

# Fierul și oțelul

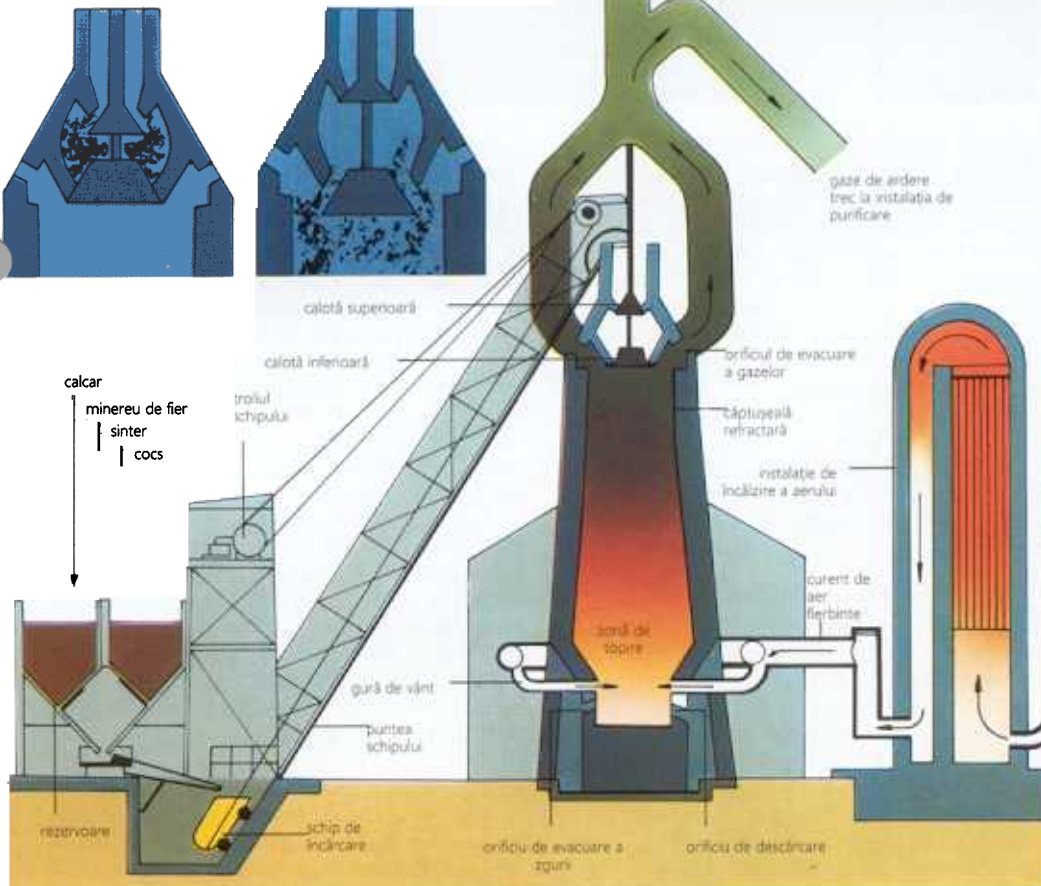
*Fierul și principalul său aliaj, oțelul, sunt cele mai larg folosite metale. Oțelul obișnuit, care este ieftin de produs, are o rezistență uluitoare și este utilizat pentru osaturile de zgârie-nori și alte structuri masive.*

**F**ierul este metalul cel mai răspândit pe Pământ și, în afară de aluminiu, este și metalul cel mai abundent în scoarța terestră. Aproape de suprafața terestră se găsesc zăcă-

Tony Stone Worldwide



❶ Fierul topit se toarnă într-un rezervor. De acolo el va curge în matrice, unde se va solidifica. Cea mai mare parte a fierului topit produs în furnale se transferă în cuptoare de afinare a oțelului, cât timp e încă topit.



❷❸ Minereu de fier se transformă în fier într-un furnal. Furnalul se încălzește în vârf cu un amestec de minereu de fier, cocs și calcar. Curente de aer fierbinte trec în sus prin furnal, cauzând apariția unor transformări chimice. Fierul și zgura se evacuează separat în partea de jos.

mente bogate de fier, astfel încât el este relativ ieftin de produs. Principalele sale minereuri sunt hematitul, magnetitul (magnetul natural), sideritul, taconitul și pirita. În afară de siderit și de pirită, aceste minereuri sunt forme de oxid de fier.

Sideritul este un compus cunoscut sub numele de carbonat de fier, iar pirita este sulfură de fier. Aceasta nu este folosită pentru obținerea fierului, dar sulful pe care îl conține este folosit în fabricarea gazului de dioxid de sulf și acidului sulfuric. Pirita apare sub formă de cristale galbene lucioase, iar urmele acestor cristale în roci îi pot face pe prospectori să creadă că au

găsit aur. Din acest motiv, acest minereu este cunoscut sub numele de "aurul proștilor".

Majoritatea zăcămintelor de fier se află aproape de suprafața Pământului, astfel că se pot extrage destul de ușor, prin exploatarea în carieră sau prin exploatarea minieră la suprafață. Fierul se obține din minereuri prin încălzirea acestora cu carbon, în formă de cocs. Se adaugă calcar la amestec pentru a ajuta la îndepărtarea impurităților cu conținut de siliciu, precum nisipul și argila. Materialele adăugate pentru a îndepărta impuritățile se numesc fondanți.

În procesele mai vechi, amestecul de minereu, cocs și calcar formează șarja, sau încărcătu-

ra, care se încălzește în capătul de sus al unui furnal. Acesta este un tum înalt de oțel, căptușit cu cărămizi termorezistente. Dar în multe sisteme moderne, amestecul de minereu de fier, cocs și calcar este întâi prăjit pentru a produce un material numit sinter. Prăjirea scoate impuritățile, precum apa, dioxidul de carbon și arsenicul, astfel sinterul are un conținut relativ mare de fier. O cantitate de minereu netratat se amestecă cu sinterul pentru a forma șarja furnalului.

## Reacții chimice

Când șarja cade prin furnal, ea se lovește de un curent de aer preîncălzit, care este suflat în sus





Hulton Deutsch Collection

🕒 **Turnul Eiffel, din Paris, în timpul construcției sale în anii 1880. A fost construit din fier forjat, care se obține din fontă brută.**

🔍 **Materialele pentru obținerea fierului părăsesc cuptorul pentru sinterizare, după ce au fost măcinate și prăjite pentru a se îndepărta impuritățile înainte de introducerea în furnal.**

prin fundul furnalului. Când cele două se întâlnesc, la o temperatură de aproximativ 1.000°C, au loc o serie de reacții chimice.

Cocsul (carbonul) arde cu oxigenul din aer formând monoxidul de carbon. Calcarul (carbonatul de calciu) se descompune formând var nestins (oxid de calciu) și dioxid de carbon. Dioxidul de carbon reacționează cu carbonul formând monoxid de carbon. Iar varul nestins reacționează cu argila și nisipul, formând o substanță numită zgură topită, care constă în principal din silicat de calciu aluminos și silicat de calciu. Dacă există sulf, el se poate combina cu varul nestins formând sulfură de calciu în zgură.

O parte a monoxidului de carbon format reacționează cu minereul de fier, îndepărtând oxigenul din acesta pentru a produce dioxid de carbon și fier. Acest tip de reacție, în care oxigenul este îndepărtat dintr-un compus, se numește reducere. Unele furnale moderne folosesc un sistem numit ardere cu combustibil suplimentar. Mai multe gaze reducătoare, adăugate la curentul de aer, se combină cu oxigenul din minereul, făcând procesul de reducere să fie mai eficient.

### Evacuarea furnalului

Gazele de evacuare ale furnalului conțin aproximativ 25% monoxid de carbon, ele fiind astfel



British Steel Corporation

potrivite pentru folosirea ca gaze combustibile de valoare inferioară. Ele sunt extrase din vârful furnalului, amestecate cu un gaz combustibil mai bogat și arse în elementul care încălzește curentul de aer. Zgura formată plutește la suprafața fierului proaspăt topit. La intervale regulate, se încarcă o nouă șarjă în vârful furnalului, iar zgura și fierul se îndepărtează separat prin partea de jos. Dintr-un furnal mare se evacuează aproximativ 2.000 de tone de fier la fiecare șase ore. Fierul poate fi turnat în lingouri mari, numite blocuri, sau poate fi transportat în formă topită la oțelărie. Procesul este continuu, și în mod normal se întrerupe numai când căptușeala de cărămidă trebuie înlocuită.

### Tipuri de fier

Fierul dintr-un furnal conține diferite impurități, precum carbonul, sulful, fosforul și siliciul. Natura impurităților depinde de compoziția minereului folosit și de proporția de calcar din șarjă.

Uneori se folosește o cantitate relativ mică de calcar, pentru a produce o zgură cu un punct de topire scăzut. Aceasta înseamnă că furnalul poate fi acționat la o temperatură mai mică, ceea ce îi dă un randament energetic mai mare. Fierul produs se numește fier bazic. El are un conținut

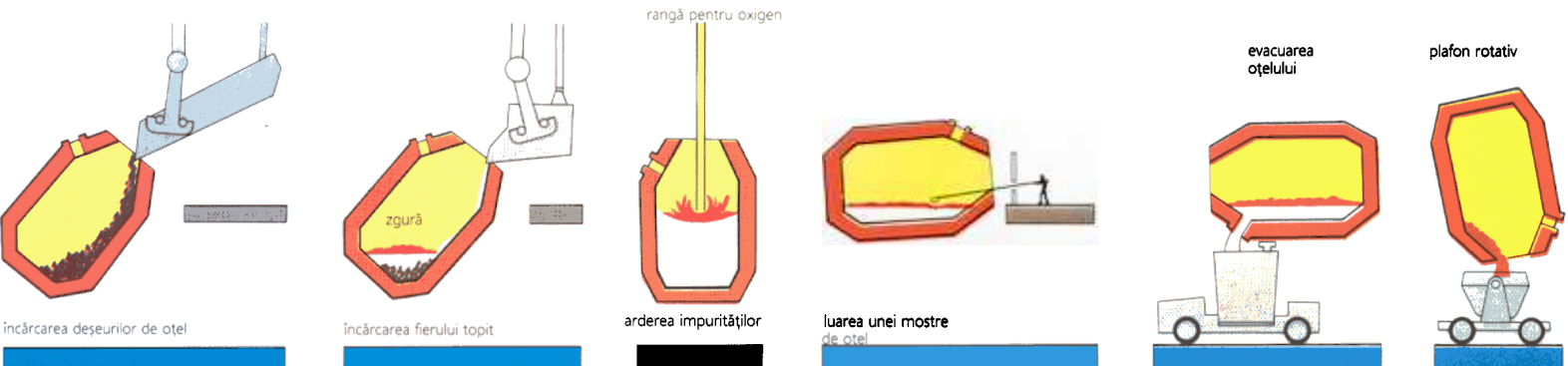
scăzut de siliciu și o proporție mare de sulf, în formă de sulfură de fier sau, dacă minereul are un conținut mare de mangan, în formă de sulfură de mangan. Carbonul se găsește în formă de carbură de fier.

După turnare, fierul bazic este dur, friabil și greu de prelucrat. Când metalul se sparge, suprafețele fracturate sunt deschise la culoare. Din acest motiv, el se numește și fontă albă de turnătorie. Acest metal este adesea tratat termic pentru a produce tipuri de fier maleabile. Acestea sunt mult mai puțin friabile și, din acest motiv, pot fi folosite acolo unde fonta obișnuită de turnătorie nu este potrivită.

În cazul în care conținutul de calcar al șarjei este ridicat pentru a produce zgură cu o temperatură mai înaltă de topire, metalul friabil produs se numește fier acid. El are un conținut relativ mare de siliciu, de 2% până la 4%, iar carbonul se găsește în formă de fulgi de grafit.

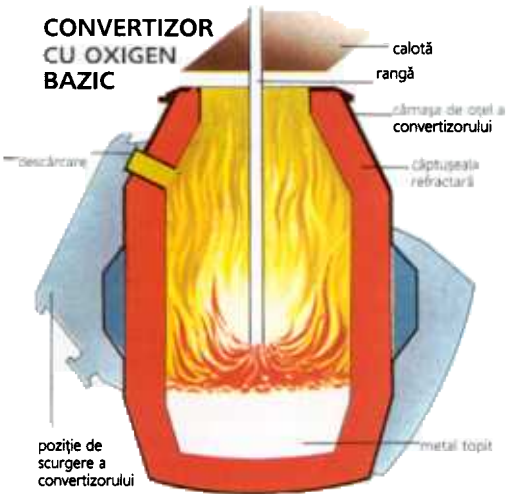
Aceștia dau suprafețelor fracturate ale metalului un luciu mat – de aici și numele său alternativ de fontă cenușie de turnătorie. El are o lar-

🔍 **Producerea oțelului prin procedeul de topire cu oxigen bazic, folosind fier topit dintr-un furnal și deșeuri reci de oțel. Adăugarea deșeurilor ajută la prevenirea supraîncălzirii.**





**CONVERTIZOR CU OXIGEN BAZIC**



British Steel Corporation



Majoritatea oțelurilor se obțin în convertizoare cu oxigen bazic. Pentru a îndepărta impuritățile, se insuflă oxigen printr-o rangă peste o șarjă de fier topit și deșeuri de oțel. Reacția provocată produce foarte multă căldură, menținând astfel șarja topită.

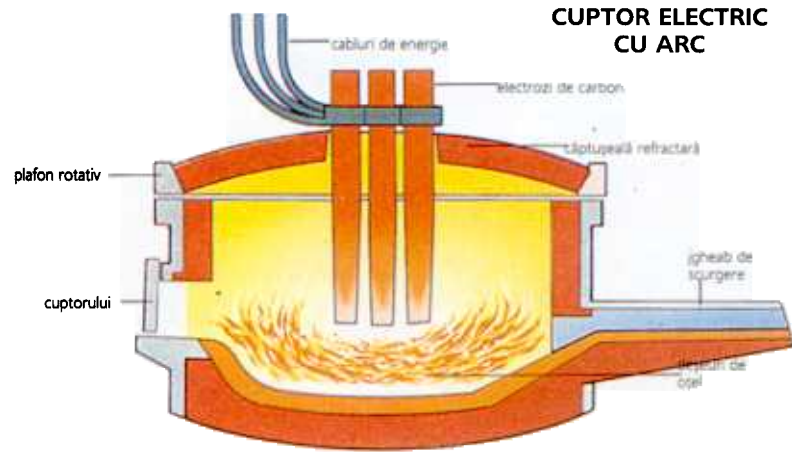
proporție foarte mică de carbon – mult mai mică decât fonta de turnătorie. Majoritatea oțelurilor conțin mai puțin de 1,7% carbon, iar conținutul obișnuit este de numai 0,2 până la 0,3%.

**Producerea oțelului**

Producerea oțelului implică îndepărtarea carbonului și altor impurități din fier, și adăugarea ulterioară a unor cantități exacte de carbon și alte metale, precum cromul, manganul, nichelul și vanadiul. Carbonul conferă oțelului capacitatea de a se întări prin tratare termică, iar alte metale se adaugă pentru a-i spori calitățile, cum ar fi duritatea, maleabilitatea, rezistența la coroziune și termorezistența.

Prima metodă eficientă de producere a oțelului în cantități mari a fost concepută în Anglia la mijlocul anilor 1800, de către Henry Bessemer.

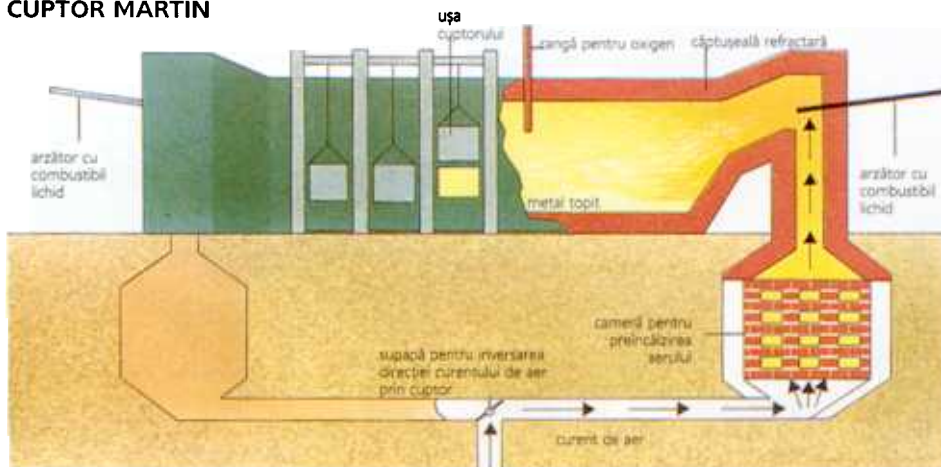
**CUPTOR ELECTRIC CU ARC**



Cuptorul electric cu arc se folosește la obținerea unor cantități mici de oțel. Arcurile, produse la capetele unor electrozi de carbon, topesc șarja.

Cuptorul Martin își încălzește șarja arzând combustibil lichid într-un curent de aer. O cameră, încălzită cu gaze de evacuare, încălzește aerul în care arde combustibilul.

**CUPTOR MARTIN**



El și-a numit furnalul convertizor. Aceasta consta dintr-un butoi mare din fier, având o căptușeală de cărămizi termoizolante. Convertizorul lui Bessemer era montat pe o pereche de pivoți, pentru a putea fi înclinat de pe orizontală pe verticală oricând era nevoie.

În poziție orizontală, convertizorul se încarca cu fontă brută topită și puțin calcar. Apoi era ridicat în poziție verticală și se suflau curenți puternici în sus prin fundul perforat. Oxigenul din acest aer transforma o parte din fier, și aproape toate impuritățile, în oxizii lor. Carbonul era îndepărtat complet sub formă de gaz de monoxid de carbon. Iar oxizii impurităților, precum siliciul și manganul, se combinau cu varul nestins formând zgură.

După insuflarea aerului prin convertizor, se adăugau cantități atent măsurate de fontă-oglină (un aliaj de mangan, fier și carbon), ferosiliciu (un aliaj de fier și siliciu) și aluminiu. Acestea îndepărtau întregul oxigen rămas și oxidul de fier din metal. Se lăsa puțin mangan în oțel pentru a-i îmbunătăți calitatea. În final, se adăuga cocs sau antracit pentru a aduce conținutul de carbon la nivelul corect.

**Procedeele siderurgice Bessemer și Martin**

Curând după introducerea procedurii Bessemer, William și Charles Siemens au inventat o tehnică alternativă de obținere a oțelului. În procedeul lor, ei ardeau gaz de huilă deasupra unei șarje de fier și calcar. Frații Siemens au observat că se pierdea foarte multă energie termică în procesul Bessemer când curentul de aer trecea prin fierul topit în aer.

De aceea, în procesul lor, ei au folosit căldura gazelor evacuate pentru a preîncălzi gazul de huilă și aerul în care ardea. Aceasta a ridicat temperatura furnalului atât de mult, încât puteau să topească cu ușurință deșeurile de oțel solid adăugate la fonta brută topită. În acest fel, costurile de producție au fost reduse foarte mult.

Topirea fierului și a deșeurilor de oțel cu calcar îndepărta majoritatea impurităților și forma o zgură plutitoare. Impuritățile rămase erau îndepărtate prin tratarea cu un material bogat în oxigen.

Procedeul siderurgic Martin necesita un control mult mai atent decât procedeul Bessemer și era cu mult mai lent. În schimb, procedeul Bessemer era potrivit numai pentru anumite tipuri de oțel, pe când procedeul siderurgic Martin putea fi folosit pe scară largă.



Turnarea fierului topit peste deșeurile de oțel și calcar într-un cuptor Martin.



Procedeele Bessemer, introdus în anul 1856, a fost folosit timp de peste un secol dar, până la începutul anilor 1960, doar 2% din oțeluri erau produse în acest fel, comparativ cu 90% produse prin procedeul siderurgic Martin. Restul de 8% erau produse printr-o tehnică mai modernă, în care materialele sunt încălzite într-un cuptor electric cu arc.

Acest proces mai este încă folosit pentru producerea unor șarje mici de oțeluri speciale, îndeosebi oțelul inoxidabil. Într-un alt tip de cuptor electric folosit în prezent, metalul este încălzit direct printr-un curent indus în el de bobine din afara cuptorului. Cuptoarele de inducție sunt potrivite pentru cantități între 120kg și aproximativ 400 de tone. În prezent, majoritatea oțelurilor este produsă prin ceea ce se numește procedeul de topire cu oxigen bazic.

**Procedeele de topire cu oxigen bazic**

Deoarece procedeul siderurgic Martin necesita mult timp, el consuma foarte mult combustibil. Din acest motiv, cea mai mare parte a producției la scară largă se efectuează prin procedeul de topire cu oxigen bazic. Pe lângă avantajul de a fi rapid, acest procedeu

folosește foarte puțin combustibil și de aceea este foarte economic. Fierul topit se toarnă într-un convertizor mare căptușit cu cărămizi termorezistente. Un tub răcit cu apă, numit rangă, se coboară în convertizor până ce vârful său ajunge chiar deasupra metalului topit. Apoi oxigenul, suflat prin rangă, reacționează energic cu carbonul din fier, producând destulă căldură pentru a menține șarja topită.

De fapt, trebuie adăugată o anumită cantitate de deșeuri de oțel pentru a preveni creșterea oțelului prea mult peste punctul său de topire, de aproximativ 1.600 C. Se adaugă var nestins și alte materiale fondante în funcție de necesități.

Când se insuflă oxigenul, se degajă cantități mari de monoxid de carbon și alte gaze. Aceste gaze sunt aspirate de ventilatoare printr-o calotă de deasupra convertizorului. Monoxidul de carbon poate fi folosit drept gaz combustibil în alte părți ale uzinei, sau poate fi ars. Celelalte gaze sunt purificate înainte de a fi eliminate în atmosferă. La sfârșitul procedurii, oțelul se evacuează din convertizor și apoi se îndepărtează zgura.

Oțelul provenit direct din furnal poate fi turnat în matrită pentru fabricarea pieselor turnate. Dar majoritatea oțelului se toarnă în lingouri

care se laminează sau se ciocănesc pentru a forma foi de tablă, bare sau alte forme. Lingourile tipice sunt între 50kg și 30 de tone, în funcție de felul în care urmează să fie prelucrat.

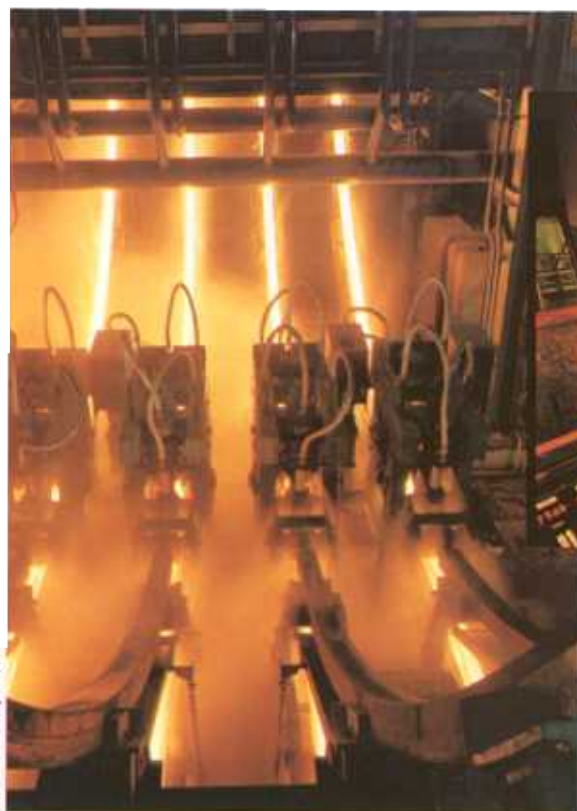
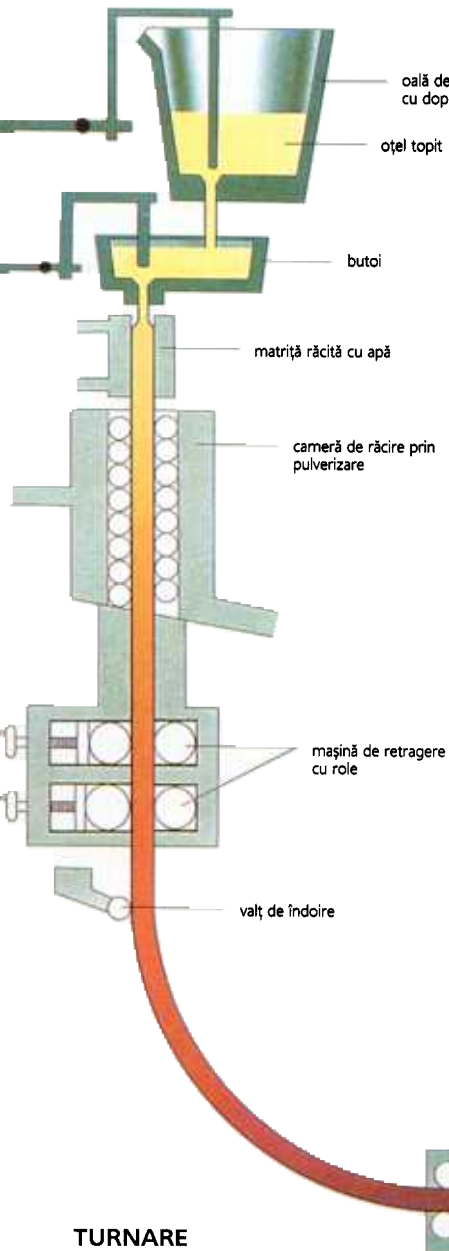
La turnarea continuă, oțelul topit dintr-un convertizor sau un furnal se toarnă continuu într-o matrită răcită cu apă. Metalul iese în partea de jos sub forma unei bucăți solide continue și este îndreptat automat și apoi tăiat în lungimile dorite cu o flacăără cu gaz.

**Tipuri de oțel**

Oțelul inoxidabil se obține de obicei într-un cuptor electric cu arc. Acest aliaj conține 18% crom și 8% nichel, care se adaugă la fier după ce s-a topit. Oțelul rapid, folosit la fabricarea burghiilor late pentru tăierea metalelor, este un produs tipic al cuptorului electric de inducție. Acest oțel se obține aliindu-se tungsten și alte metale cu fierul. Un tip conține 20% tungsten și 10 % cobalt.

Deși majoritatea oțelurilor de la furnale sunt în forma lor finită, unele tipuri necesită tratare suplimentară pentru a le face potrivite pentru scopuri specializate. Asemenea oțeluri se folosesc, de exemplu, în industriile aerospațiale, ale energiei nucleare și industriile petrochimice. Ele se fac de obicei într-un cuptor electric și apoi se afinează pentru a se îndepărta gazele remanente și substanțele străine. O tehnică de afinare este de a topi din nou oțelul sub vid înaintat, pentru ca gazele să se degajeze. O altă metodă răspândită se numește afinare în baie de zgură. Se folosește un arc electric pentru a topi metalul în picături mici, care se purifică trecând printr-un rezervor de zgură topită. Metalul afinat se solidifică într-o matrită răcită cu apă.

⦿ La această mașină de turnat continuă (stânga), oțelul topit curge printr-o matrită răcită cu apă și apoi este răcit prin pulverizare. După ce se solidifică, oțelul este îndreptat și tăiat în brame. Procesul de turnare (dedesubt) este verificat în camera de control a oțelăriei (dedesubt, dreapta).



⦿ Aceste bobine de oțel s-au făcut prin laminarea metalului fierbinte, tratarea sa cu acid lichid pentru a îndepărta învelișul numit scorie, și reducerea mărimii prin laminare la rece.



**TURNARE CONTINUĂ**

Tony Stone Worldwide