

Предавање број 7

Металургија гвожђа и челика

Добијање сировог гвожђа, челика и
ливеног гвожђа

Садржај

- Сировине у процесу добијања гвожђа
- Производња сировог гвожђа
- Прерада сировог гвожђа
- Припрема сировина за производњу челика
- Процеси производње челика
- Прерада челика

Железне легуре

- **Дефиниција:** Металне легуре на бази железа укључујући челик и ливена гвожђа.

Основни хемијски елемент железо.

Широк опсег механичких, физичких и хемијских својстава.

Примена: аутомобилска индустрија; бродоградња,

за израду свих врста челичних конструкција, у мостоградњи, зупчаници, вратила, осовине, завртњи, опруге, за израду железничких шина.

Широка примена заснива се на три чињенице:

- (1) Руде железа налазе у великим количинама у Земљиној кори;
- (2) Железо и легуре железа (челик и ливено гвожђе) производе се релативно јефтини технолошким процесима, (екстракција руде, пречишћавање, легирање и производне технологије)
- (3) Железне руде покривају широк опсег механичких и физичких својстава.

Основни појмови

- **Челик** — легура жезеза, угљеника, пратећих и легирајућих елемената
- **Сирово жезезо**- жезезо из високе пећи које још није даље обрађено
- **Висока пећ**- почетак производње челика при температури од 1600°C додавањем руде жезеза, кокса и кречњака
- **Прочишћавање** – поступак који се обрађује сирово жезезо да постане сирови челик, сагорењем се угљеник и пратећи елементи уклањају или редукују
- **Дезоксидација**- поступак којим се у сировом челику након проочишћавања смањује присутност кисеоника
- **Челични лив**- течни метал који се добива ливењем, а не подвргава се даљим прерадама.

Металургија гвожђа

Металургија гвожђа: добијање сировог гвожђа и челика

- Сировине за добивање сировог гвожђа састоји се из:(а) руде железа, (б) кречњака, (ц) кокса
- У високој пећи обавља се редукција железног оксида Fe_2O_3 са угљеником према:
- $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{CO} \rightarrow 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2$
- Сирово гвожђе из високе пећи даље се прерађује у челик.

Сировине у процесу добијања сировог гвожђа

- Задатак металургије је био проналажење сировина за добијање метала.
- Данас је то задатак који припада геологији и рударству.
- Елементарно железо налази се у природи веома ретко, у ситним зрнцима код неких стена, као метеорско. У човечјем организму има 3гг железа, од тога 75% у хемоглобину.
- У индустријске сврхе сирово гвожђе се добија из оксидних, хидроксидних и карбонатних руда гвожђа:
- Магнетита (Fe_3O_4) са око 65-75% Fe
- Хематита (Fe_2O_3) са око 30-50% Fe
- Лимонита ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) са око 60% Fe
- Сидерита FeCO_3 са око 45-50% Fe

Сировине у процесу добијања сировога гвожђа

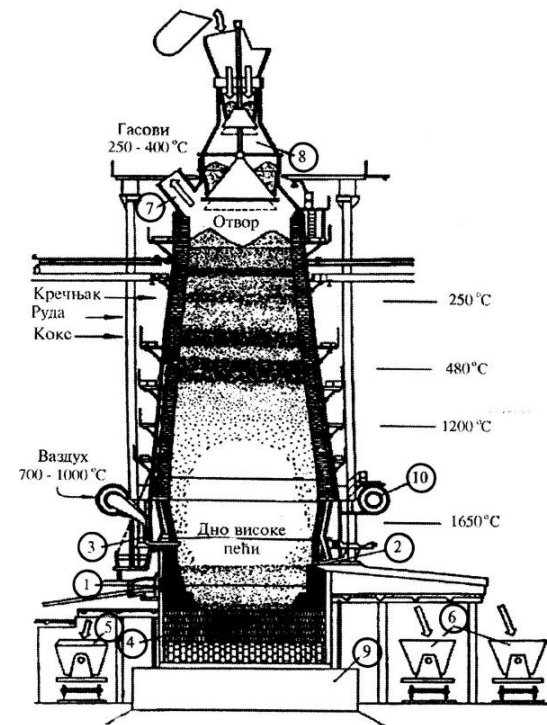
Основне сировине за рад високе пећи:

Руде жезела (магнетит, хематит, сидерит и лимонит)

Топитељи су чврсти додаци који при топљењу руде тешко топљиве састојке из јаловине преводe у лако топиве-троску.

Базни топитељи, најчешће кречњак (CaCO_3) или *Кисели*, SiO_2 , који се користи у облику кварца, шљунка или песка.

Гориво (високопећни кокс) има задатак да обезбеди потребну количину топлоте за одвијање процеса у високој пећи и неопходну количину угљеника који омогућава редукцију руде- (дезоксидација).



Legenda:

- | | |
|-------------------------------|-----------------------|
| 1. Odvod za ispuštanje gvožđa | 6. Odvoz šljake |
| 2. Otvor za ispuštanje šljake | 7. Odvod gasova |
| 3. Duvnice | 8. Uređaj za punjenje |
| 4. Vatrostalne opeke | 9. Temelj |
| 5. Odvoz gvožđa | 10. Dovod vazduha |

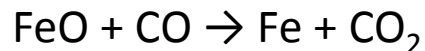
Шематски приказ високе пећи

Производња сировог гвожђа

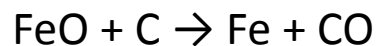
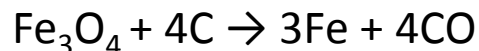
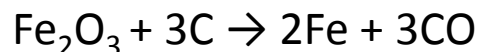
Хемијски процеси у високој пећи обухватају:

- А) Индиректну и
- Б) Директну редукцију руде
- Ц) Наугљеничење течног гвожђа

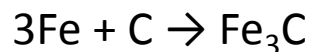
Индиректна редукција се поступно одвија у температурном интервалу **480-1200°C** помоћу угљенмоноксида(CO)¹, према следећим реакцијама:



Директна редукција се одвија у температурном интервалу **1000-1200 °C** уз помоћ угљеника(C), према следећим реакцијама:



Наугљеничење се одвија помоћу угљеника у области високих температура, где је афинитет железа према угљенику довољно висок, према следећим реакцијама:



Производња сировог гвожђа

Производи високе пећи су: растопљено гвожђе, течна троска и високо пећни гас. Они нису финални производи, већ се користе као сировине за даљу прераду.

У зависности од хемијског састава и брзине очвршћавања растопљено гвожђе служи као сировина за прераду у челик или ливена гвожђа.

Производ високе пећи, звано сирово гвожђе садржи: 4-5%С, 1,5%Si, 1,0%Mn, 0,6%P, 0,1%S и остало Fe.

Хемијски састав гвожђа за прераду у челик је: 2,5-4% С, 0,9-1,4% Si, 0,5-1,5% Mn, до 0,25% P и до 0,12% S, а хемијски састав сивог ливеног гвожђа је: 3,6-3,8% С, 1,25-3,75% Si, 0,7-1,1% Mn, 0,3-0,7% P и 0,04-0,06% S.

Троска после очвршћавања може да се прерађује и користи у грађевинарству. Високопећни гас који при изласку из пећи има температуру 250-400°C, служи за загревање мањих пећи у ливницама.

Прерада сировог гвожђа

При спором хлађењу течног сировог гвожђа и уз додатак силицијума, угљеник се појављује у виду равномерно распоређеног графита у металу који се зове **сиво сирово гвожђе**.

Примена користи се за израду одливака у ливницама гвожђа.

При брзом хлађењу, и уз нижи садржај силицијума а већи мангана добија се **бело сирово гвожђе** намењено за прераду у челик.

Највећи део сировог гвожђа из високе пећи, на годишњем нивоу око 90%, прерађује се у челик а остало у ливено гвожђе.

У савременим железарама, челичана је у близини високе пећи, па се бело сирово гвожђе преноси у течном стању у пећи за производњу челика.

Производња челика

Пречишћавање сировог гвожђа из високе пећи смањивањем садржаја Угљеника, силицијума, мангана и других елемената

Растопљено сирово гвожђе прерађује се у челик на један од три начина:

1. У Сименс Мартиновим пећима (пламени поступак)
2. У Електропећима(претапањем)
3. У Бесемеровом или Томасовом конвертору

Битна разлика између Сименс-Мартеновог поступка и претапања у електро пећима, конверторског поступка огледа се у начину добијања топлоте потребне за добијања челика.

1. Спољашни извори топлоте (сагоревање гаса у сименс-мартеновом поступку)
2. Електрични лук –електропећи
3. За конверторски поступак потребна количина топлоте обезбеђује се хемијским реакцијама којим се челик пречишћава, оксидацијом помоћу кисеоника под притиском.

Производња челика

Производња челика у железарама:
производња челика пролази кроз
три основне фазе:

- » **Прва фаза- високе пећи,**
- » **Друга фаза- челичане,**
- » **Трећа фаза –ваљаонице.**

Производња челика

Прва фаза- у високој пећи убацује се железна руда, кокс и кречњак. При температури нешто већој од 1600С железо се скупља на дну пећи, док већина других материјала изађу као гасови или се издвајају у облику троске. Сирово железо се лије у калупе, а садржи 3,5 до 4% угљеника.

Друга фаза-

Обрада сировог железа врши се у челичанама, где се смањује проценат угљеника у железу испод 1%.

У међупроцесу се мора челик ослободити знатне количине кисеоника(дезоксидација) имамо неколико поступака Томасов, Сименс-Мартинов и друге.

Редукцијом угљеника у сировом железу испод 1,7% добива се челик.

Трећа фаза –Даља обрада челика врши се у ваљаоницама, где се из ингота добивају коначни ваљани профили.

Припрема сировина за производњу челика

Које сировине се користе у поступцима производње челика?

Бесемеров (кисели) поступак за прераду у челик као сировину користи сирово гвожђе са повећаним садржајем силицијума.

Томасов (базни) поступак за прераду у челик као сировину користи 30% старо отпадно гвожђе и 70% растопљено бело сирово гвожђе из високе пећи.

Припрема сировина за производњу челика

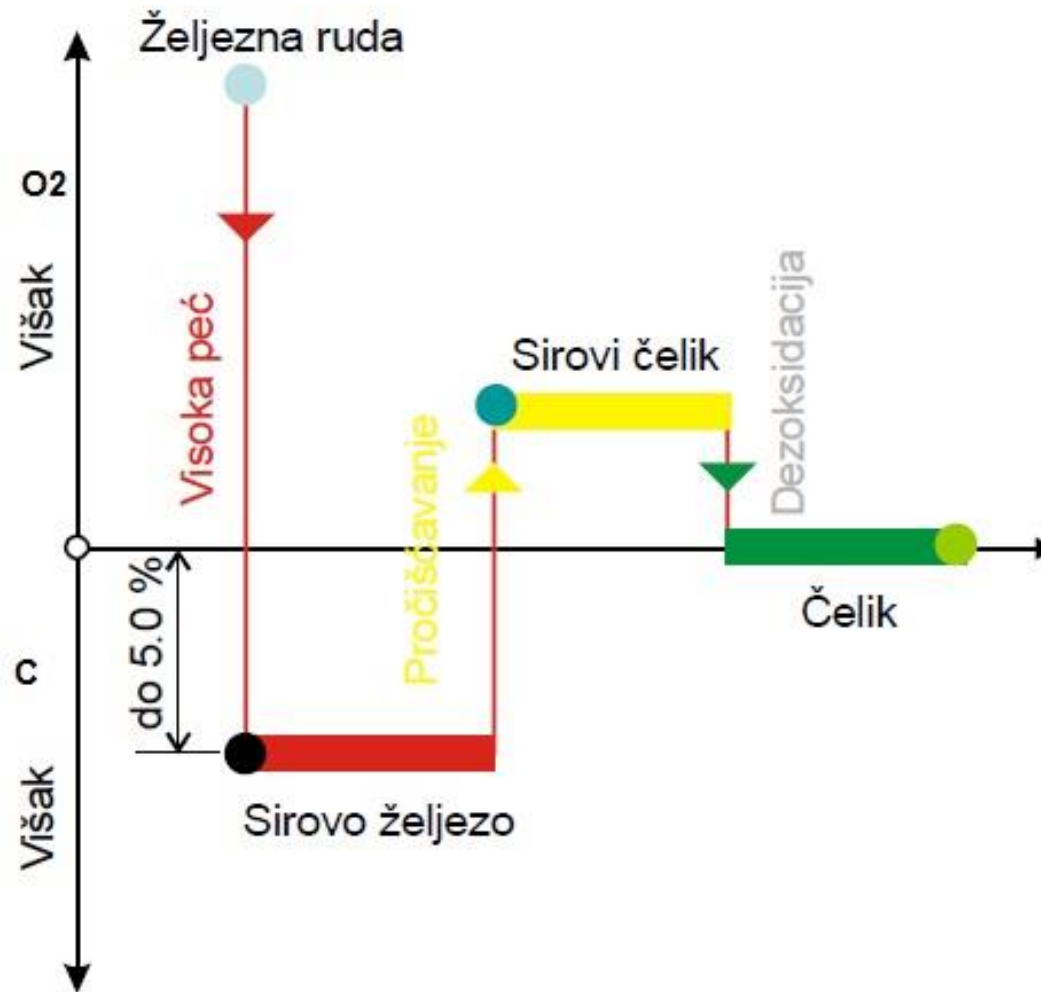
Сименс-Мартенов поступак (кисели и базни) поступак за прераду у челик као сировине користи бело сирово гвожђе помешано са старим гвожђем (однос може да буде такав да се количина сировог гвожђа мења у опсегу 50-80%).

Електро поступак за прераду у челик као сировине користи старо гвожђе са врло малим уделом примеса.

Електро пећи служе за добијање висококвалитетних челика (високолегирани, алатни, челици за матрице, челици за лежишта, нерђајући челици) чији се састав одржава у уским границама.

Важно :Процес у конвертору се одвија само са топлом шаржом, тј. течним сировим гвожђем из високе пећи. Процеси у пламеној пећи и електро пећи могу се спровести и са хладном шаржом!

Шема производње челика



Postupci proizvodnje čelika



Поступци производње челика

Три начина за добијање челика поступком оксидације:

-**Конверторски поступци** (Бесемеров, Томасов и ЛД поступак)

-потребна количина топлоте се остварује хемијским реакцијама оксидације

(**егзотермна реакција**)

-**Пламени поступак** (Сименс-мартенов поступак)- потребна количина топлоте се обезбеђује спољашним извором топлоте- **сагоревање гаса**

Поступак претапањем- потребна количина топлоте се остварује спољашним извором топлоте-**електрични лук**

Производња челика

Конвертор је посуда крушкастог облика, обложена опеком базичног или киселог састава, у којој се врши конвертовање гвожђа у челик процесом оксидације уз помоћ ваздуха, односно кисеоника.



Томасов (базни поступак)

Поступак није скуп.

Челик добијен овим поступком садржи већу количину азота до 0,03% (што повећава кртост) и фосфора до 0,1%.

Конвертор је обложен базном облогом.

Као топитељ се користи креч.

- **Tomas-ov postupak**



Кроз дно пећи се удубава ВАЗДУХ под притиском, који омогућава оксидацију угљеника што има за последицу ослобађање велике количине топлоте. Капацитет пећи је 90 тона, а време одливања око 30 мин.

- Linz-Donawitz (LD) postupak (BOS – Basic Oxygen Steelmaking)

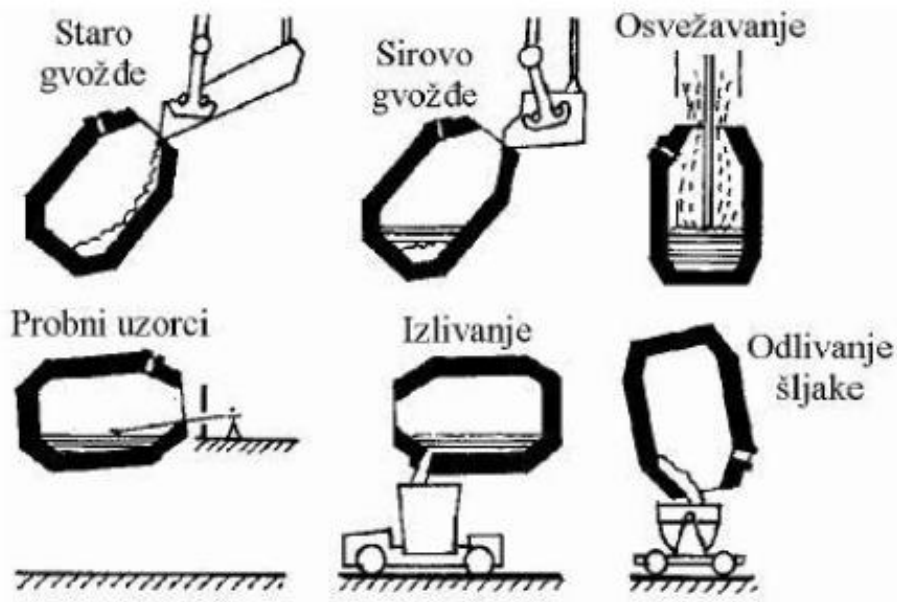
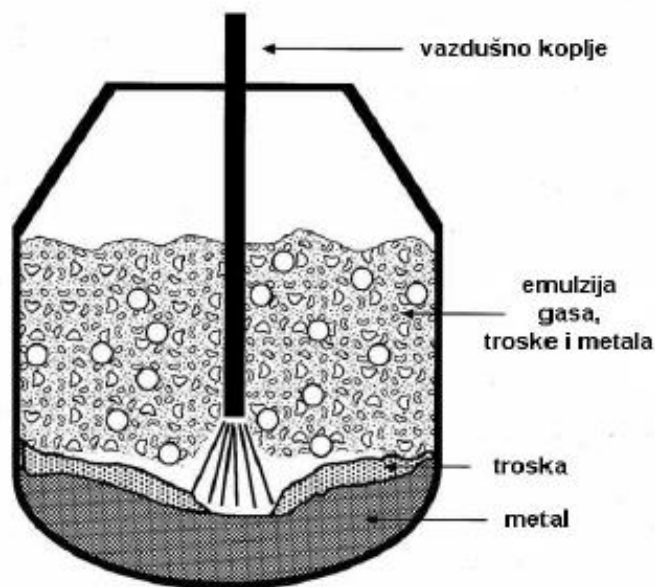
Овај поступак је скупљи у односу на Томасов, а челик је квалитетнији.

Челик добијен овим поступком садржи фосфора 0,08-0,18% и сумпора до 0,01-0,04%.

Конвертор је обложен **базичном** облогом.

Као топитељ користи се **креч**.

• Linz-Donawitz (LD) postupak

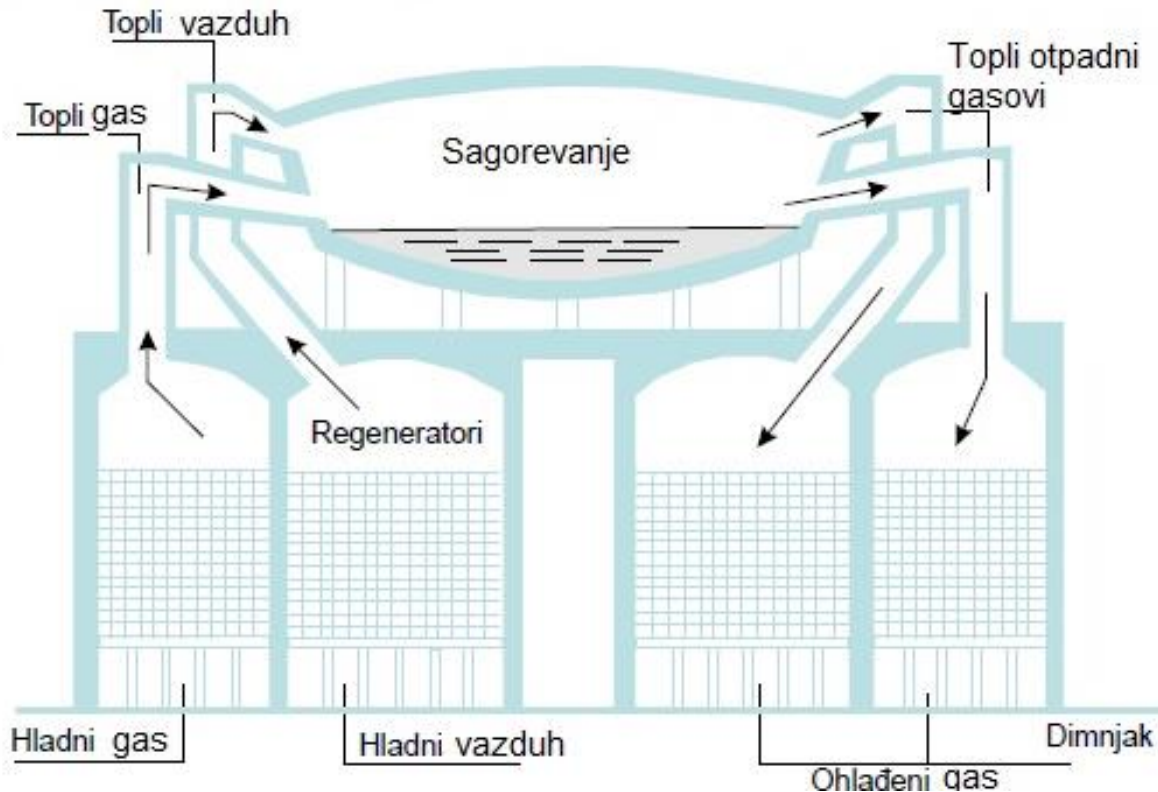


• Linz-Donawitz (LD) postupak

Postupak je takav da se umesto vazduha kroz cev uduvaва **ЧИСТ КИСЕОНИК** под притиском од 5 до 10 бара.

Капацитет пећи је 420 тона, а време одливања је 10 до 20 минута.

SIEMENS-MARTINOV POSTUPAK



Peћ sa vatrostalnom oblogom.

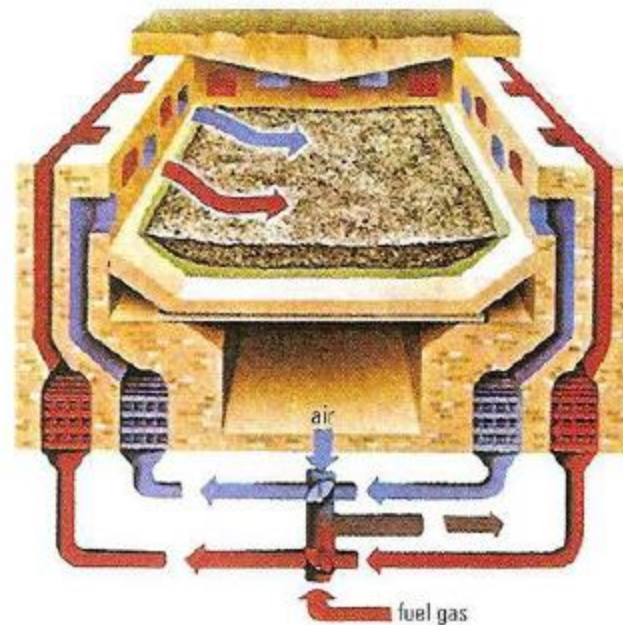
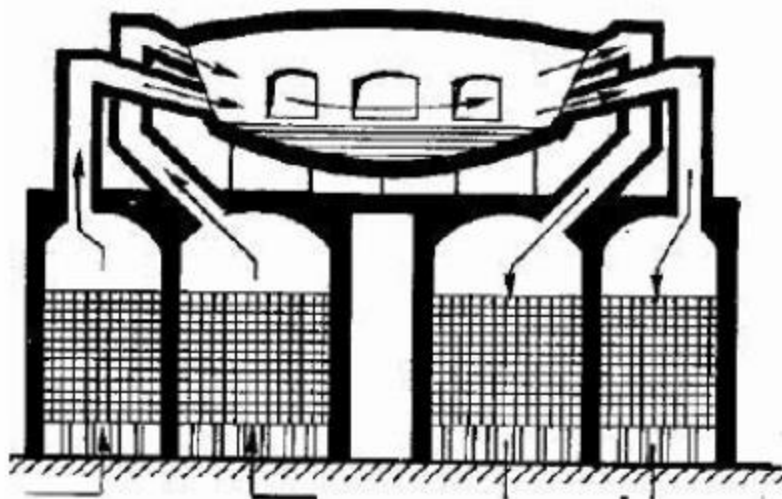
Сирово железо или мешавина са старим челиком уз додатак топителја

Отпадни гасови се користе за загревање.

Челик високог квалитета али потрошња горива и време одливања су високи.

Поступак је замењен ЛД поступком.

- Simens-Martenov (SM) postupak

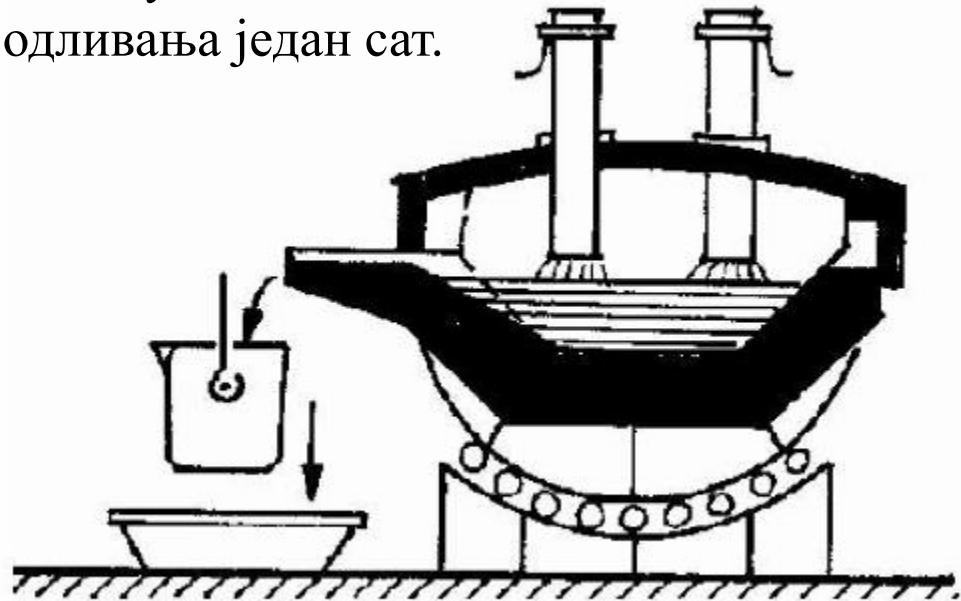


Челик произведен овим поступком садржи азота до 0,008% , фосфора до 0,05% и сумпора до 0,06%.
Поступак троши пуно енергије и има дуго време одливања .

Електролучни поступак

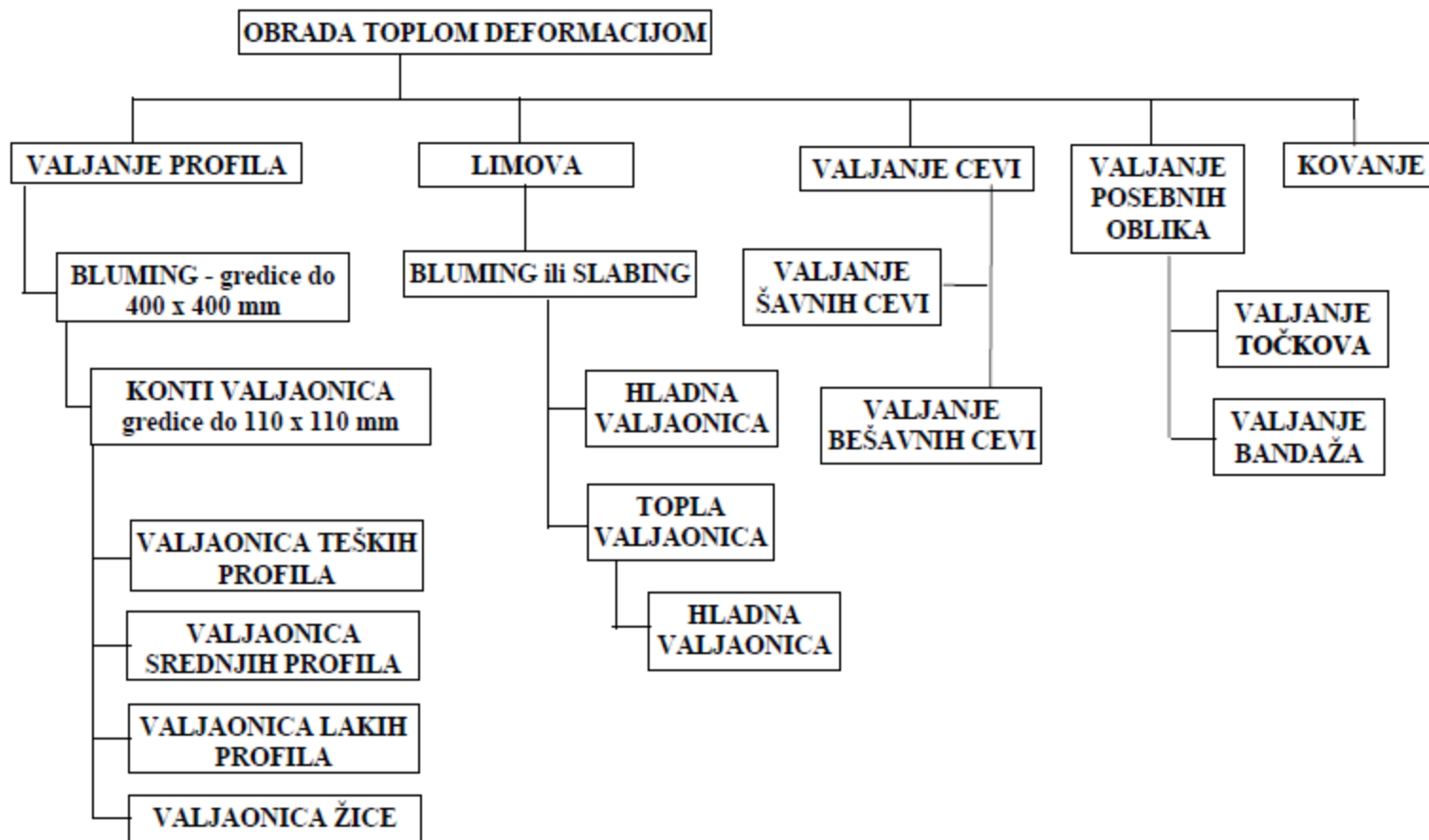
Овај поступак користи се за добијање квалитетних и високолегираних челика. Челик добијен овим поступком садржи азота до 0,025%, фосфора до 0,03% и сумпора до 0,03%.

Загревање се врши помоћу електричног лука који се формира између графитних електрода ($T = 3500^{\circ}\text{C}$) и шарже, и радијационом енергијом која се ослобађа из образованог електричног лука. Капацитет пећи је од 1 до 400t, а време одливања један сат.



Прерада челика

Прерада челика топлим и хладним поступком



Прерада челика

III ФАЗА: ВАЉАОНИЦЕ ОБЛИКОВАЊЕ ПРОИЗВОДА

ПРЕРАДА ЧЕЛИКА ДЕФОРМАЦИЈОМ

ВАЉАЊЕ, КОВАЊЕ, ПРЕСОВАЊЕ И ИЗВЛАЧЕЊЕ

Ваљањем 90% укупне производње челика (у хладном и топлом стању)

За ТОПЛО ВАЉАЊЕ ВРШИ СЕ ПОНОВНО загревање челика на 1200-1300°C

Пропуштање кроз серију ваљака који се крећу у различитим смеровима

Примарно (ваљање ингота)

Завршно ваљање (за добивање профилисаних носача, лимова, шупљих профила)

ХЛАДНО ВАЉАЊЕ (на собној температури без загревања)

Пресе и серије ваљака

КОВАЊЕ – ПЛАСТИЧНО ОБЛИКОВАЊЕ челика ударом у топлом стању

ИЗВЛАЧЕЊЕ- производња пуних и округлих профила мањих пречника