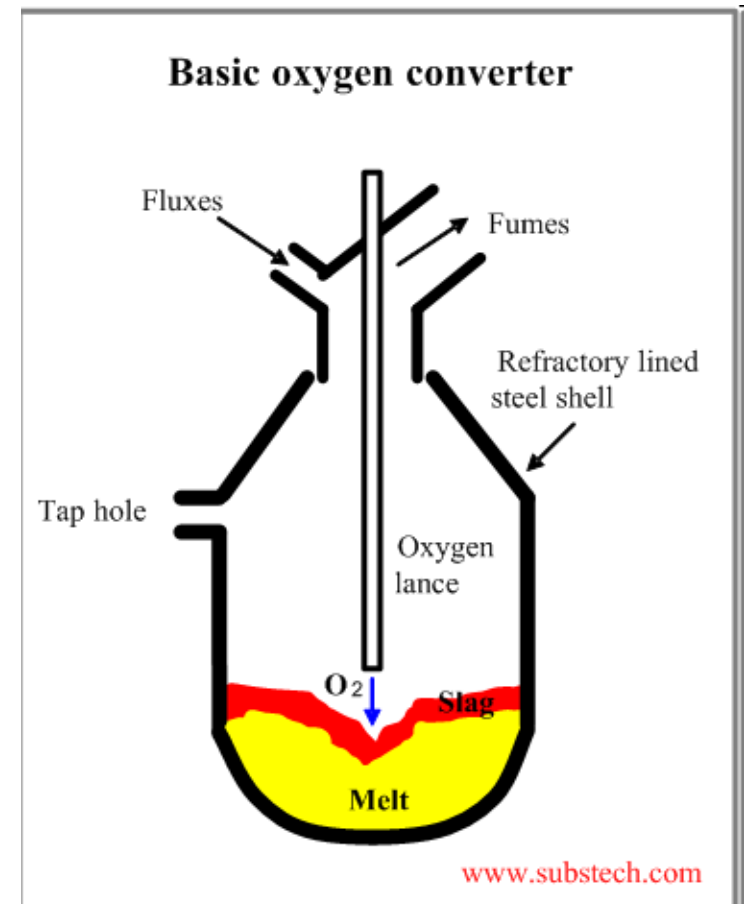
- Współczesne procesy stalownicze obejmują:
- **Proces konwertorowy tlenowy LD** (65% produkcji stali)
- **Proces topienia w piecach elektrycznych** (32% produkcji)
- Pozostałe (2,5% produkcji)

Proces konwertorowy



Proces konwertorowy z sondą tlenową

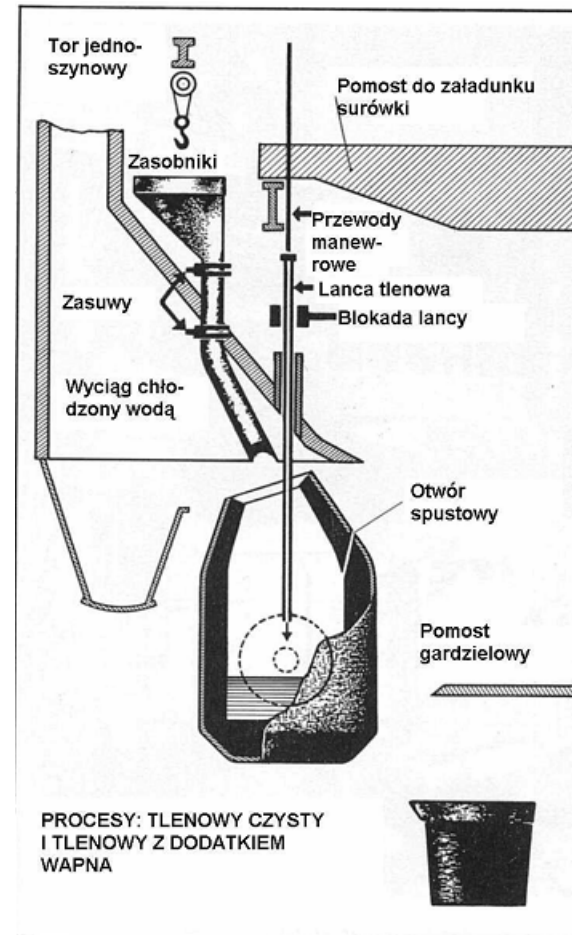
- W roku 1949 w hutach austriackich **Linz-Donawitz** zastosowano metodę konwertorowo-tlenową.
- Polega ona na wdmuchiwananiu do konwertora tlenu w celu wykonania świeżenia.
- Tlen doprowadza się do konwertora o wyłożeniu zasadowym przez **lancę intensywnie chłodzoną wodą**.
- Spalanie węgla zawartego w surówce w konwertorze pozwala na osiągnięcie temperatury pow. 1700°C.
- Umożliwia to przerabianie **surówek o dowolnym składzie chemicznym**.
- Proces świeżenia trwa 12÷15 min.



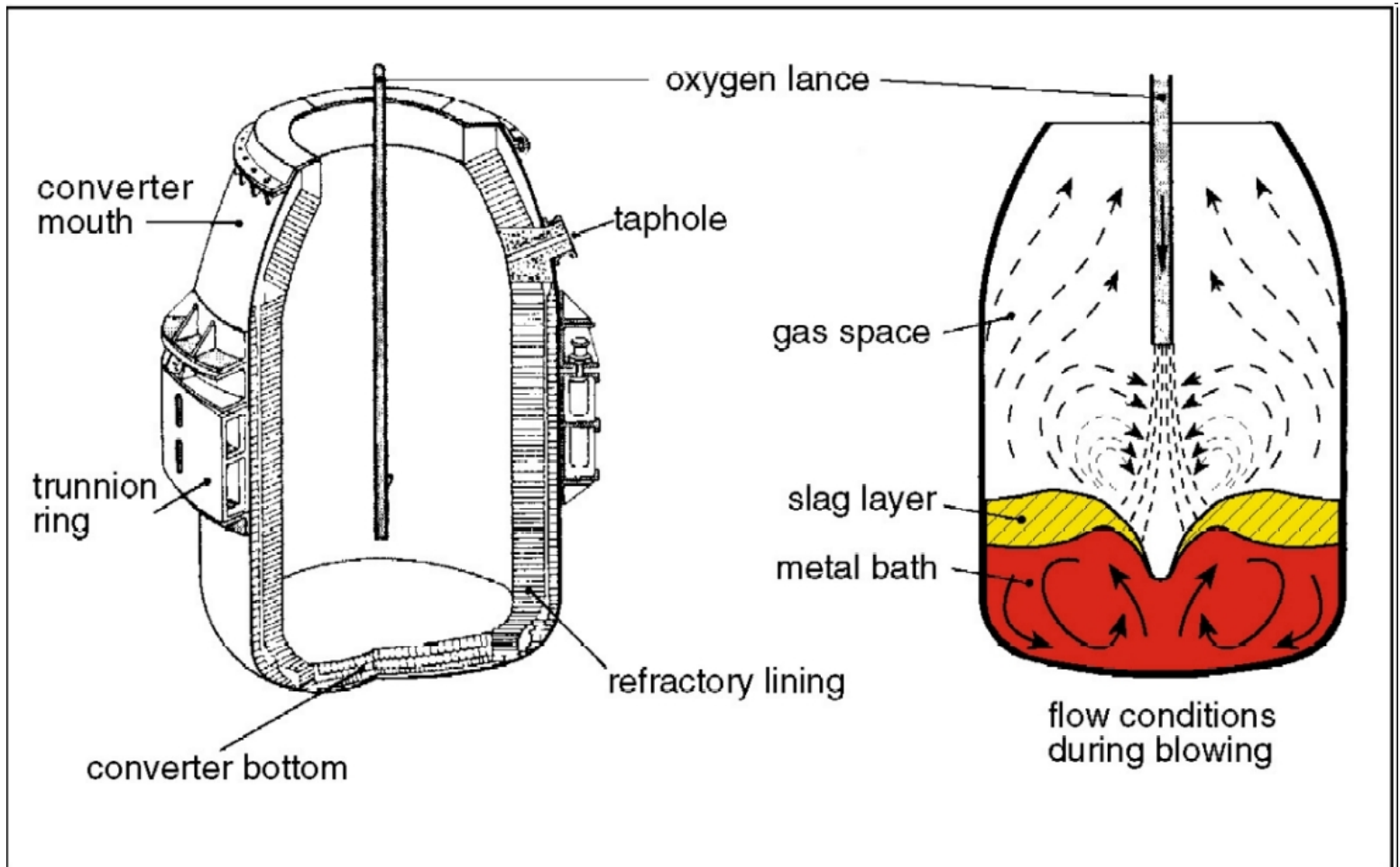
Proces zasadowy konwertorowy tlenowy (LD)

- Surowce:
- surówka żelaza z wielkiego pieca
- złom stalowy.

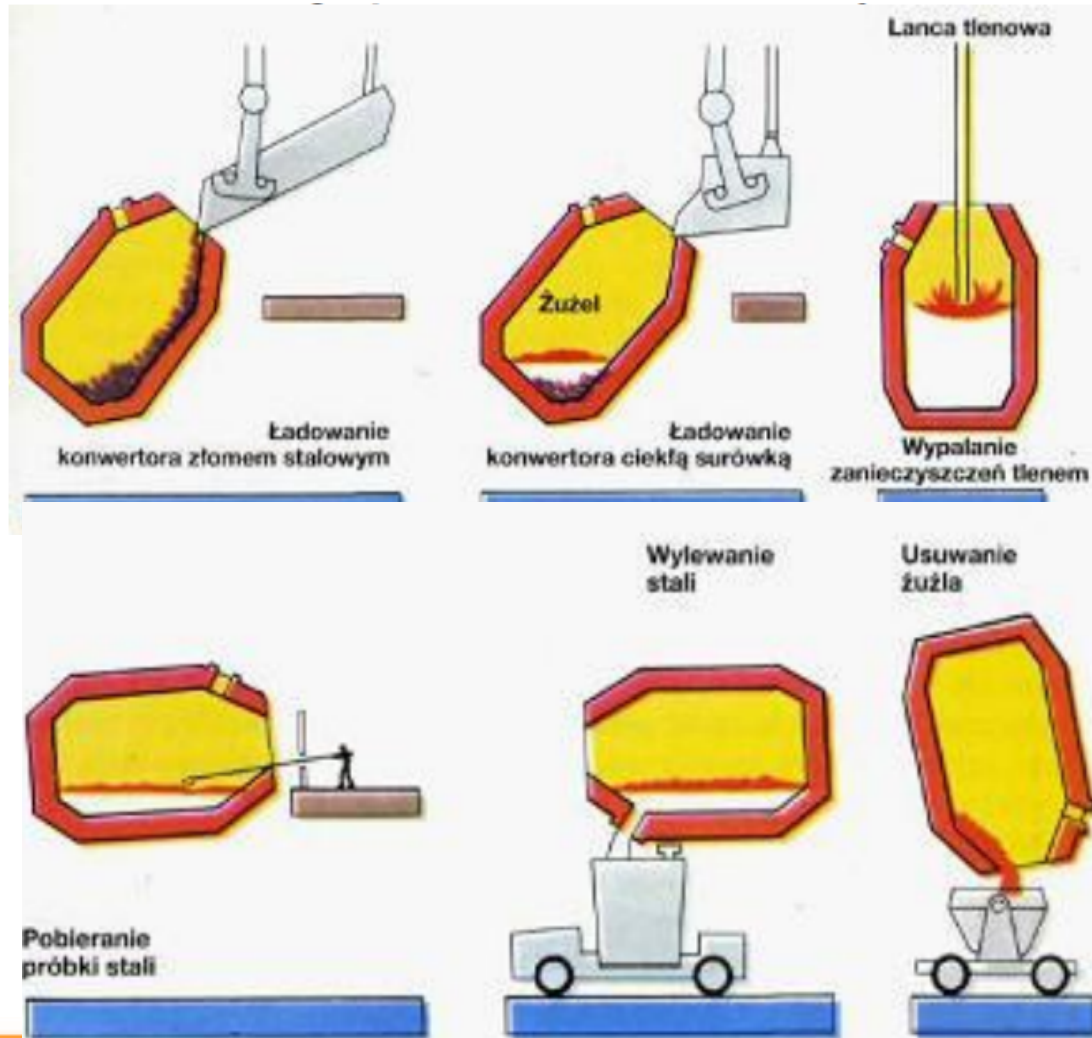
Dodatek złomu zapobiega przegrzaniu metalu.



Proces zasadowy konwertorowy tlenowy (LD)

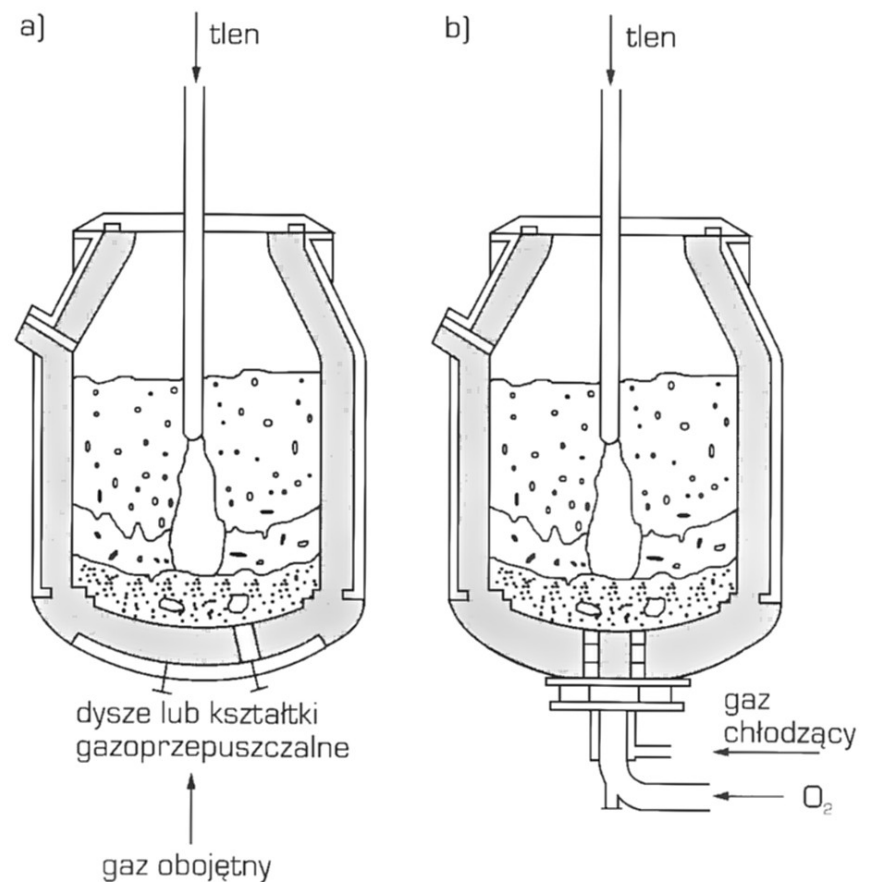


Proces zasadowy konwertorowy tlenowy



Proces zasadowy konwertorowy tlenowy

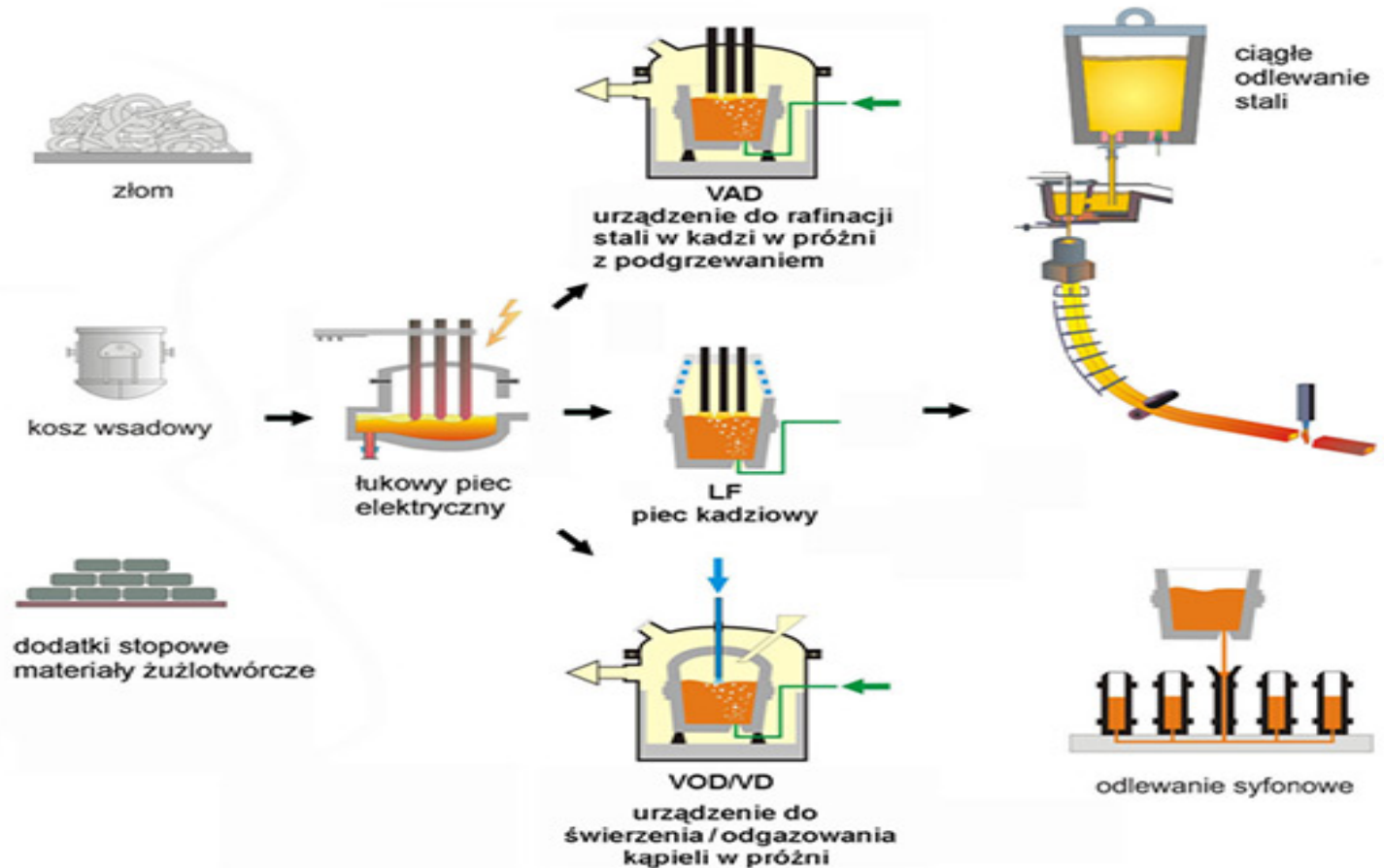
- a) Konwertor tlenowy z doprowadzeniem przez lancę
- b) Konwertor tlenowy z doprowadzeniem przez lancę oraz dyszę od dołu



Proces elektrostalowniczy

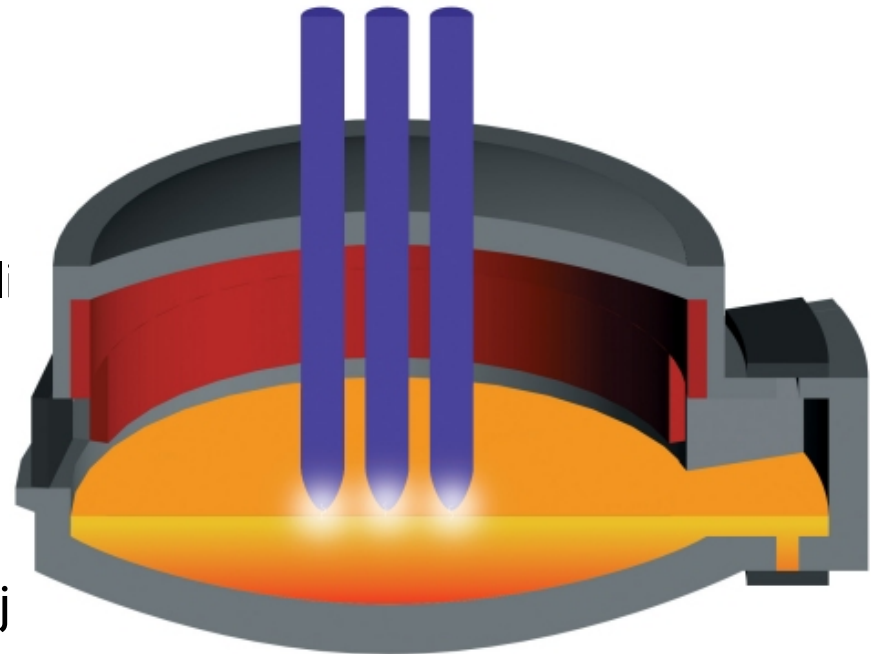
- 1. Ładowanie pieca – złom stalowy ładowany jest razem z wapnem i nawęglaczem do koszy. Elektrody i sklepienie jest usuwane, aby można było załadować piec wsadem.
- 2. Roztapianie i rafinacja – świeżenie kąpeli metalowej rozpoczyna się po roztopieniu części wsadu. Proces ten kontynuuje się po roztopieniu całego złomu do momentu uzyskania wymaganej zawartości węgla w stali. Świeżenie kąpeli metalowej polega na utlenianiu węgla i innych nie pożądaných domieszek, szczególnie fosforu.
- 3. Spust stali i żużła – w przypadku żużła następuje to samoistnie, ewentualnie na skutek przechylenia pieca na stronę spustową. Stal może być spuszczana do kadzi albo przez rynną spustową, albo przez otwór spustowy w trzonie pieca.
- 4. Pozapiecowa obróbka stali elektrycznej - Obróbka pozapiecowa realizowana jest na specjalnych stanowiskach do obróbki ciekłej stali w kadzi, wykorzystując zazwyczaj system grzania łukiem elektrycznym, co umożliwia prowadzenie procesów rafinacyjnych, dodawanie dodatków stopowych w lepszych warunkach niż w piecu, przyczyniając się do wzrostu uzysku wprowadzanych pierwiastków.

Proces elektrostalowniczy



Przetapianie w piecu łukowym

- W stalowniach elektrycznych stal wytwarzana jest ze złomu stalowego w łukowych piecach elektrycznych.
- Układ technologiczny składa się z:
 - **roztapiania złomu stalowego i świeżenia** (utleniania domieszek) kąpieli metalowej w łukowym piecu elektrycznym,
 - **rafinacji i wykańczania (końcowej regulacji składu)** w urządzeniach do pozapiecowej obróbki ciekłej stali i jej odlewania metodą ciągłą.

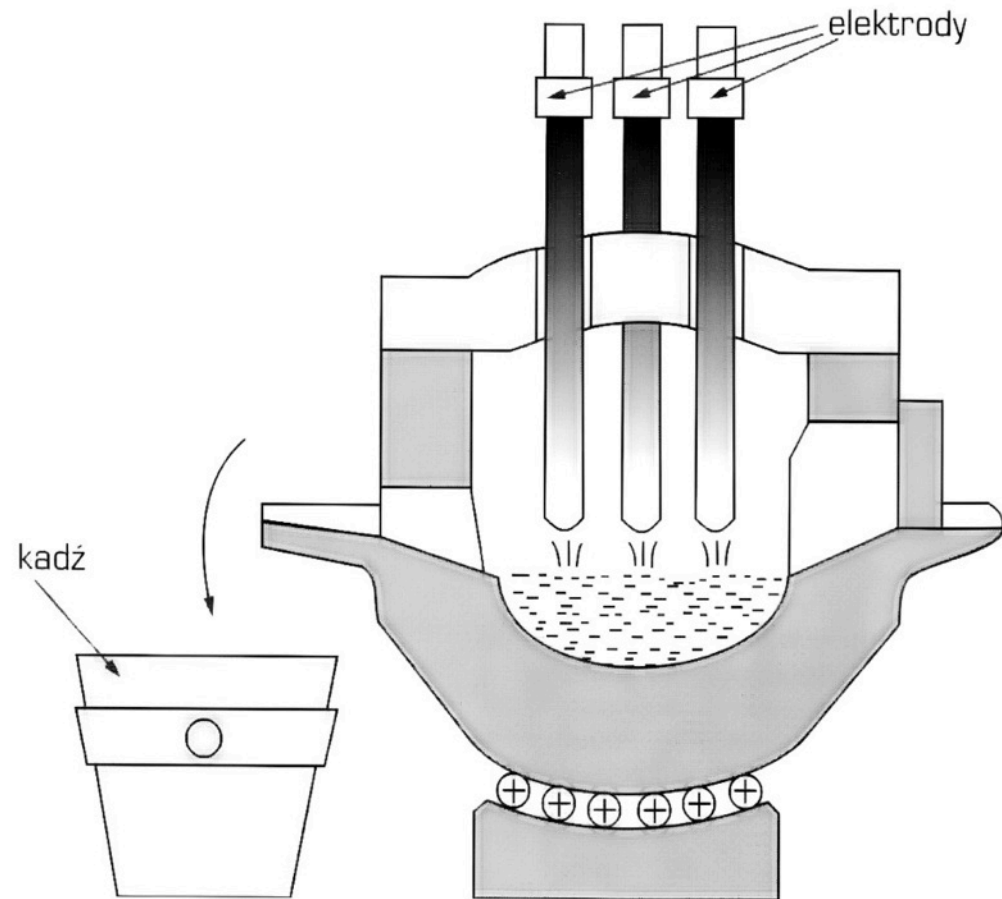


Jaki jest cel stosowania pieca łukowego ?

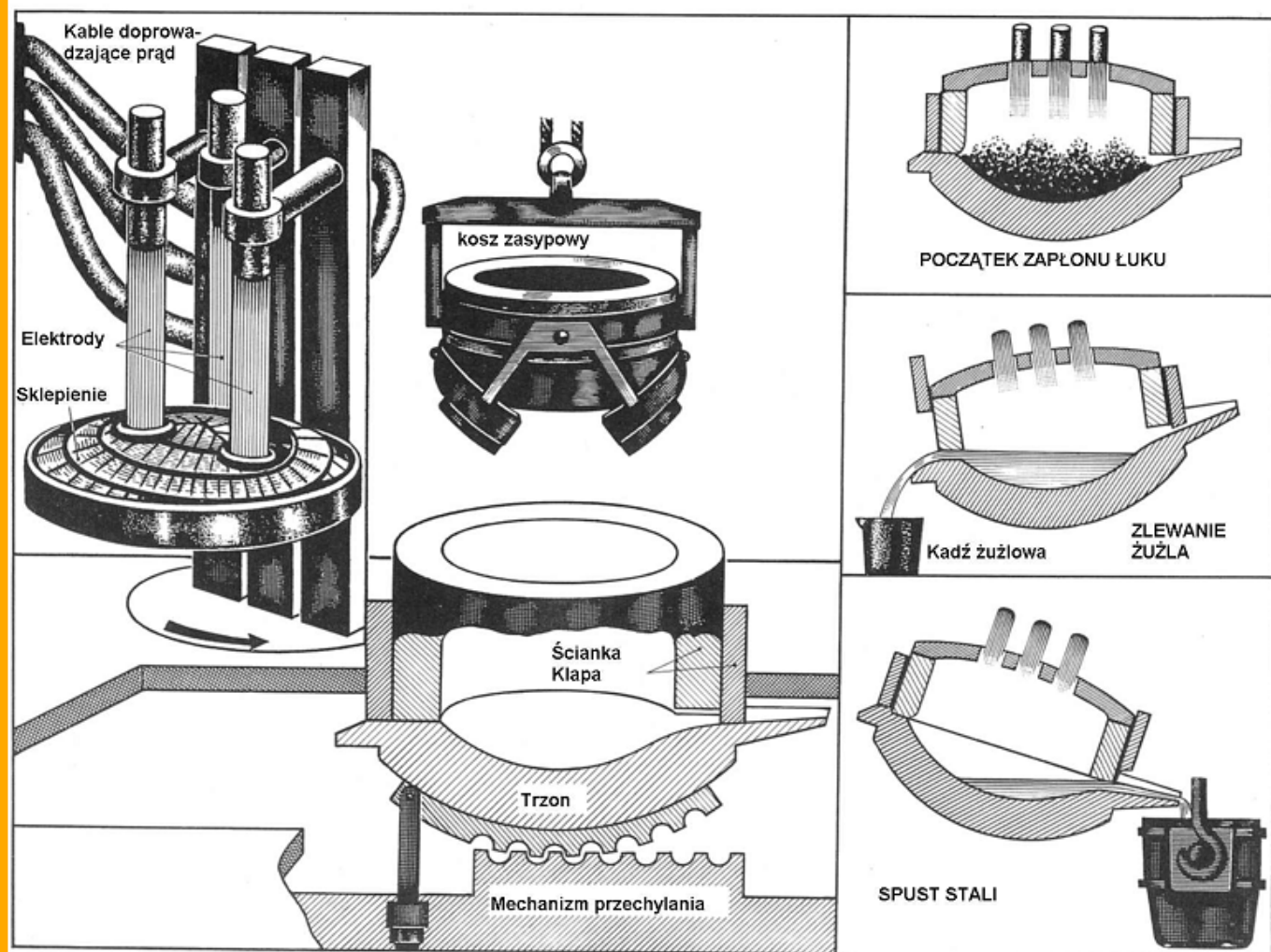
- roztopienie wsadu i nagrzanie go do założonej temperatury.
Oprócz złomu stalowego wykorzystuje się:
- topniki jako materiały żużlotwórcze (przede wszystkim wapno palone i dolomitowe)
- spieniacze żużła
- dodatki stopowe (żelazostopy)
- nawęglacze (węgiel, złom elektrod węglowych, koks)
- odtleniacze (głównie aluminium)

Przetapianie w piecu łukowym

- Łukowy piec elektryczny jest urządzeniem, w którym zamiana energii elektrycznej w ciepłą odbywa się w łuku elektrycznym.
- Nagrzewanie materiałów można przeprowadzić:
 - bezpośrednio – jeżeli łuk płonie między elektrodami nagrzewanym materiałem -
 - pośrednio, jeśli łuk płonie między elektrodami i promieniuje na nagrzewany materiał.
- Znaczenie przemysłowe ma nagrzewanie bezpośrednie

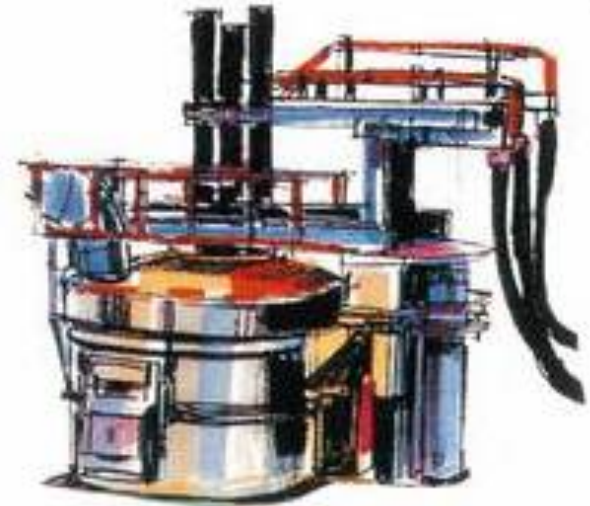


Przetapianie w piecu łukowym

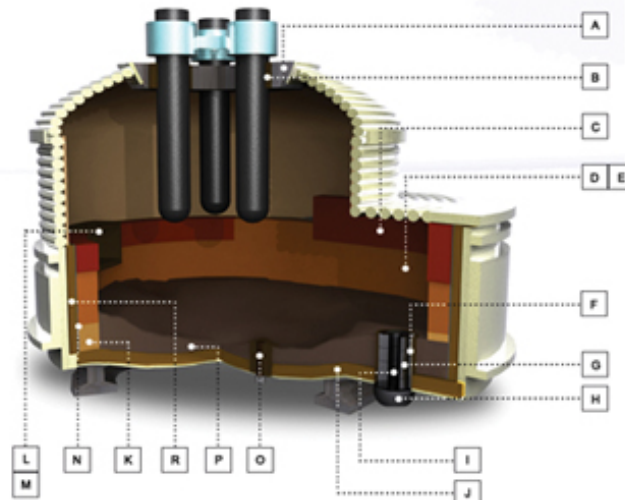


Budowa pieca łukowego

- Układ posadowienia pieca.
- Pancierz
- Trzon.
- Ściany boczne.
- Sklepienie.
- Tor wielkoprądowy.
- Kolumny nośne z ramionami elektrod.
- Elektrody



Przetapianie w piecu łukowym



- A Sklepienie (roof)
- B Strefa przyelektrodowa sklepienia (electrode ring)
- C Ściany powyżej strefy żuźla i pozostałe strefy (wall over slag line and other zones)
- D Strefa gorąca i żuźla (hot and slag zone)
- E Masa do torkretowania (gunning mix)
- F Masa uszczelniająca do otworów spustowych (sealing mix for the taphole)
- G Górne kształtki otworu spustowego (taphole rings)
- H Kształtka końcowa otworu spustowego (taphole end brick)
- I Zasyпка do otworu spustowego (backfill for the taphole)
- J Warstwa ochronna dna (bottom safety lining)
- K Strefa kąpieli (metal zone)
- L Okno wsadowe (charging door)
- M Naprawa okna wsadowego (charging door repair)
- N Zasyпка uszczelniająca (filling mixes)
- O Kształtka dolnego dmuchu (bottom blow shape)
- P Trzon (hearth)
- R Warstwa ochronna (safety lining)

OTWÓR SPUSTOWY
TAPHOLE



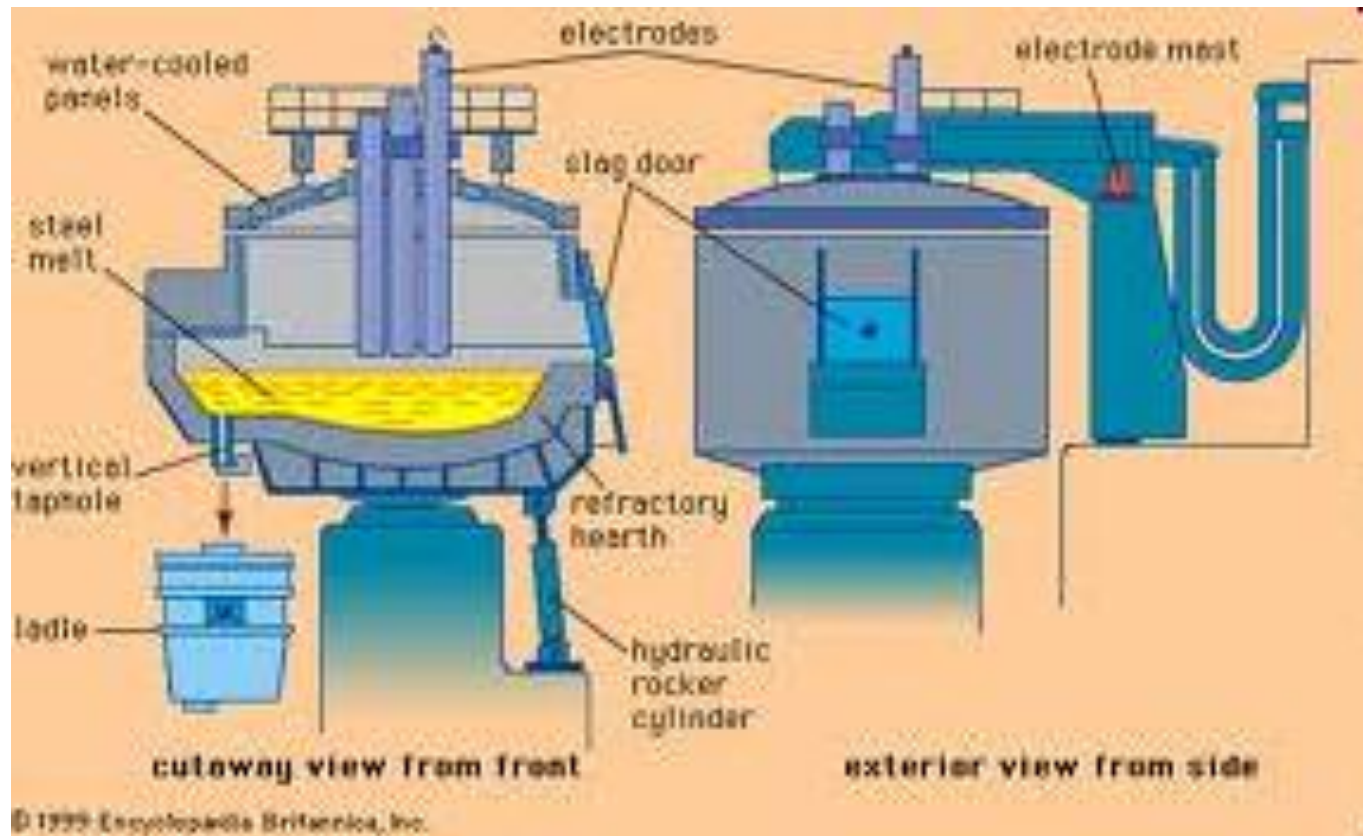
SKLEPIENIE MONOLITYCZNE
MONOLITIC ELEMENT FOR ROOFS



KSZTAŁTKA DOLNEGO DMUCHU
BOTTOM BLOW SHAPE



Budowa pieca łukowego



Jak działa piec łukowy ?

- Nagrzewanie łukowe to nagrzewanie elektryczne oparte na efekcie Joule'a w gazach dopływających swobodnie do przestrzeni wyładowczej.
- Łukiem elektrycznym nazywa się wyładowanie powodowane termoemisją, emisją pod wpływem pola elektrycznego, a także wyładowanie, podczas którego wymienione rodzaje emisji występują równocześnie.
- Wyładowanie łukowe wielkopiędowe inicjowane jest najczęściej w wyniku zwarcia elektrod. Tego rodzaju zwarcie nosi nazwę eksploatacyjnego. Łuk jest więc w pierwszym rzędzie źródłem ciepła, lecz także źródłem promieniowania świetlnego i akustycznego.
- Przedstawia on sobą plazmę o równomiernej koncentracji elektronów i jonów dodatnich. Moce łuków wielkopiędowych sięgają wartości 100 MW, ich temperatury są zależne głównie od składników atmosfery o najniższych potencjałach jonizacji, a ponadto od natężenia prądu, średnicy kolumny łukowej, warunków odpływu ciepła oraz od ciśnienia, które przyjmuje wartości od atmosferycznego do 0,5 Pa (w łukowych piecach próżniowych). W piecach łukowych do produkcji stali (stalowniczych piecach łukowych) pracujących przy ciśnieniu atmosferycznym, temperatura kolumny łuku jest rzędu 8000 K.

Obróbka pozapiecowa

W procesach rafinacji pozapiecowej stali nadaje się cech jakościowych poprzez:

- Uzupelnienie składu chemicznego,
- Oczyszczenie z wtrąceń niemetalicznych,
- Regulacja temperatury stali,
- Odtlenienie stali,
- Odsiarczanie stali,
- Obniżenie zawartości gazów /wodoru i azotu/ w stali.

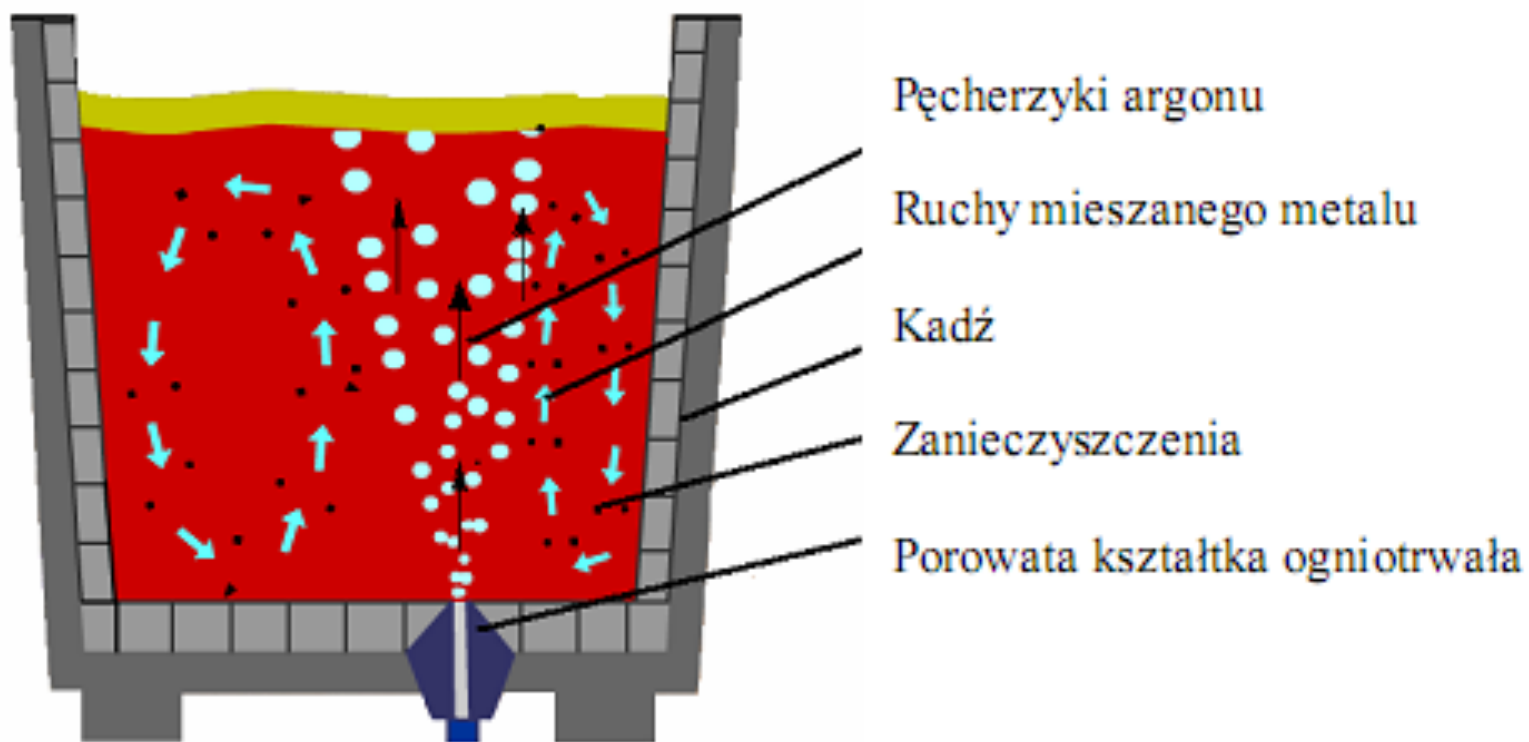
Obróbka pozapiecowa

- Obróbka pozapiecowa realizowana jest na specjalnych stanowiskach do obróbki ciekłej stali w kadzi, wykorzystując zazwyczaj system grzania łukiem elektrycznym, co umożliwia prowadzenie procesów rafinacyjnych, dodawanie dodatków stopowych w lepszych warunkach niż w piecu, przyczyniając się do wzrostu uzysku wprowadzanych pierwiastków.

Obórbka pozapiecowa

- procesy konwertorowe,
- rafinowanie ciekłej stali w kadzi z wykorzystaniem argonu lub poprzez indukcję,
- LF – piec kadziowy,
- VAD – Vacuum Arc Degasing,
- VD – zbiornik próżniowy,
- VOD – Vacuum Oxygen Decarbrisation,
- Procesy oparte na cyrkulacji stali.

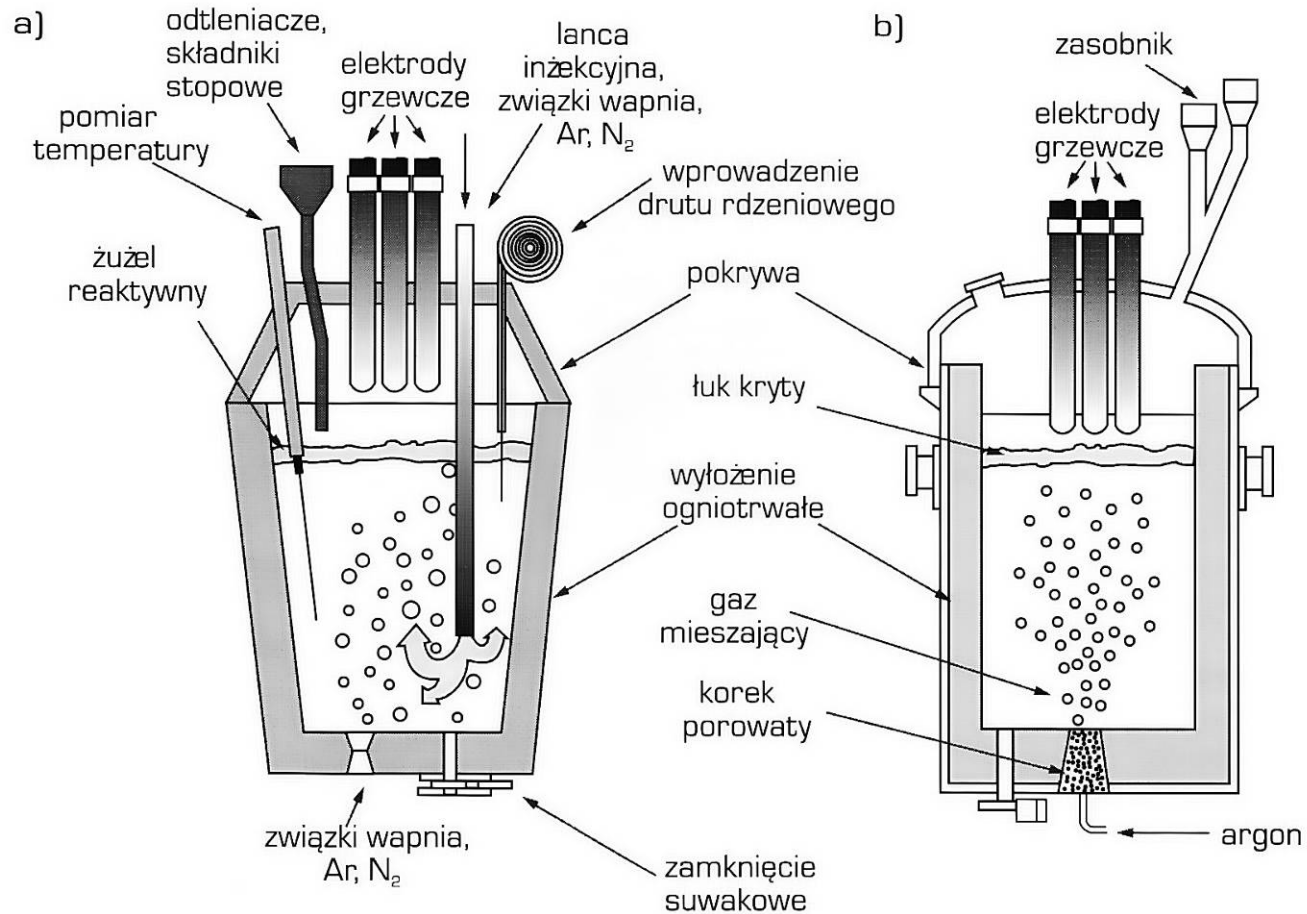
Argonowanie



Metoda LF

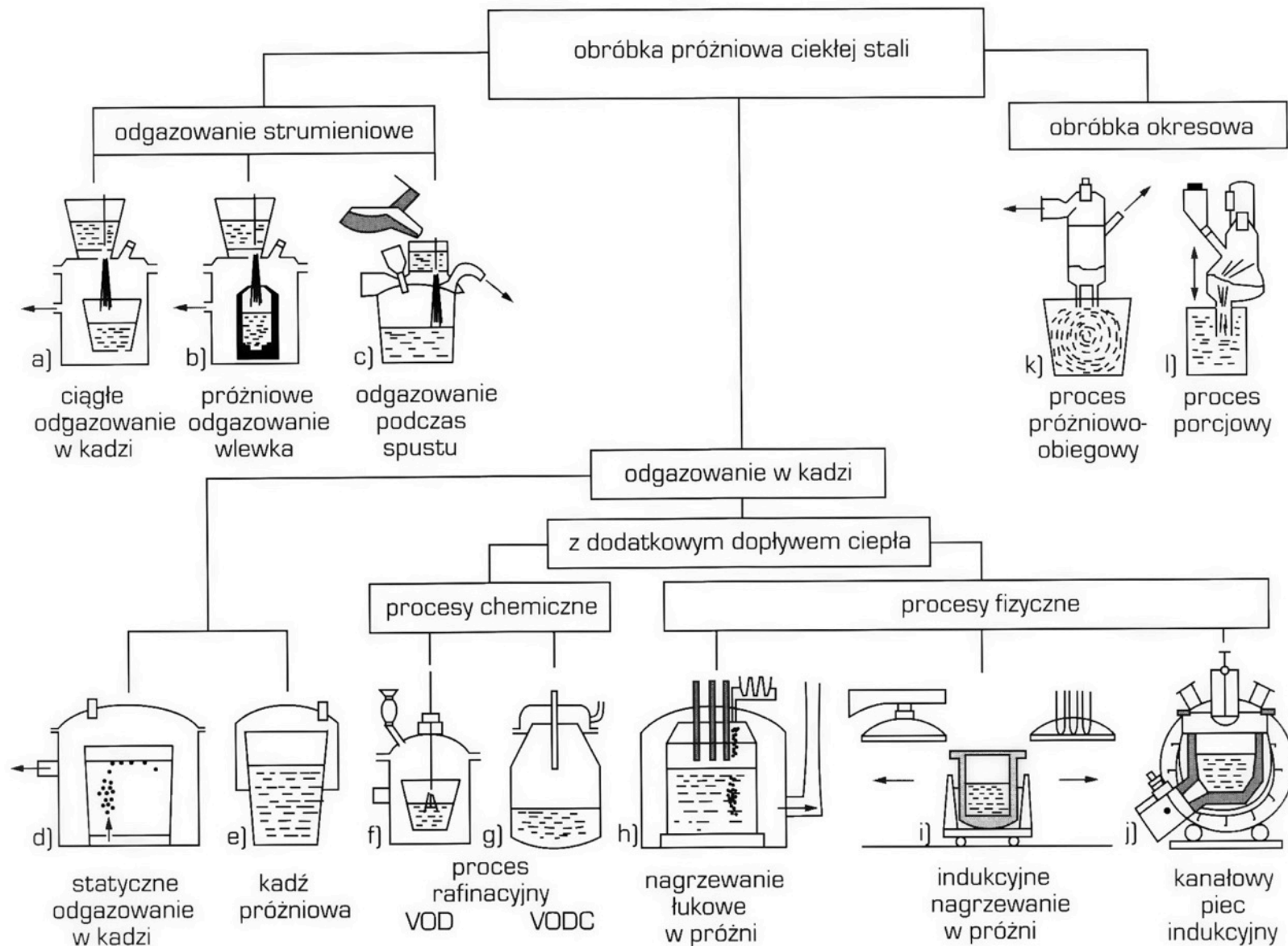
- **Piec kadziowy przypomina piec łukowy.** Składa się z kadzi ustawionej na specjalnym wozie, pokrywy (sklepienia) z elektrodami, automatycznego systemu dozowania dodatków stopowych i zwykle maszyny do wprowadzania drutów rdzeniowych.
- Łuk elektryczny służy do podgrzewania ciekłej stali i dlatego nie są konieczne tak duże moce prądu jak w elektrycznych piecach łukowych.
- Podgrzewanie jest wymagane jest to w celu realizacji procesu nagrzewania stali, uzyskania jednorodnej temperatury i składu chemicznego metalu w całej objętości kadzi, realizacji obróbki kąpielii żużlem rafinacyjnym i umożliwienia wprowadzania dodatków stopowych na powierzchnię stali wolną od żużla, co zwiększa ich uzysk.

Budowa piecokadzi LF

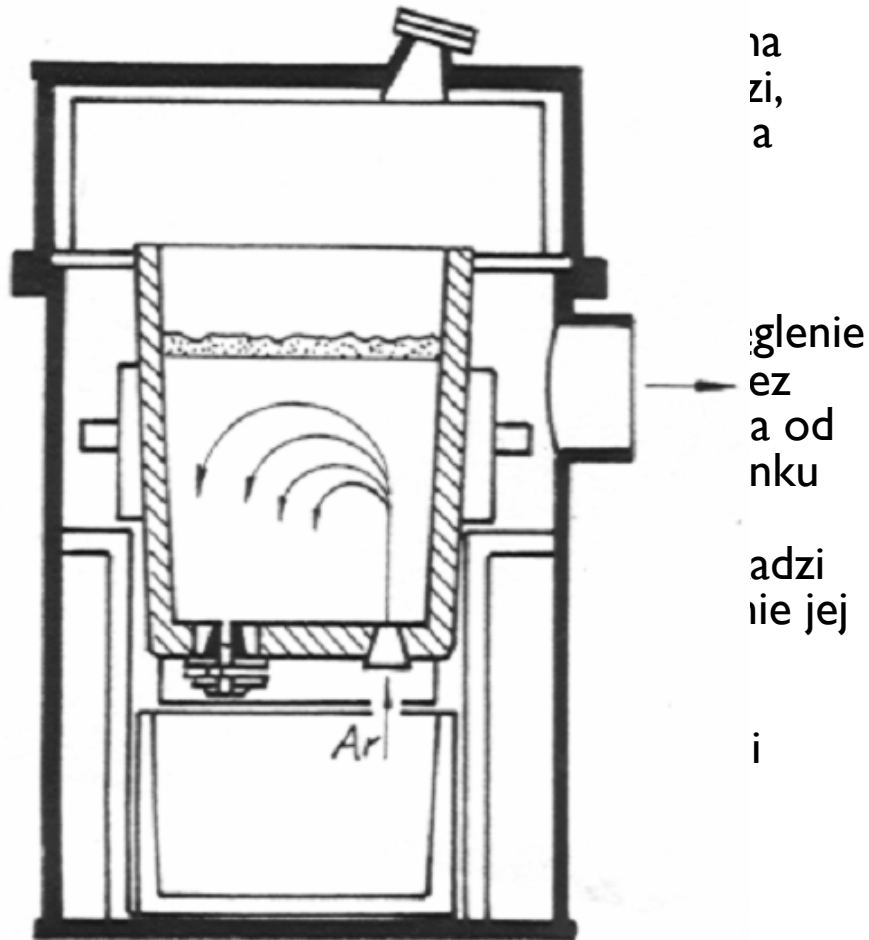


Metody obróbki ciekłej stali w próżni

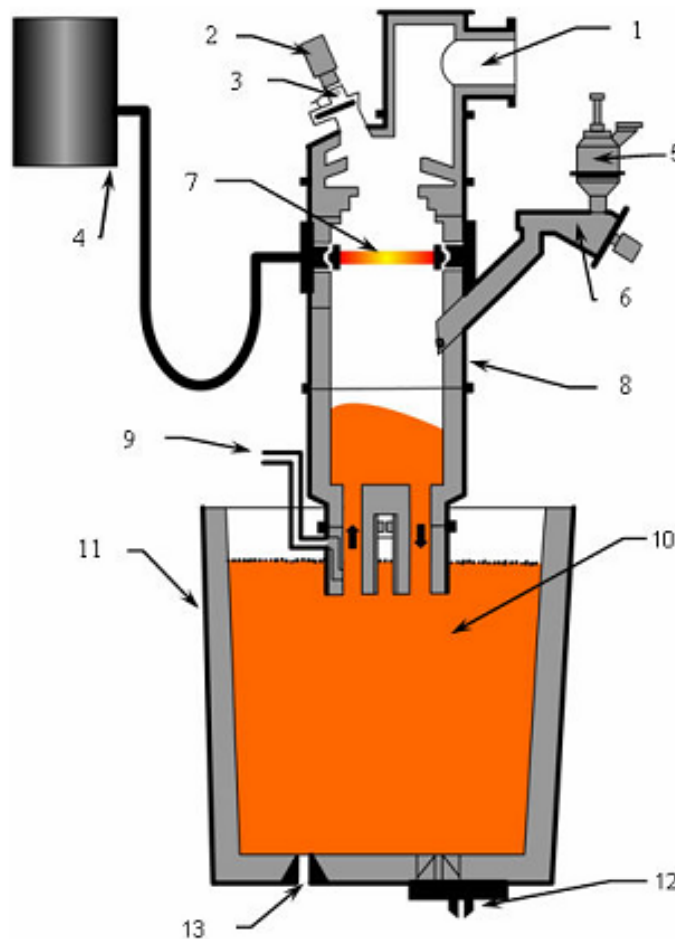
- poddawanie działaniu próżni masy ciekłej stali w kadzi odlewniczej umieszczonej w komorze próżniowej,
- poddawanie działaniu próżni strumienia ciekłej stali przepuszczonego przez naczynie próżniowe,
- poddawanie działaniu próżni małych porcji ciekłej stali pobieranych z kadzi i oddawanych z powrotem do niej.



Metoda VD



Metoda RH



1. przewód próżniowy
2. kamera telewizyjna
3. wziernik
4. transformator
5. zasobnik próżniowy
6. taśmociąg
7. grzejnik grafitowy
8. komora próżniowa
9. doprowadzenie argonu
10. ciekła stal
11. kadź
12. zawór spustowy
13. doprowadzenie argonu w dnie kadzi

Metoda RH

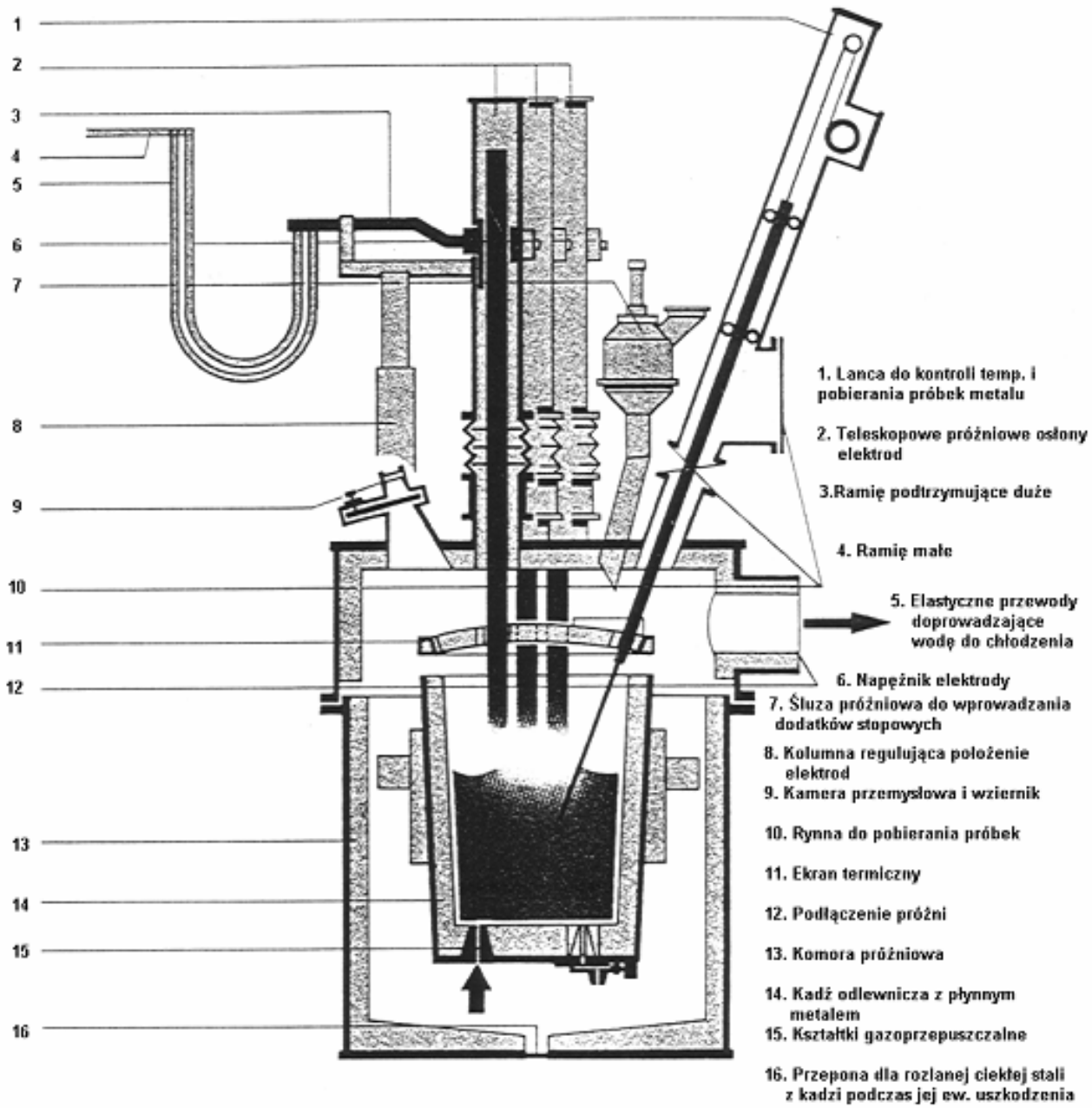
- Każdą ze stali po ustawieniu jej na urządzeniu podnośnikowym podnoszona jest do góry, aż do zanurzenia się króćców w stali na głębokość około 300 mm.
- Przez dyszę pod ciśnieniem podaje się argon, który wtłacza do komory stal znajdującą się w króćcu i jednocześnie iniekcyjnie zasysa stal z kadzi do króćca. Przez dobranie ciśnienia argonu i jego natężenia przepływu reguluje się szybkość przepływu stali przez komorę próżniową.
- Stal po wpłynięciu do komory intensywnie odgazowuje się w następstwie dyfuzyjnego wydzielania się gazów do objętości komory oraz przepływających przez nią pęcherzy argonu.
- Na powierzchni tych pęcherzy możliwy jest także przebieg reakcji odtleniania stali węglem.
- Pod koniec odgazowania do komory próżniowej dodawane są dodatki stopowe i odtleniacze.
- Po dodaniu tych materiałów wymuszony obieg utrzymuje się przez 2-4 minuty dla ujednorodnienia składu stali, każdą opuszcza się na dół, resztki stali spływają z komory do kadzi, którą następnie transportuje się do miejsca odlewania.

Metoda VAD

- Polega na kompleksowej rafinacji stali w kadzi z podgrzewaniem i odgazowaniem próżniowym.
- Kadź umieszczona jest w komorze próżniowej wyposażonej w urządzenia próżniowe oraz nagrzewanie łukowe.
- Ciekła stal przepłukiwana jest argonem przez kształtkę w dnie kadzi.

Etapy procesu VAD

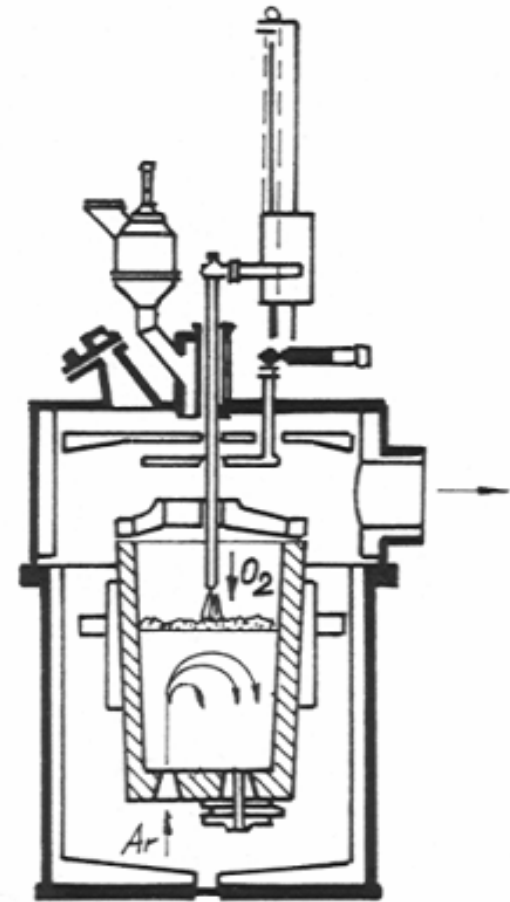
- nagrzewanie,
- odgazowanie,
- odtlenianie,
- odsiarczanie,
- regulacja składu chemicznego,
- Parametry próżni - poniżej I Tora



V
A
D

Proces VOD

- Polega na świeżeniu w próżni poprzez wdmuchiwanie tlenu z góry lancą z równoczesnym przepłukiwaniem stali argonem przez kształtkę w dnie kadzi

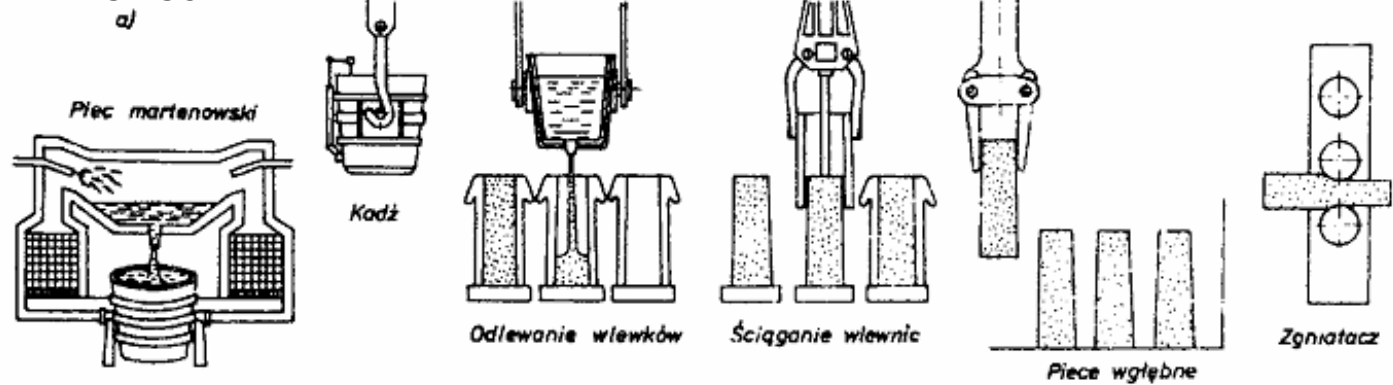


Metody odlewania stali

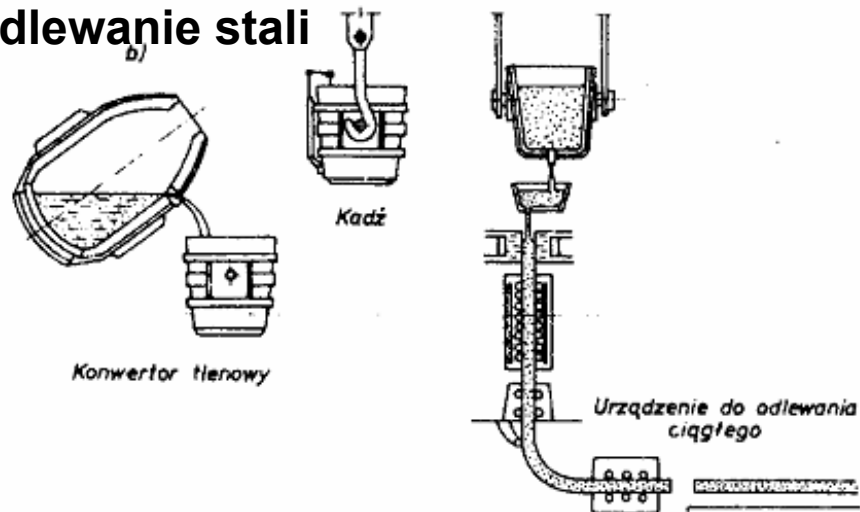
1. Odlewanie stali do wlewnic /nazywane odlewaniem tradycyjnym lub konwencjonalnym/, które może być:
 - Z góry.
 - Syfonowe.
2. Ciągłe odlewanie stali.

Odlewanie stali

Metoda tradycyjna

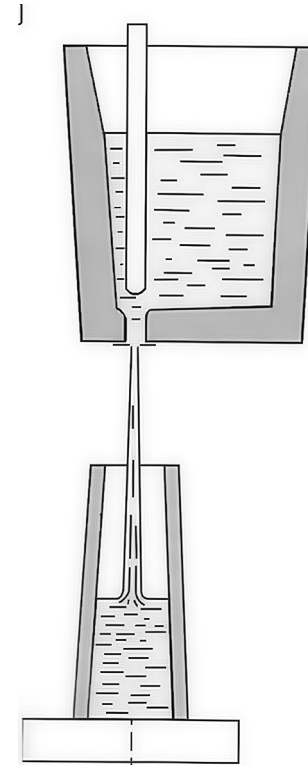


Ciągłe odlewanie stali

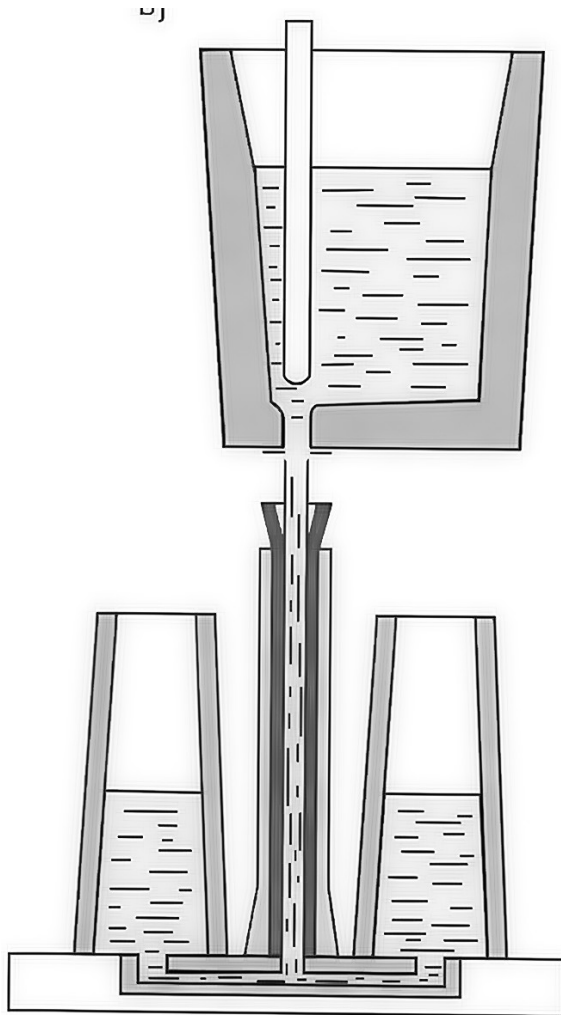


Odlewanie do wlewnic

- **Odlewanie stali do wlewnic z góry.**
- Polega na bezpośrednim napełnianiu wlewnic stalą wypływającą z kadzi stalowniczej otworem wylewowym, umieszczonym w dnie. Zamykanie i otwieranie otworu wylewowego oraz regulacja szybkości odlewania może być za pomocą zatyczki lub zamknięcia suwakowego

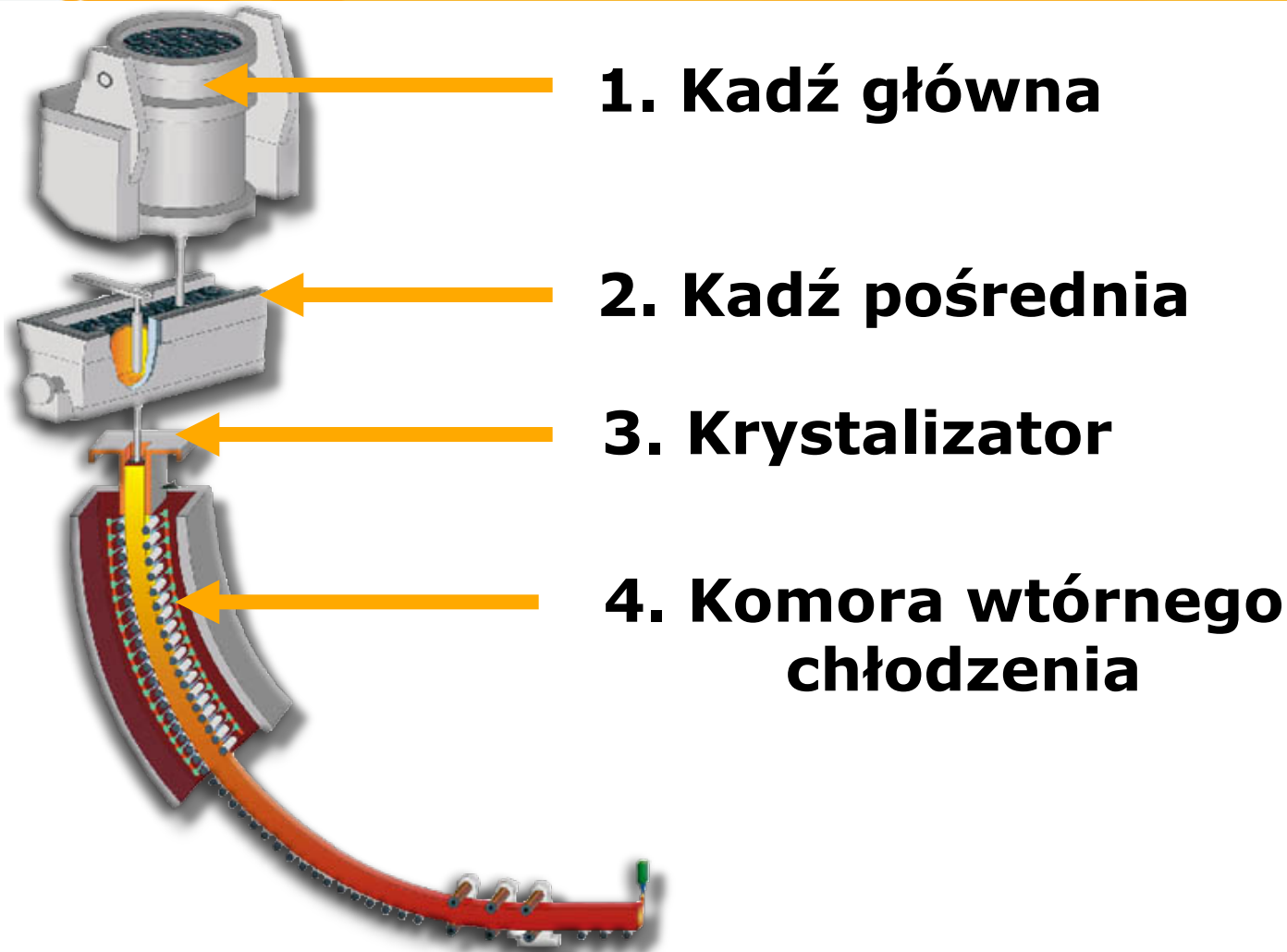


Odlewanie do wlewnic



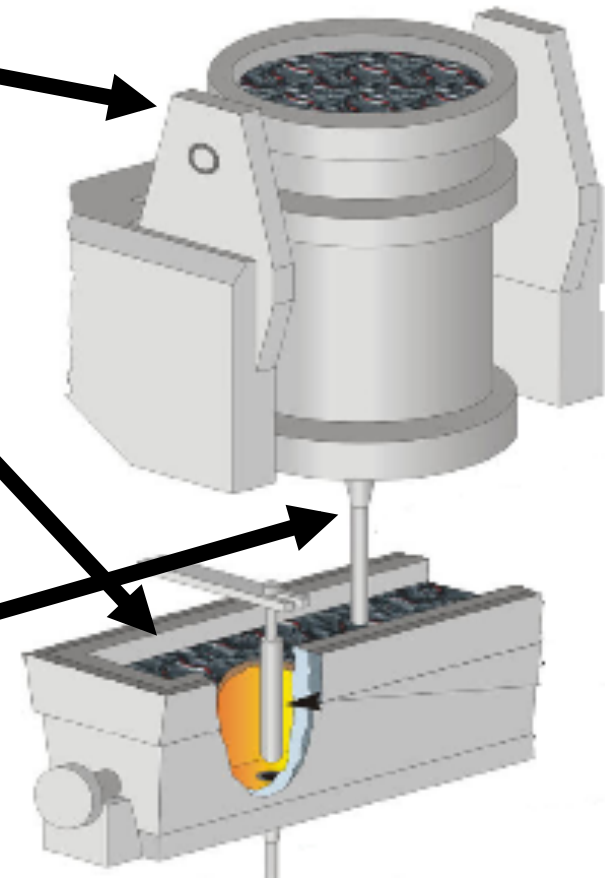
- Odlewanie syfonowe polega na równoczesnym napełnianiu wlewnic ciekłą stalą od dołu za pomocą układu kanałów. Wykorzystuje się tu zasadę naczyń połączonych.

Ciągłe odlewanie stali



Ciągłe odlewanie stali

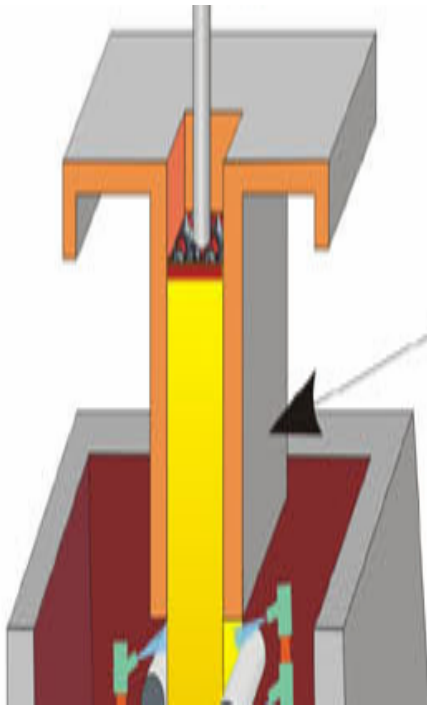
- Ciekła stal z **kadzi lejniczej** zasila **kadz pośrednią**.
- W celu ograniczenia kontaktu strumienia ciekłej stali z powietrzem pomiędzy kadzią lejniczą a kadzią pośrednią mogą być stosowane **rury osłonowe** lub osłona gazem



Po co nam każdą pośrednią ?

- Zapewnienie ciągłości dostarczania ciekłej stali do krystalizatora /przy odlewaniu sekwencyjnym/.
- Równomierne dostarczanie stali do krystalizatorów.
- Zapewnienie stałej szybkości odlewania oraz możliwość jej regulacji.
- Zmniejszenie ciśnienia ferrostatycznego ciekłej stali a przez to zmniejszenie turbulencji ruchu stali w krystalizatorze.

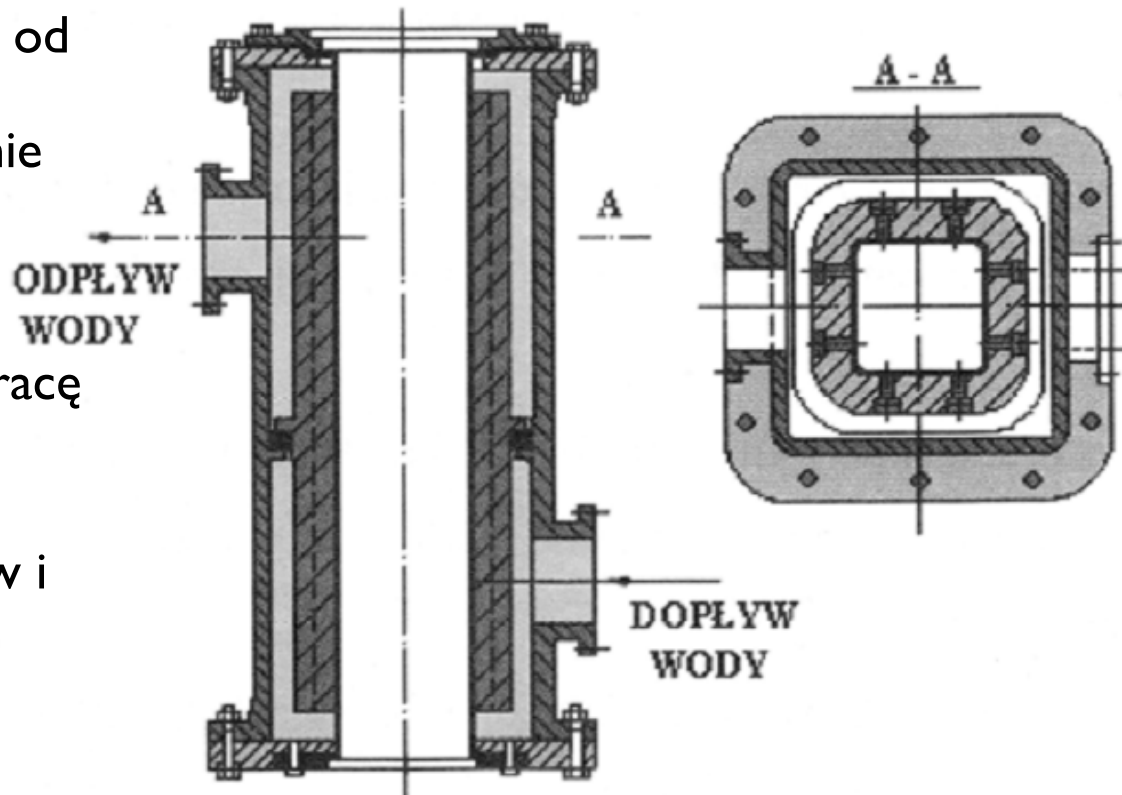
Ciągłe odlewanie stali



- W krystalizatorze stal zaczyna krzepnąć, tworząc stały naskórek
- Rdzeń pasma zostaje ciekły.
- Aby zapobiec przywieraniu stałego naskórka do powierzchni ścian krystalizatora, stosuje się dodatki zasyпки smarującej (lub oleju) oraz ruch oscylacyjny krystalizatora.

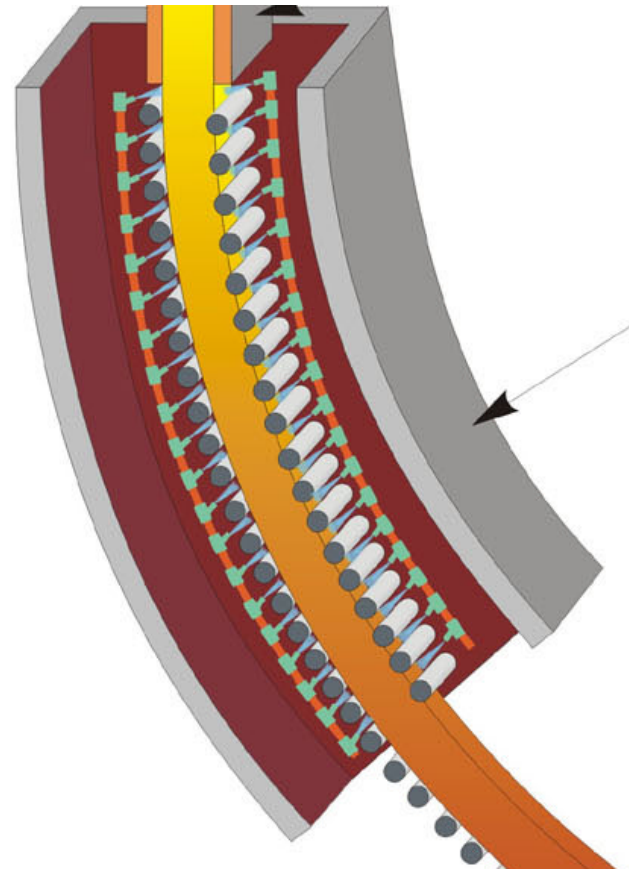
Zadania krystalizatora

- Intensywne odprowadzenie ciepła od krzepnącej stali, zapewniające powstanie odpowiednio grubej i wytrzymałej warstwy, która gwarantować będzie bezawaryjną pracę urządzenia.
- Nadawanie wlewkowi wymaganych kształtów i wymiarów.
- Kształtowanie stałej zewnętrznej warstwy wolnej od wad powierzchniowych.



Ciągłe odlewanie stali

- Potem pasmo jest wyciągane z krystalizatora i chłodzone natryskiwana wodą we wtórnej strefie chłodzenia.
- Długość strefy od 5 do -20 metrów.

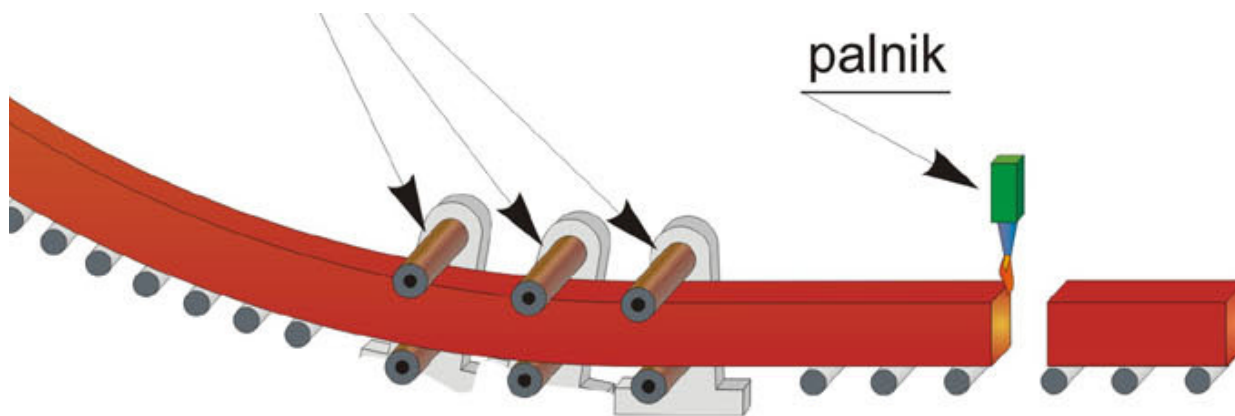


Ciągłe odlewanie stali

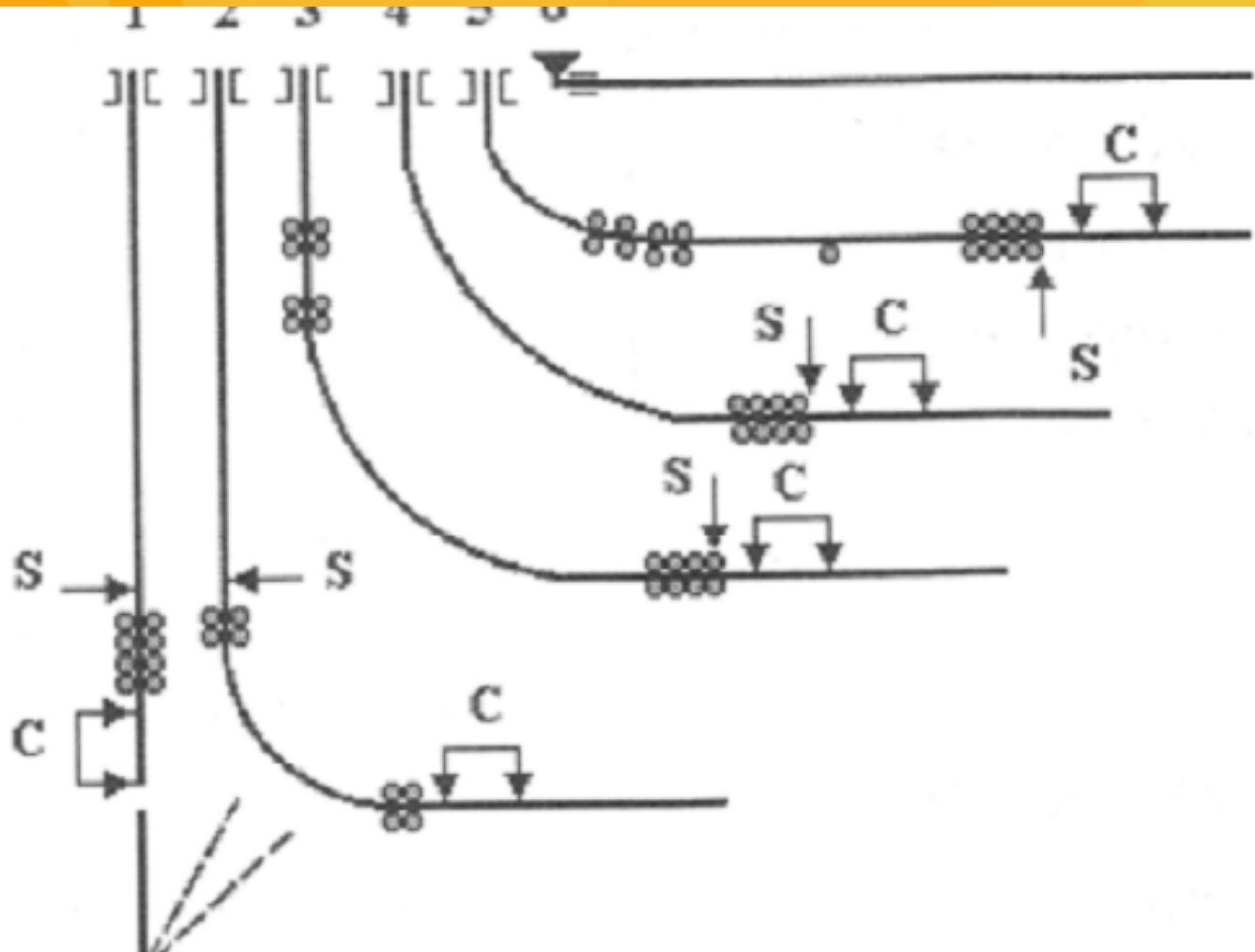
- Konstrukcje wtórnej strefy chłodzenia:
- **pionowa** - nie ma problemów z zaginaniem ciekłego metalu, pęknięciami, ale duża wysokość urządzenia.
- **zaginana na dole** - mniejsza wysokość, ale możliwość pęknięć.
- **łukowa** - najpowszechniejsza metoda, mała wysokość, zaginanie następuje jak metal jest jeszcze w stanie ciekłym co zapobiega pękaniu.

Ciągłe odlewanie stali

- Po przejściu przez rolki ciągnące i prostujące pasmo trafia na samotok
- Całkowicie skrzepnięte pasma są cięte za pomocą palników tlenowo-gazowych o określonej długości.



Ciągłe odlewanie stali - rozwój



Proces elektrometalurgiczny

HSW Stalowa Wola

- Widok na halę



Proces elektrometalurgiczny

HSW Stalowa Wola

- Łukowy piec elektryczny



Proces elektrometalurgiczny

HSW Stalowa Wola

- Kadź na linii ciągłego odlewania stali



Proces elektrometalurgiczny

HSW Stalowa Wola

- Linia ciągłego odlewania stali



Proces elektrometalurgiczny HSW Stalowa Wola

- Cięcie wlewków COS



Proces elektrometalurgiczny

HSW Stalowa Wola

- Piec do nagrzewania blach



Proces elektrometalurgiczny

HSW Stalowa Wola

- Walcarka blach



Proces elektrometalurgiczny

HSW Stalowa Wola

- Wypalarka blach



Proces elektrometalurgiczny

HSW Stalowa Wola

- Obcinanie krawędzi blach



Proces elektrometalurgiczny

HSW Stalowa Wola

- **Walcowanie prętów**



Proces elektrometalurgiczny

HSW Stalowa Wola

- Zbijanie zgorzliny

