

BAB 3

INDUSTRI BESI DAN BAJA

Pengantar

Besi (Fe) merupakan salah satu logam yang mempunyai peranan yang sangat besar dalam kehidupan manusia, terlebih-lebih di zaman modern seperti sekarang. Kelimpahannya juga sangat besar, 50.000 ppm atau 5% dan merupakan jenis logam terbanyak kedua di kulit bumi. Karena kelimpahannya yang sangat besar itulah maka besi banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari dan industri konstruksi. Besi berada dalam bentuk senyawanya, terutama sebagai bijih besi, yang mengandung Fe_2O_3 (hematite), $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (limonit), Fe_3O_4 (magnetic), FeCO_3 (siderite), dan FeS_2 (pirit).

Di udara besi mudah mengalami korosi, yaitu proses perusakan (keropos) pada permukaan besi yang disebabkan reaksi dengan oksigen membentuk oksida besi, yang dalam kehidupan sehari-hari dikenal sebagai karat besi. Korosi besi berlangsung sangat cepat pada kondisi lembab dan adanya garam.

Dalam industri, besi diisolasi melalui proses reduksi dari oksidanya, Fe_2O_3 , atau oksida-oksida besi lainnya yang terkandung dalam bijih besi. Zat pereduksi yang digunakan adalah gas karbon monoksida (CO) pada suhu tinggi. Agar besi tahan karat maka besi dicampurkan logam-logam lain yang memenuhi syarat, yaitu sifat fisika dan sifat kimianya yang mirip besi.

Baja merupakan produk utama industri besi-baja. Baja tahan terhadap pengaruh lingkungan mudah dibentuk dan ditempa, memiliki kekerasan yang baik, mengandung 0.02%-1.5% karbon.

Macam-macam besi baja

Berdasarkan kadar karbon dan unsur-unsur lain yang terdapat didalamnya, besi dapat dibedakan menjadi:

1. Besi Tuang, yaitu besi yang dihasilkan dari tanur tinggi. Sifat besi tuang antara lain:
 - a. Mengandung 3%-6% karbon serta sejumlah kecil silikon, mangan, fosfor, dan belerang.
 - b. Sangat keras tetapi rapuh.
 - c. Tidak dapat ditempa
 - d. Titik leleh rendah.

Berdasarkan sifat ini, besi tuang mudah digunakan pada alat-alat yang dibuat dengan cetakan, seperti kaki mesin jahit, setrika, lumpang besi, dan sebagainya. Karena titik lelehnya rendah maka mudah dicairkan dan dituangkan ke dalam cetakan.

2. Besi Baja

Sifat besi baja antara lain:

- a. mengandung 0.02%-1.5% karbon.
 - b. keras tetapi dapat ditempa
 - c. tahan korosi
3. Besi tempa

Sifat besi tempa, antara lain:

- a. mengandung kurang dari 0.5% karbon.
- b. kurang keras dan mudah ditempa.

Jenis besi ini banyak digunakan sebagai bahan baku untuk produk paku, kawat, besi beton, dan sebagainya.

Pengolahan besi dari bijinya

Prinsip pengolahannya:

Besi dihasilkan dari oksida besi (Fe_2O_3), melalui reaksi reduksi dengan karbon monoksida pada suhu relatif tinggi ($>1500^\circ\text{C}$). Reduksi berlangsung beberapa tahap, dan reaksi yang terlibat bersifat reversible, di mana kesetimbangan bergantung pada tekanan relatif dari CO dan CO_2 dalam tanur tinggi.

Bahan baku yang digunakan dalam proses pengolahan besi pada tanur tinggi adalah:

a. Biji besi

- 1. Biji besi yang digunakan terutama dalam bentuk hematite, goetit, dan magnetic.
- 2. Kokas sebagai zat pereduksi.

Kokas sebagai sumber karbon berkadar tinggi, dibuat dari pemanasan batu bara didalam oven kedap udara. Hasil sampingan pembuatan kokas ini adalah gas bakar yang dapat digunakan kembali sebagai bahan bakar untuk pemanasan oven dan pemanasan awal tanur tinggi. Hasil samping lainnya adalah benzen, tar, toluen, naftalen, dan ammonium sulfat.

3. Batu kapur.

Batu kapur (CaCO_3), digunakan sebagai bahan untuk mengikat silika pada reaksi dalam tanur tinggi. Hasilnya adalah kalsium silikat (CaSiO_3), yang menjadi ampas buangan kerak tanur tinggi.

4. Udara

Udara dipanaskan, ditiupkan dari bagian bawah tanur tinggi untuk membakar karbon menjadi gas CO_2 yang selanjutnya bereaksi lagi dengan karbon membentuk gas CO, yang nantinya akan mereduksi oksida besi. Rata-rata untuk menghasilkan 1 ton besi, diperlukan bahan baku 2 ton biji besi, 1 ton kokas, 0.3 ton kapur, dan 4 ton udara.

Pengolahan besi dari bijinya.

- 1. Pemanggangan

Biji hematite (Fe_2O_3), mula-mula dicuci dengan air sampai bersih dari tanah yang melekat. Setelah kering hematite tersebut lalu dipanggang. Sejumlah karbonat atau sulfida ditambahkan yang hasil penguraiannya dapat bersenyawa dengan silika sebagai pengotor membentuk kerak.

2. Pencairan

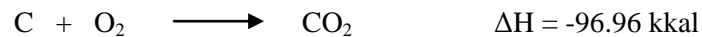
Biji besi hasil pemanggangan dicampurkan dengan batu kapur dan kokas dengan perbandingan 5:2:1, dan dimasukkan ke dalam tanur tinggi. Tanur tinggi adalah menara berbentuk selinder yang pada bagian menaranya dilengkapi dengan reaktor untuk menghasilkan temperatur tinggi dalam tanur. Tanur tinggi juga dilengkapi dengan “*cup and cone*” untuk memasukan bahan baku melalui bagian atas tanur tinggi. “*cup*” merupakan wadah berbentuk piala, dihubungkan dengan “*cone*” yang berbentuk kerucut. Berfungsi sebagai katup yang dapat terbuka dan tertutup. Selain itu, terdapat saluran untuk melepaskan gas-gas buangan. Ketika mendekati dasar terdapat dua saluran untuk memisahkan kerak dan cairan besi. Bagian lain tanur, yaitu bagian tuyer, yang merupakan saluran kecil di mana suhu udaranya berkisar $500^0\text{-}700^0\text{C}$, tekanan udaranya dibuat rendah.

| 36

Reaksi-reaksi yang terjadi

a. Reaksi dengan gas pada suhu tinggi

Ketika udara panas yang telah bebas dari uap air dan sebelumnya dipanaskan pada suhu $5000\text{-}7000\text{ C}$, ditiupkan kedalam layer, gas tersebut akan bereaksi dengan karbon membentuk gas karbondioksida.



Reaksi berlangsung eksoterm, panas yang dibebaskan menyebabkan temperatur yang sangat tinggi ($>1500^0\text{C}$), dibagian bawah tanur. Gas ini terdiri dari gas CO_2 yang akan bereaksi dengan karbon dan direduksi menjadi gas karbon monoksida (CO).



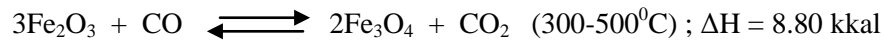
Ketika reaksi berlangsung endoterm atau menyerap panas, temperature gas menurun sehingga pada bagian ini temperatur mencapai $1200^0\text{-}1300^0\text{C}$. Bagian tanur ini disebut penyerap panas karena pada saat gas naik, reaksi gas CO_2 dengan karbon pada setiap tahap selalu menyerap panas, maka temperatur bagian dalam tanur makin ke atas makin berkurang, sehingga saat mendekati saluran pembuangan temperature mencapai 300^0C . Jika ada uap air dalam udara yang ditiupkan, temperatur menjadi sangat rendah. Dengan persamaan reaksi :



Reaksi ini berlangsung endoterm sehingga menyebabkan pemborosan bahan bakar. Untuk menghindari hal ini udara yang dipanaskan dilewatkan pada silika gel.

b. Reaksi dengan gas pada suhu rendah

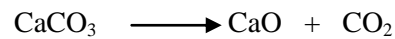
Ketika campuran yang terdiri dari hematite, batu kapur, dan karbon dijatuhkan ke dalam tanur tinggi, reaksi pertama yang terjadi adalah ferro oksida direduksi menjadi oksida magnetic (ferroso feri oksida) oleh karbon monoksida pada temperatur 300⁰-500⁰ C.



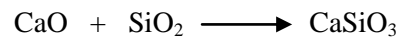
Pada daerah ferroso ferioksida direduksi menjadi ferioksida dan kemudian menjadi besi.



Sehingga reaksi ferioksida menjadi besi oleh karbon monoksida berlangsung sempurna sebelum pada daerah penyerapan panas. Jika titik leleh besi lebih besar dari 1000⁰C reaksi besi diperoleh dibagian spon. Hanya pada bagian atas penyerapan panas, pada temperature 1000⁰-1200⁰C batu kapur terurai menjadi kapur (CaO) dan CO₂.



Kapur CaO bereaksi dengan silika membentuk cairan kalsium silikat yang disebut kerak.



Pada saat CaSiO₃ memasuki dasar tanur, cairan tersebut menutupi cairan besi dan senyawa silika menjadi kerak.

Cairan logam berkumpul di bagian atas tanur dengan kerak di bagian atasnya.

Ketika cairan terdapat di dalam tanur pada temperatur 1300-1500⁰ C, bijih besi yang kotor (mengandung pengotor seperti fosfat, silikat, sulfid dan sebagainya), juga direduksi menjadi cairan besi yang biasanya mengandung sedikit sulfur, silikon, fosfor, mangan dan ± 3-4% karbon dalam bentuk karbida seperti simentatit (Fe₃C), sehingga besi yang diperoleh dapat mencapai tingkat kemurnian 92-94 % , dan biasanya disebut “*cas iron*” atau besi tuang atau kadang-kadang juga disebut “*pig iron*”. Besi cair yang dihasilkan tersebut dikeluarkan melalui bagian bawah tanur tinggi. Kerak yang kemudian dapat dipergunakan sebagai bahan campuran semen, pembuatan batu bata, dan sebagai bahan kontruksi jalan.

Reduksi didalam tanur tinggi bersifat reversible gas yang terdapat dalam tanur terdiri dari sejumlah besar karbon monoksida yang tidak terbakar dan sejumlah kecil hydrogen, metana dan sebagainya. Dengan komposisi rata-rata 60% N₂, 24% CO, 12%CO₂ . Gas panas keluar melalui bagian atas tanur . gas buangan ini bersama debu dialirkan ke penangkap debu, sehingga debu akan mengendap sedangkan gas buangan yang panas akan mengalir ke pendingin yang berfungsi menurunkan suhu sehingga gas dapat dilepaskan ke udara melalui cerobong asap.

Baja dan Proses Pengolahannya

Macam-macam baja

Baja adalah besi yang mengandung 0.02%-1.5% karbon. Sifat baja tergantung pada jumlah karbon yang dikandungnya.

Berdasarkan kandungan karbon, jenis baja dibagi menjadi :

1. Baja lunak, yaitu baja yang mengandung kurang dari 0.2 % karbon. Disebut baja lunak karena mudah dibentuk dan diregangkan. Baja ini bisa digunakan untuk membuat kabel dan rantai.
2. Baja medium, yaitu baja yang mengandung 0.2%-0.6% karbon. Baja ini digunakan untuk membuat rel, balok dan rangka.
3. Baja karbon tinggi, yaitu baja yang mengandung 0.6%-1.5% karbon. Sifatnya keras, kaku, biasa digunakan untuk alat-alat logam, per, alat pemotong dan alat rumah tangga.



Gambar 1. Tanur Tinggi Pengolahan Besi

Disamping itu, untuk memperoleh efek khusus pada baja, maka baja dicampur dengan logam-logam transisi yang sesuai dengan sifat, kualitas dan kegunaan tertentu. Pencampuran dilakukan dengan hati-hati dan teliti untuk mendapatkan komposisi campuran yang memenuhi sifat yang diinginkan. Jenis baja ini disebut baja alloy atau campuran.

Efek khusus logam transisi yang dicampurkan pada baja , antara lain:

- a. Kobalt : membuat baja tetap kuat pada suhu tinggi.

- b. Krom : membuat baja menjadi lebih keras, tahan gesekan, tahan korosi, dan tahan temperature tinggi.
- c. Mangan : membuat baja menjadi keras, tahan aus dan tahan gesekan.
- d. Molibden : memperbaiki kekerasan baja, tahan guncangan dan tahan temperature tinggi.
- e. Nikel : membuat baja tahan korosi
- f. Silikon : pada konsentrasi tinggi membuat baja tahan kondisi asam, pada konsentrasi rendah memperbaiki sifat megnetik dan sifat listrik baja.
- g. Vanadium : memperkuat baja dan meningkatkan ketahanan baja terhadap panas.

Berdasarkan komposisi dan jenis logam transisi yang dicampurkan, baja dibagi menjadi:

1. Stainless steel : baja tahan karat mengandung Cr 19%, Ni 9%, dan Fe 72%.
2. Baja krom : baja yang tahan karat tahan panas mengandung 12%-18% Cr.
3. Baja nikel : baja tahan karat dan keras, mengandung 25% Ni.
4. Baja mangan : baja sangat keras mengandung 11%-14% Mn.
5. Dan lain-lain.

Pembuatan baja.

Untuk membuat baja , maka “*pig iron*” atau besi tuang yang dihasilkan dari tanur tinggi, harus dimurnikan terlebih dahulu untuk menurunkan kadar karbonnya (dari 5% diturunkan sampai di bawah 1.5 %), dan untuk menghilangkan bahan/unsur lain yang mengotori besi (belerang, fosfor, silikon dan sebagainya) dilakukan pemurnian melalui berbagai metode, yaitu :

1. Proses Bassemer

Proses Bassemer dikembangkan di Inggris tahun 1856. Sejumlah leburan besi tuang dari tanur tinggi dimasukan ke dalam Converter Bassemer (yaitu tanur untuk Proses Bassemer).

Dalam metode ini, ke dalam Converter Bassemer ditambahkan senyawa lain seperti dolomite ($MgCO_3$ dan $CaCO_3$), untuk mengikat zat pengotor di dalam besi. Sambil diputar terus dibawah tanur, melalui lubang-lubang dibawah tanur dimasukan gas oksigen agar bereaksi dengan karbon, silikon, fosfor dan belerang menjadi oksida-oksidanya. Oksida-oksida ini akan diikat oleh oksida-oksida magnesium dan kalsium (MgO dan CaO) sebagai hasil penguraian $MgCO_3$ dan $CaCO_3$ yang sebelumnya dimasukan, menjadi kerak yang mengapung diatas cairan besi. Selanjutnya besi cair yang sudah mendekati murni dikeluarkan melalui lubang pada converter. Dan kerak yang tertinggal dalam converter dapat dibuang.

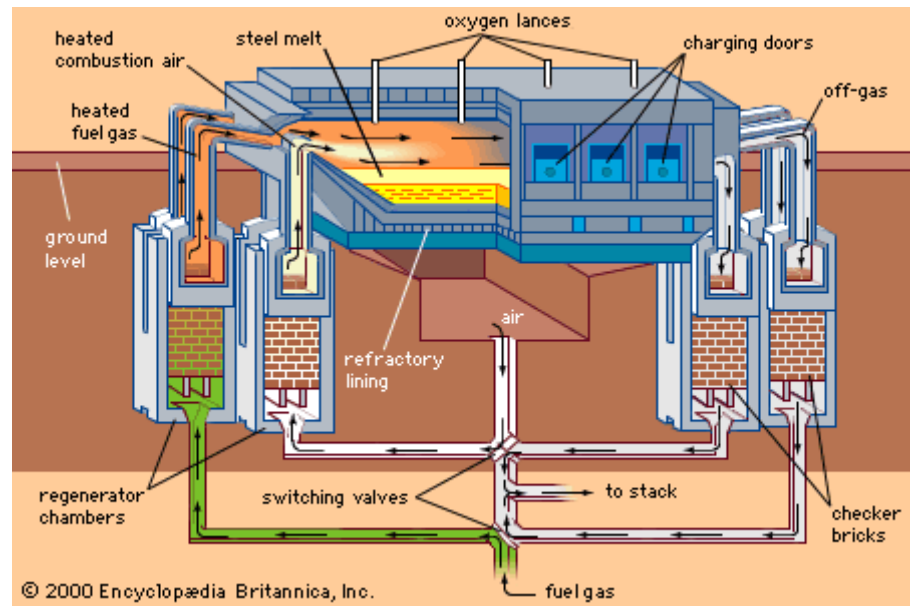
Jenis baja yang dihasilkan Converter Bassemer ditentukan dengan mengontrol karbon yang dikandungnya, serta jenis logam lain yang dicampurkan untuk membuat logam aliasi.



Gambar 1. Konverter Bassemmer

2. Proses Open Hearth Furnace (Proses terbuka)

Tanur berupa piringan datar yang besar. Pada dasar kolom telah ditempatkan oksida basa seperti CaO atau MgO yang nantinya akan berguna sebagai zat pengikat. Ke dalam tanur tinggi dimasukkan besi tuang, besi bekas dan batu kapur. Campuran gas pembakar dan udara panas dilewatkan di atas piringan yang berisi besi cair ini. Sementara diaduk maka akan berlangsung reaksi antara oksida-oksida pengotor dengan CaO dan MgO menjadi kerak. Kelebihan proses ini adalah kualitas baja yang dihasilkan mudah dikontrol kualitasnya secara terus menerus selama proses ini berlangsung lama (8-10 jam) sedangkan Proses Bassemmer berlangsung cepat (15 menit).



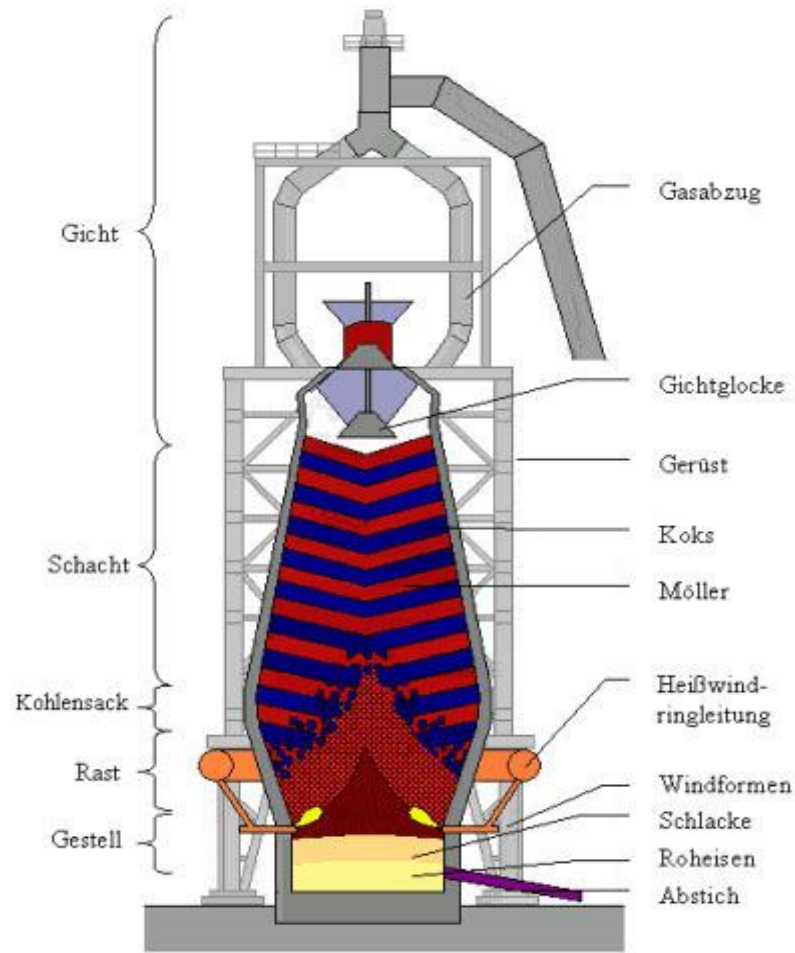
Gambar 2. Open Hearth Steel furnace

3. Proses BOP (Basic Oxygen process)

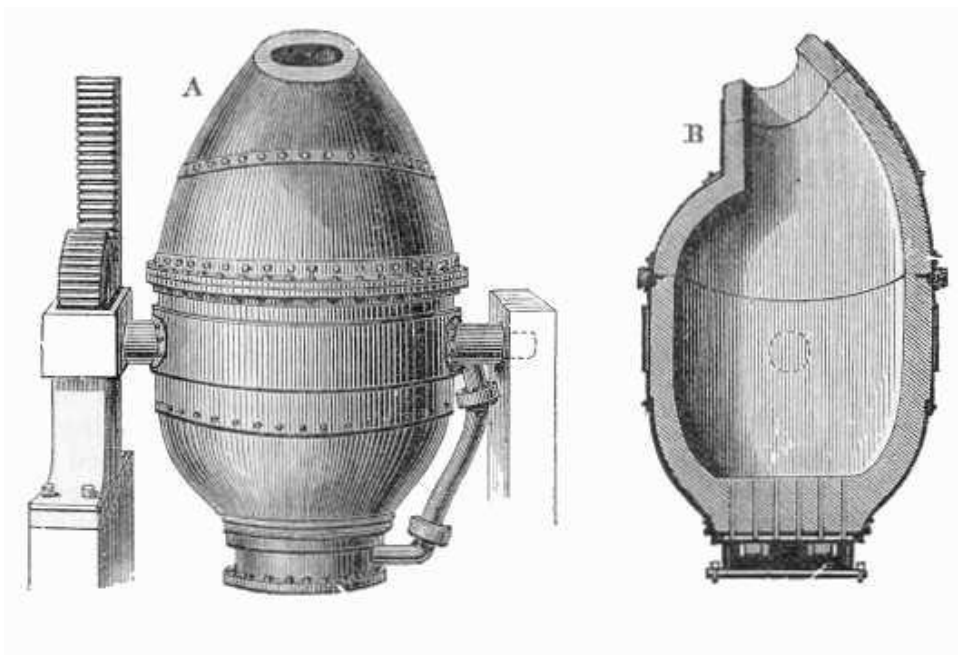
Pada proses ini, besi tuang dicampur dengan besi rongsokan. Besi tuang meleleh di dalam besi tuang. Kedalam tanur dimasukan oksigen murni melalui pipa. Oksigen murni ini akan membakar zat pengotor didalam cairan besi tuang. Batu kapur yang sebelumnya dimasukan kedalam tanur akan mengikat zat pengotor ini menjadi kerak.

Hingga saat ini metode BOP banyak digunakan karena baja yang dihasilkan mutunya tinggi, prosesnya cepat (20-30 menit), pengontrolan kualitas mudah dilakukan, serta mudah mencampurkan logam-logam lain untuk membuat baja aliasi.

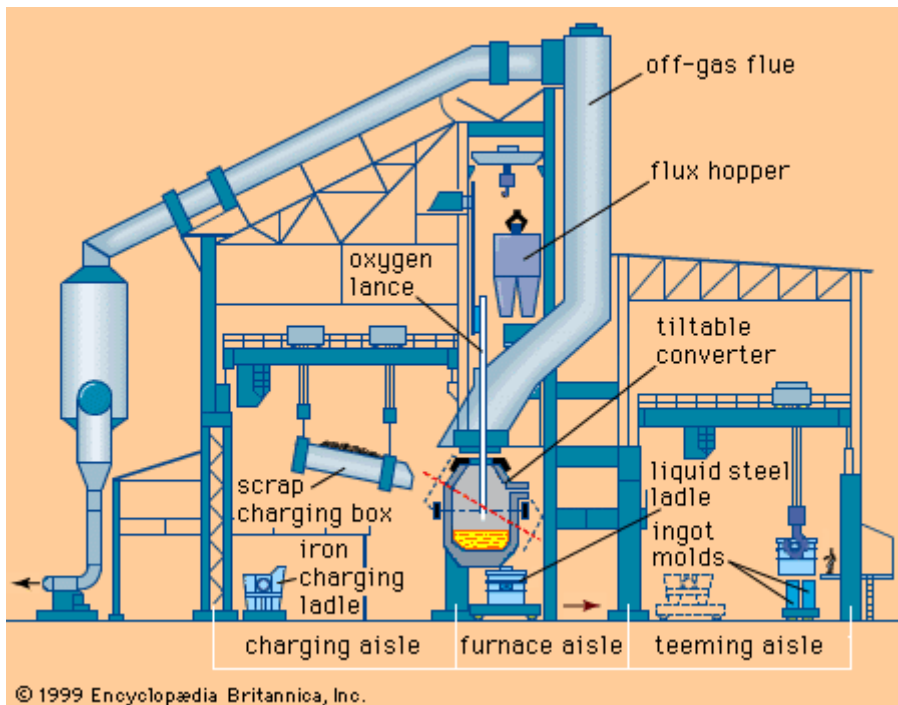
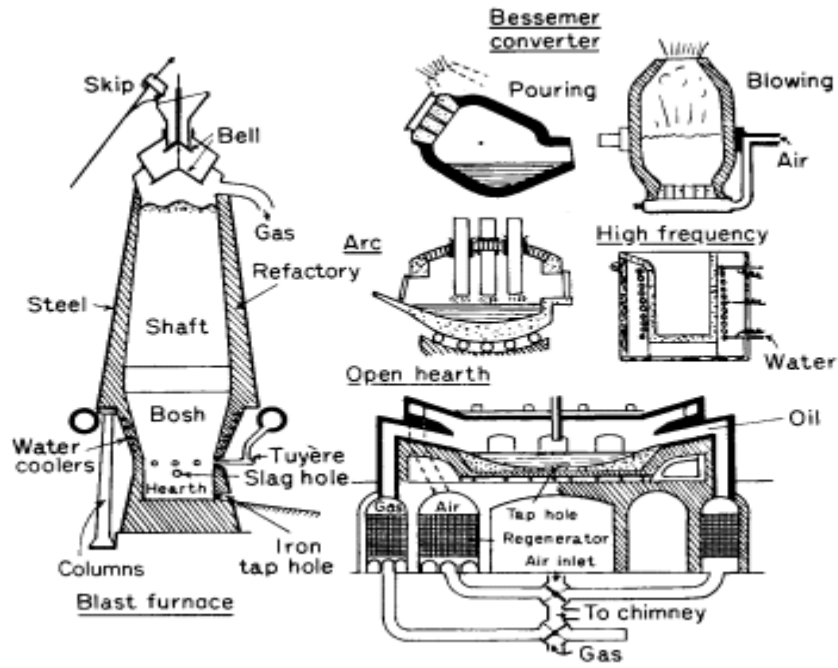
Terakhir ini dikembangkan proses busur listrik untuk menghasilkan kualitas baja yang lebih baik lagi.



Tanur Basic Oxygen Process



Konverter Bassemer



Basic Oxygen Process