

C
CT
S
T



Sala 16

Est 8

Tab. 2

N.º 51

Metallurgia

Martius Rubeus
L. 1. 1.

Materias que constituem esta Bibliotheca

Elementos Geraes

- | | |
|---|----------------------------|
| 1 — Desenho linear, exercicios praticos. | 4 — Arithmetica. |
| 2 — Elementos de Physica. | 5 — Geometria. |
| 3 — Desenho de solidos, projecções e perspectiva. | 6 — Elementos de Mecanica. |
| | 7 — Elementos de Chimica. |

Mecanica

- | | |
|--|---|
| 1 — Desenho de Machinas. | 4 — Chimica Industrial. |
| 2 — Nomenclatura e Technologia de Caldeiras e Machinas de vapor. | 5 — Construcção de Machinas de vapor e Caldeiras. |
| 3 — Physica Industrial. | 6 — Motores especiaes. |

Construcção Civil

- | | |
|---|---|
| 1 — Elementos de Architectura. | 4 — Arte decorativa e Estylos. |
| 2 — Nomenclatura e Materias de Construcção. | 5 — Estylisação, composição e ornamentação. |
| 3 — Construcção Civil. | |

Construcção naval

- | | |
|---|--|
| 1 — Definições. Representação das fórmas de navios. Plano geometrico. Sala do Risco. Lançamento á casa. | 2 — Materias de construcção e processos de ligação. Planos inclinados. Carreiras de construcção. |
| | 3 — Construcção de navios. Descripção e nomenclatura. |
| | 4 — Historia da construcção naval. |

Indicações praticas e Nomenclatura de officios

Manual do:

- 1 — Serralheiro Civil.
- 2 — Serralheiro Mecanico
- 3 — Torneiro.
- 4 — Forjador.
- 5 — Fundidor.
- 6 — Conductor de Machinas.
- 7 — Electricista.
- 8 — Tintureiro.
- 9 — Fiandeiro e tecelão.
- 10 — Modelador, formador e estucador.

Manual do:

- 11 — Carpinteiro Civil.
- 12 — Carpinteiro de Moldes.
- 13 — Marceneiro.
- 14 — Entalhador.
- 15 — Pintor e Decorador.
- 16 — Pedreiro.
- 17 — Sapateiro.
- 18 — Funileiro.
- 19 — Encadernador.
- 20 — Tanoeiro.

Descripção de Industrias

- | | |
|--|--|
| 1 — Hulha. | 13 — Borracha. |
| 2 — Metallurgia. | 14 — Artes graphicas. |
| 3 — Tecidos e Fiação de Seda, Linho, Algodão, e Lã. | 15 — Photographia Industrial. |
| 4 — Ceramica. | 16 — Industrias de Illuminação: Stearina, Gaz Acetylene e Electricidade. |
| 5 — Estampagens e Tinturarias. | 17 — Chapelaria. |
| 6 — Papel. | |
| 7 — Vidro. | |
| 8 — Azeite, Oleos, Sabão, Adubos. | |
| 9 — Industrias de alimentação: Pão, Queijo, Manteiga, Farinha, Asucar, Confeitaria, e Chocolate. | |
| 10 — Alcool, licores, cerveja. | |
| 11 — Galvanoplastia. | |
| 12 — Relojoaria. | |

Conhecimentos geraes de :

- 18 — Hygiene das officinas.
- 19 — Escripuração de officinas, orçamentos.
- 20 — Inventos Modernos.
- 21 — Leis do trabalho, ensino industrial.



Forno primitivo de metallurgia

INV!- Nº 1675

Manual do Operario

BIBLIOTHECA

de

*Instrucção e Educação
profissional*

METALLURGIA.



Re
MUCT

66

MET



LISBOA

Bibliotheca de Instrucção e Educação Profissional
CALÇADA DO FERREGIAL, 6, 1.º

1905

Reservados todos os direitos

1873

BIBLIOTECA

Instituto de Instrução e Educação
Profissional

METALLURGIA



METALLURGIA

PREFACIO

SENDO da maior utilidade ao metallurgista e em geral a todos os estudiosos, o conhecimento da materia prima metallica desde a sua extracção da terra e preparação até dar entrada nas officinas para manipulação especial, e não havendo na nossa lingua qualquer livro sobre o assumpto, empenhámos o nosso melhor esforço e boa vontade compilando de livros estrangeiros auctorizados, para a *Bibliotheca d'Instrucção Profissional*, o presente trabalho sobre metallurgia.

Esta pequena obra que julgamos util e conveniente a todos, é indispensavel ao operario metallurgico que se queira elevar pela applicação e estudo profissional, pois diligencia ser um expositor conciso e claro, como convem áquelles que, empregando todo o seu tempo nas officinas, não possam dedicar-se ao demorado estudo e comprehensão de tratados volumosos.

O operario que pretenda aproveitar e desenvolver a sua aptidão, carece incontestavelmente do auxilio de livros, mas é essencial que os entenda com facilidade, para tirar proveito certo do seu estudo, tornando-se util a si proprio e ao seu paiz.

Não pretende esta nossa compilação ser a ultima palavra sobre assumpto de tanta magnitude, mas esperamos que elle sirva de iniciativa a trabalho de maior vulto.

O nosso papel limita-se a expôr, resumida e claramente, os conhecimentos adquiridos até hoje sobre os methodos de fabricacção metallurgica e phenomenos que a acompanham; se o conseguirmos, teremos sobeja compensação para o nosso modesto trabalho.

METALLURGIA

«A *metallurgia* é a sciencia dos methodos e dos processos em pregados para extrahir dos minerios, os metaes no grau de pureza-que os torna proprios ás artes e industrias».

Esta é a definição de Peroy em 1864, no seu notavel *Traité de Metallurgie*. Considera, como vemos, a metallurgia uma *sciencia*; mas Grüner, alguns annos mais tarde, define-a como *arte*, escrevendo:

«A metallurgia é a arte que trata da preparação dos metaes».

O sabio metallurgista L. Babu, não tomando partido por sciencia ou arte, diz:

«A metallurgia tem por objecto a extracção economica dos metaes contidos nos minerios e a sua transformação em productos utilisaveis nas diversas industrias».

E' esta a definição que adoptaremos.

São variadissimos os trabalhos necessarios a essa extracção e transformação, mas nós trataremos aqui apenas de estudar as propriedades dos metaes mais vulgares nas nossas industrias, bem como a preparação d'elles até serem entregues ás diversas officinas, para a sua transformação final.

Os metaes até hoje conhecidos são cincoenta sendo os mais usuaes os seguintes:

| | | | | | |
|----------|---|-----------|---------|---|------------|
| Ferro | — | indicação | chimica | — | <i>Fe.</i> |
| Cobre | — | » | » | — | <i>Cu.</i> |
| Zinco | — | » | » | — | <i>Zn.</i> |
| Estanho | — | » | » | — | <i>Sn.</i> |
| Chumbo | — | » | » | — | <i>Pb.</i> |
| Mercurio | — | » | » | — | <i>Hg.</i> |
| Aluminio | — | » | » | — | <i>Al.</i> |
| Prata | — | » | » | — | <i>Ag.</i> |
| Ouro | — | » | » | — | <i>Au.</i> |
| Platina | — | » | » | — | <i>Pt.</i> |
| Nikel | — | » | » | — | <i>Ni.</i> |

Propriedades dos metaes.—Os metaes distinguem-se pelas seguintes propriedades caracteristicas: brilho, tenacidade, malleabili-

dade, ductilidade, densidade, fusão, elasticidade, e conductibilidade para a electricidade e calor.

Brilho.—O brilho ou lustro metallico é um caracteristico que distingue os differentes metaes, havendo alguns que podem apresentar uma superficie verdadeiramente espelhada depois de polidos, como o ouro, a prata, o ferro — especialmente quando transformado em aço,—o cobre, etc. A duração do brilho metallico é relativa á facilidade com que o metal é atacado pelo oxygenio da atmosphaera.

Tenacidade.—E' a resistencia que os metaes opõem á ruptura por tracção. Esta propriedade é muito importante, pois que dá ao metal a faculdade de poder suspender ou puxar uma carga de peso mais ou menos consideravel.

A tenacide varia segundo a temperatura do metal, e o grau de sua pureza e estrutura.

Tomando como unidade o esforço necessario para partir um arame de chumbo, serão os seguintes os valores de tenacidade dos metaes indicados:

| | | | |
|--------------|------------------|--------------|------------------|
| Chumbo..... | 1 | Platina..... | 15 |
| Estanho..... | 1 $\frac{1}{3}$ | Cobre..... | 18 |
| Zinco..... | 2 | Ferro..... | 21 $\frac{1}{2}$ |
| Ouro..... | 12 | Aço..... | 42 |
| Prata..... | 12 $\frac{1}{2}$ | | |

Malleabilidade.—E' a propriedade que os metaes possuem em maior ou menor grau de poderem ser estendidos e reduzidos a chapas ou lamimas por meio de martello ou laminador.

A esta operação dá-se o nome de *laminagem*.

Durante a laminagem os metaes aquecem e ficam mais duros e quebradiços; para se tornarem brandos, são recozidos, isto é, aquecidos ao rubro e arrefecidos lentamente depois de cada passagem pelo laminador Os metaes mais malleaveis são em ordem decrescente os seguintes:

Ouro — Prata — Cobre — Estanho — Platina — Chumbo — Zinco — Ferro.

Será mais malleavel o metal que apresentar ao mesmo tempo maior molleza e tenacidade.

Ductibilidade.—E' a propriedade que tem os metaes de poderem ser puchados em forma de fio quando obrigados a passar pelos furos de uma fieira.

Quanto maior malleabilidade e tenacidade tiver o metal, tanto mais ductil elle será, podendo a sua grossura reduzir-se consideravelmente pelas passagens repetidas por furos successivamente mais pequenos da fieira.

Ao passar pela feira o metal aquece e endurece como na laminagem, sendo necessario tambem n'esta operação a recozedura entre cada passagem, para o tornar macio.

A ordem da ductibilidade dos metaes é a da sua malleabilidade.

Densidade.—Densidade relativa de um corpo é a quantidade de materia que esse corpo tem n'um determinado volume, comparada com a d'outro corpo do mesmo volume. Mede-se a densidade de um corpo solido ou liquido, comparando o pezo d'esse corpo com o de igual volume d'agua á temperatura de 4° centigrados.

Assim a densidade do ferro é indicada por 7,8 porque qualquer volume de ferro peza 7 vezes um volume igual de agua e mais 8 decimos.

A densidade de qualquer metal augmenta com a laminagem por se comprimir em menor espaço maior numero de moleculas, tornando-o mais compacto e resistente.

Os metaes de maior applicação industrial teem as seguintes densidades:

| | | | |
|---------------|-------|---------------|-------|
| Aluminio..... | 2,67 | Estanho..... | 7,29 |
| Zinco..... | 6,80 | Ferro..... | 7,80 |
| Nikel..... | 8,32 | Mercurio..... | 13,89 |
| Cobre..... | 8,85 | Ouro..... | 19,34 |
| Prata..... | 10,53 | Platina..... | 22,33 |
| Chumbo..... | 11,36 | | |

Fusão.—E' a propriedade que os metaes teem de se tornarem liquidos, quando submettidos a um determinado grau de calor.

Esta propriedade é de grande valor para a industria, porque o metal no estado liquido toma com facilidade e rapidez a forma de qualquer molde em que se vaze, conservando essa forma depois de voltar, pelo arrefecimento, ao estado solido. N'isto consiste o trabalho que se chama *fundição*.

Cada metal funde invariavelmente a uma determinada temperatura, sendo as seguintes as temperaturas de fusão dos metaes mais usuaes:

| | | | |
|---------------|----------|--------------|-------|
| Mercurio..... | — 39° .5 | Zinco..... | 410° |
| Estanho..... | + 228° | Aluminio.. | 750° |
| Cobre..... | 1200° | Prata..... | 1000° |
| Ouro..... | 1250° | Nikel..... | 1600° |
| Ferro..... | 1500° | Platina..... | 2000° |
| Chumbo.. | 335° | | |

Elasticidade.—E' a propriedade que os corpos teem de adquirir a forma primitiva logo que cessa a causa que os deformou.

A elasticidade varia com a temperatura e o seu limite é o máximo esforço a que o metal pode ser submettido sem soffrer deformação permanente, isto é sem perder a faculdade de retomar a forma primitiva.

O limite de elasticidade e a carga de ruptura dos metaes, submettidos á tracção ou á compressão, constituem elementos importantes para a sua utilização pratica.

Conductibilidade para a electricidade e calor.—Esta propriedade, comquanto commum a todos os metaes, encontra-se n'elles em graus muito differentes; qualquer influencia electrica no extremo d'um arame de cobre transmite-se immediatamente ao outro extremo, produzindo um effeito bastante sensivel por maior que seja o seu comprimento. Não acontece porém o mesmo n'um arame de ferro embora do mesmo calibre, sendo necessario uma influencia de maior intensidade para se tornar sensivel á mesma distancia.

O metal melhor conductor da electricidade é a prata; tomando pois este metal para base e indicando o seu grau de conductibilidade por 1000, teremos para os outros metaes :

| | | | |
|--------------|-------|---------------|-----|
| Prata..... | 1.000 | Chumbo..... | 168 |
| Cobre..... | 999 | Ferro..... | 131 |
| Ouro..... | 779 | Nikel..... | 123 |
| Zinco..... | 290 | Estanho..... | 84 |
| Platina..... | 180 | Mercurio..... | 70 |

Todos os metaes são tambem bons conductores do calor, havendo comtudo uns em que essa propriedade é mais accentuada do que n'outros.

A facilidade da transmissão do calor é bem demonstrada com um vaso de paredes delgadas que se enche d'agua quente. Se o vaso for de vidro ou louça, que são corpos maus conductores do calor, o desequilibro de dilatação pelo brusco aquecimento, causa immediatamente a sua fractura; se elle fôr porém de metal, não succede o mesmo, porque o calor transmite-se rapida e egualmente a todo o vaso que se dilata sem o menor risco.

O grau de conductibilidade dos metaes mais usados é, na sua ordem decrescente, o seguinte:

Prata — Ouro — Cobre — Alumínio — Zinco — Ferro — Estanho — Platina — Chumbo.

Descrevemos as propriedades physicas dos metaes não nos occupando das suas propriedades chemicas que são tratadas em especial nos nossos *Elementos de Chimica*. Passaremos portanto ao estudo

particular dos diversos metaes, começando pelo que maior importancia tem nas industrias metallurgicas: o *ferro*.

FERRO

São tantas e tão importantes as applicações do ferro em todas as industrias, que é esse, sem duvida, o metal de maior utilidade pratica. Para o provar bastaria citar duas das suas mais conhecidas applicações: O *Caminho de ferro* e a *Machina de vapor*.

Como alcançar as prodigiosas vantagens d'estas duas brilhantes victorias do engenho humano, origem de milhares d'outras, se não fosse o concurso do ferro em todas as suas variadas transformações industriaes?

Seria como nos tempos primitivos a vida do homem, servindo-se de tosca ferramenta talhada n'uma lasca de pedra, se não fôra o aproveitamento d'este poderoso metal, que ainda nenhum outro igualou nas suas applicações.

De ferro são a enxada e a charrua com que lavramos a terra que nos dá o alimento; de ferro são as armas com que conquistamos o direito de a explorar em nosso proveito; de ferro são os colossos que nos transportam sobre os mares; de ferro é a mola do relógio que nos conta a existencia; de ferro é a agulha que nos cose a roupa e de ferro é ainda a pena com que aqui traçamos, esta resumida apologia de tão valioso agente da civilisação!

O consumo do ferro, é uma medida segura do grau de adiantamento industrial de qualquer povo.

A sua utilização durante um periodo de cinco mil annos, tem crescido gradual e progressivamente de anno para anno, attingindo no seculo findo um consumo superior ao consumo total em todos os seculos anteriores.

A descoberta do ferro e a arte de o trabalhar, remontam a uma grande antiguidade.

Nos livros de Moysés, attribue-se essa descoberta a Tubal-Cain, filho de Lamethe; os gregos attribuem-n'a a Cybelle, a Prometheu, aos Cyclopes de Creta e aos Dactylos do Monte Ida na Phrygia. Os egypcios já o empregavam na 4.^a dynastia dos Pharaós, e é fóra de duvida que os phenicios permutavam ferro por outros artigos nos portos do Mediterraneo. Na *Odysea*, diz Homero: «Ulysses cravou um espigão de ferro incandescente no olho do Cyclope Polypheme, ouvindo-se uma especie de silvo igual ao que produz um machado em braza, ao ser mergulhado na agua fria, *quando se lhe quer dar força e rizeza.*»

Entre os metaes mais vulgares, comtudo, foi um dos ultimos a ser aproveitado pelo homem, devido talvez á grande difficuldade de separar por meio dos processos rudimentares da epocha, o ferro dos

corpos que o acompanham no minerio. Nos processos primitivos de extracção do ferro collocava-se n'uma cova aberta na terra o minerio encamado com lenha que se accendia, activando a combustão com uma corrente de ar.

O carvão da madeira tomava o oxygenio do minerio deixando o ferro, que facilmente se separava das outras materias e das escorias.

Para que a fundição se effectuasse com bom resultado, era condição essencial que a escoria fosse muito fusivel; ainda assim, porém, a operação estava sujeita a muitas outras contingencias. Mais tarde aperfeçoou-se o processo collocando o ferro e a lenha em cavidades mais baixas, dirigindo sobre elles, por meio de folles, uma forte corrente de ar, que elevava consideravelmente a temperatura da combustão.

Foi esta a origem do methodo chamado *catalão* que ainda hoje se emprega.

Estado natural. — O ferro é o minerio mais abundante e largamente espalhado na natureza. Accumulado em minas, encontra-se no seio da terra em camadas de difficil esgotamento. Disseminado em quantidade menos intensa, encontra-se por toda a parte na côr avermelhada que caracteriza certas rochas, no gosto especial de certas aguas — denominadas, por isso mesmo, ferreas ou ferruginosas, apesar da analyse accusar vestigios de ferro em quasi todas as aguas. Passando ao mundo vegetal descobrimos o ferro nas folhas de todas as plantas, que sem elle perderiam gradualmente o seu viço deslumbrante. Finalmente, no reino animal, é ainda o ferro que dá côr ao sangue, e transmite o vigor a todos os viventes, tendo um homem adulto e de boa saude 7 a 8 grammas de ferro no sangue que lhe alimenta a vida.

E não é sómente no nosso mundo que o ferro se encontra tão diffundido; estudando a luz do sol pela analyse espectral, reconhecemos a presença de muito ferro na composição do astro rei e o mesmo succede com os outros astros.

Uma outra prova mais simples da existencia do ferro nos astros, temol-a nos *aerolithos*, *meteorolithos* e *bolides*, em cuja composição se tem encontrado 93 por cento de ferro junto a outros metaes como nikel, cobalto, cobre, etc. Devido á sua origem, se chama *ferro meteorico* ao ferro que se encontra n'esses corpos celestes tão frequentemente arremessados sobre a terra, ferindo na athmosphera um longo rasto luminoso.

Alguns d'elles attingem dimensões colossaes como um que cahiu na ilha de Diako, perto da costa da Groenlandia, pesando 21:000 kilos. De menor peso, até cinco kilos, são muito vulgares, e alguns se podem vêr no museu da Escola Polytechnica.

Minerio de Ferro. — *Minerio* é a substancia mineral d'onde se extrahe o metal; minerio de ferro é pois aquelle de que se extrahe o ferro. Os minerios que conteem esse metal, estão classificados em grupos designados sob as denominações seguintes: *hematites vermelhas*

e *negras*, que se encontram em grande abundancia nas montanhas da Suecia e da Noruega,—a este grupo pertence a pedra iman, d'onde se extrahе o ferro magnetico, que tem a propriedade bem conhecida de atrahir o outro ferro, e cujo notavel poder de orientação no meridiano, guia o navegante na vastidão do oceano; as *hematites pardas*, *limonites*;—o *ferro espathico* que se encontra nos Pyreneos, na Inglaterra, etc.; as *pyrites* em que o ferro se acha com enxofre, etc.

Muito frequentemente as hematites apresentam a contextura singular d'um agglomerado de grãos do tamanho de ervilhas (*pisolithes*), ou das dimensões de grãos de areia (*volithes*.)

Fig. 1.

As minas de ferro mais importantes em Portugal, são na Serra dos Monges, em Evora e Moncorvo, no districto do Porto e em Leiria.



Fig. 1 — Minerio pisolithico. Minerio volithico

Extracção do ferro. — Na extracção do ferro temos a considerar duas partes: 1.^a, arrancar da terra o minerio; 2.^a, arrancar do minerio o metal. O primeiro trabalho é semelhante ao que foi descripto quando se tratou da hulha e por isso apenas nos occuparemos agora do segundo.

Na composição dos minerios entram, além do metal, variadissimas materias extranhas, constituindo o que se chama a escoria ou ganga.

A escoria pôde ser, conforme a materia predominante da sua composição, *calcarea* ou *siliciosa*, o que tem grande importancia no tratamento do minerio.

O minerio de ferro soffre, antes de ir ao fogo, uma operação especial, afim de o desembaraçar, quanto possível, dos corpos extranhos que n'elle se encontram. e em seguida é partido em pequenos pedacos para maior facilidade de fusão.

Consegue-se o primeiro resultado expondo o minerio em grandes depositos, á acção das chuvas, que lhes dão uma primeira lavagem; mais tarde, o minerio mettido em saccos de grossa linhagem, é lavado na agua da chuva, que se junta em tanques mais ou menos fundos abertos na terra e junto aos depositos. Nesta segunda e completa lavagem, os saccos com minerio são mergulhados n'agua successivas vezes, por meio da oscillação d'um comprido braço de madeira a que estão amarrados.

Depois de lava dopor este ou outro processo é sujeito ao pilão ou britador, onde é partido em fragmentos de tamanho conveniente para ir ao fogo, sob cuja acção o ferro se desagrega e separa da escoria.

Ha dois methodos de separar o ferro do minerio: Um, que é

primitivo, mas que ainda se emprega para minerios ricos e onde ha combustivel barato, chamado *methodo catalão*; fornece este methodo o ferro macio e ductil—outro, o processo moderno e o mais empregado hoje, chamado *methodo dos altos fornos*; dá o ferro coado ou gusa, que depois é ainda transformado, devendo a esta circumstancia a designação de *methodo indirecto*, contraria á do primeiro que é o *methodo directo*.

Methodo catalão ou methodo directo

O methodo catalão que hoje se usa, é um aperfeiçoamento do processo grosseiro que antigamente se praticava e ainda hoje se pratica entre os povos selvagens.

Na região ao sul do Nyassa, na Africa Central portugueza, é este processo empregado pelos indigenas, os quaes tratam um riquissimo minerio (limonite) em fornos como representa a Estampa I.

O minerio é deitado no forno encamado com carvão vegetal e a combustão activada pelo sopro d'uma porção de folles de pelle de cabrito.

Os fundidores indigenas são ao mesmo tempo forjadores e ferreiros e fabricam a grande parte das ferramentas agricolas e armas que se encontram na Zambesia.

O methodo catalão, hoje aperfeiçoado, consiste na exposição do minerio á acção do fogo em fornos escavados na terra, revestidos interiormente de tijolos refractarios, como se vê na *fig. 2*.

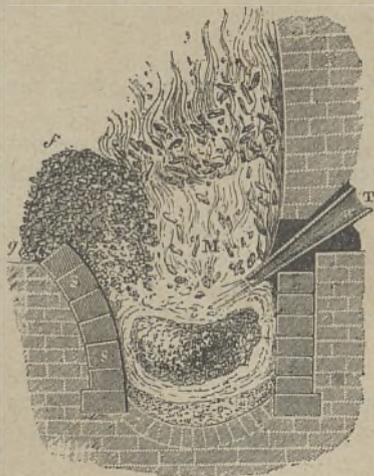


Fig 2 — Forno catalão

é isolado por duas paredes de tijolo refractario, que sóbem acima do nivel do terreno e atravez das quaes passa o jacto d'ar. N'uma das paredes lateraes, em baixo, ha um orificio que se tapa com um taco de barro e que serve para descarga das escorias.

Para carregar o forno, deita-se n'elle algum carvão aceso, e por cima carvão muito calcado, até á altura do bico do folle, então, abre-se com a pá uma cova a meio do carvão, que se enche de minerio, sobre o qual se espalha uma espessa camada de carvão moído, outra de carvão e uma ultima de carvão em pó, molhado. Sopra-se em seguida a carga com o folle, até atear bem o fogo e desenvolverem-



Forno indigena na região do Nyassa

se as chammas azuladas; abranda-se então o trabalho do folle, até fornecer apenas o ar necessario para manter uma combustão regular.

A' maneira que o carvão arde, a carga desce e vae-se ganhando a mesma altura com novas camadas alternadas de carvão e minerio miudo molhados e calcados para não deixar o fogo tomar demasiao desenvolvimento.

De tempos a tempos, abre-se o orificio de descarga com um ferro, e deixa-se sahir as escorias ardentes, que correm como um fio de la-

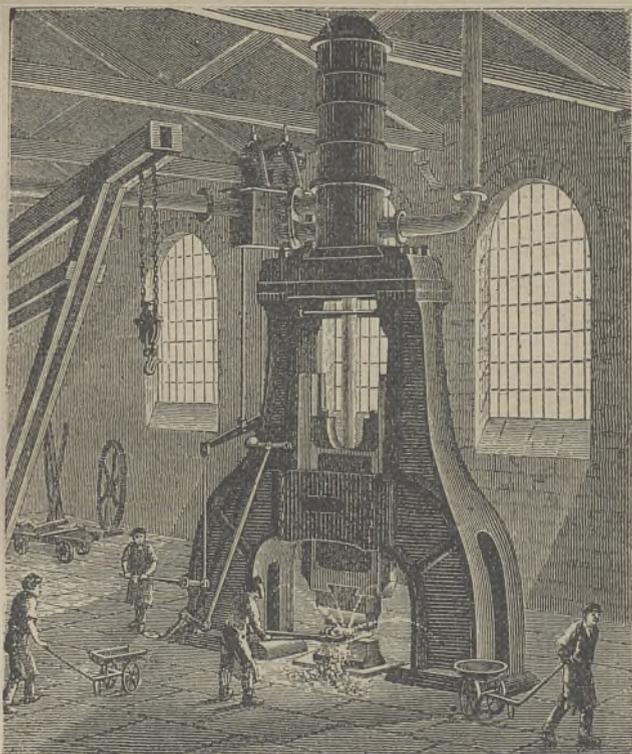


Fig. 3 — Martello pilão

va. Quando cessa a descarga, tapa-se novamente a sahida com o ta-co de barro molhado.

Se essas escorias lançam de si faiscas brilhantes, é porque con-teem ainda ferro e, n'esse caso, depois de esfriadas são partidas e vol-tam novamente para o forno.

O metal liquido qua vae escorrendo do minerio junta-se no fundo ou cadinho do forno, onde ao cabo de algumas horas se forma uma

massa esponjosa, ou pão, que os forjadores tiram em pedaços, reunindo-os fóra do forno, depois de limpos do carvão por meio de uma corrente d'ar mais forte.

Esta massa de ferro é levada em carrinhos do mesmo metal ao martello pilão *fig. 3*, que a bate com repetidas pancadas sobre uma mesa massiça de ferro. com o fim de a tornar homogenea e compacta.

Em poucas palavras, a theoria do forno catalão é a seguinte:

Pela acção do calor, a agua contida nos minerios hydratados e o *acido carbonico* dos minerios *carbonatados*, desembaraça-se deixando a materia no estado de *oxydo de ferro*, isto é de corpos formados pela combinação do ferro com um gaz que em chimica se chama *oxygenio* (Vidé «Elementos de Chimica» d'esta Bibliotheca, pag. 16).

A' medida que a carga do minerio desce no forno para as regiões mais quentes, vae-se produzindo a reacção principal que é a *desoxydação* ou *reducção*:

O *oxygenio* livre atravessando as differentes camadas de carvão, cuja combustão é activada fortemente pela influencia dos folles, combina-se com o carvão produzindo-se o *acido carbonico*, o qual, subindo atravez a massa incandescente, reparte ainda pelo carvão o seu *oxygenio*, dando logar á formação do *oxydo de carbono*.

O *oxydo de carbono* assim produzido é o mais importante agente da *reducção*; atravessando as camaras de minerio aquecido ao rubro, avido de *oxygenio*, absorve todo o que é contido no *oxydo de ferro*, passando a *acido carbonico*, deixando assim o ferro *desoxydado* livre ou *reduzido* ao estado metallico.

O ferro *reduzido* vae cahindo para o fundo do forno ou cadinho, onde são escumadas as escorias como já dissemos, ficando limpa a massa esponjosa ou lupa que os forjadores tiram em pedaços.

E' esta operação que representa a Estampa II, e n'ella se vê os operarios com o rosto protegido contra o grande calor, por meio de chapéus de fórmula apropriada.

Um forno catalão de carga normal, com 6 horas de trabalho, consome approximadamente 1.200 kilos de carvão para transformar 450 a 500 de minerio, produzindo 180 a 200 kilos de ferro.

O ferro obtido por este processo é de boa qualidade, podendo ficar mais macio ou mais rijo conforme fôr conduzida a operação.

E' principalmente na Catalunha que este *methodo directo* se perpetua tradicionalmente, desde os tempos immemoriaes em que os gaulizes exploravam os ricas minas dos Pyreneus, e essa é a origem da designação de *methodo catalão*.

Nos Alpes e Apeninos, na Calabria e mais pontos da Italia e outros paizes, encontra-se tambem o forno catalão com varias modificações, e até entre os povos selvagens da Asia, America e Africa Central, na sua fórmula mais primitiva, como já tivemos occasião de dizer.

Inconvenientes do methodo catalão. — Os inconvenien-



Forno Catalão

tes d'este methodo são: a necessidade de ser restringido aos minerios mais ricos pelo consumo consideravel de combustivel que exige, e perda de metal nas escorias, o que tudo contribue para o elevado preço do ferro assim obtido. E' devido a isto que vão desaparecendo gradualmente os fornos catalães, apesar da extrema simplicidade da sua instalação e manejo.

Além d'isso, o limitadissimo rendimento d'este processo, é totalmente incompativel com as exigencias das industrias de hoje, ás quaes só as formidaveis instalações modernas podem satisfazer. Ain-

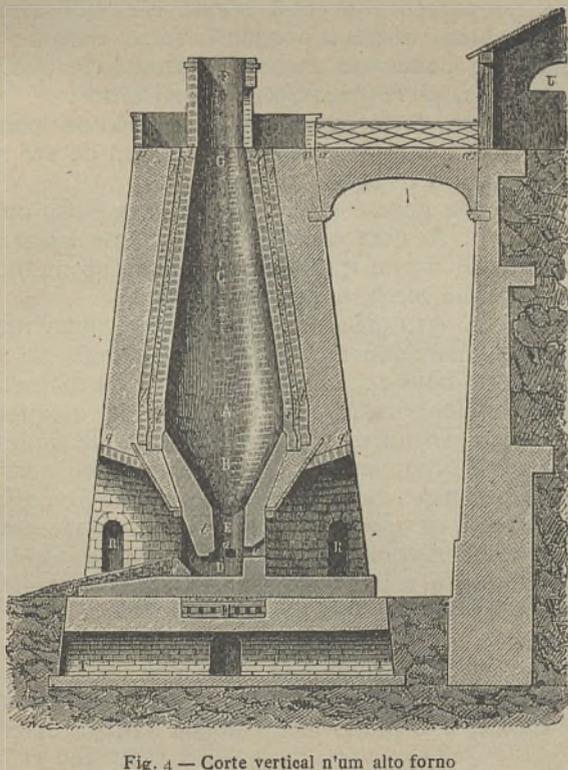


Fig. 4 — Corte vertical n'um alto forno

da assim a principal razão da substituição dos antigos fornos pelos altos fornos, é a necessidade de se poder tratar tambem o minerio pobre, que se encontra em muito maior abundancia por toda a parte.

Methodo dos altos fornos ou methodo indirecto

Origem.—Tendo de lançar mão do minerio pouco rico, isto é, com maior percentagem de ganga, ou materia inerte, do que de ferro, dá-se o no methodo catalão o inconveniente de se produzir uma quan-

tidade enorme de escorias, e como n'ellas se perde sempre grande quantidade de metal; o resultado é um prejuizo quasi completo. Estudando o assumpto chimicamente achou-se que, juntando ao minerio uma certa quantidade de cal, a silica, que constitue principalmente a escoria, tendo maior afinidade para a cal que para o metal, combina-se de preferencia com ella, formando um *silicato de cal* em vez d'um *silicato de ferro*, deixando assim o ferro liberto. As escorias obtidas são muito mais difficeis de fundir, necessitando uma temperatura muito superior, como se obtem com a applicação dos *Altos fornos*.

A grande temperatura precisa n'este methodo altera porém a qualidade do producto obtido, porque o ferro durante a sua fusão combina-se com um pouco de carbono, tornando-se mais rijo, sob a forma chamada *gusa*, *ferro fundido* ou *ferro coado*.

Este ferro differe do ferro reduzido, em não ser como elle maleavel e macio, mas tem sobre elle a vantagem de ser mais fusivel, lservindo melhor para o trabalho de fundição.

O ferro coado ou gusa é submettido a uma outra operação para se tornar maleavel. A esta operação se chama *afinação do ferro coado*. A necessidade d'este trabalho é que deu ao methodo de altos fornos a designação de *methodo indirecto*.

Altos fornos.—O *alto forno*, tem exteriormento o aspecto d'uma chaminé circular que apresenta, pouco mais ou menos a um quarto da altura, um bojo com cêrca do dobro do diametro da bocca e que vae estreitando para a base até metade d'aquelle diametro (*fig. 4*). As paredes são formadas por uma camada interior de tijolos refractarios envolvida por uma camada d'areia ou carvão de coke pulverisado. A parte superior mais estreita chama-se *collo* e comprehende a *bocca F* e a *garganta G* do forno. A parte mais larga (ou bojo) *A* chama-se *laboratorio*; a parte entre esta e o *collo C* *cava*, e a parte inferior que estreita até á base *BE*, chama-se a *obragem*. Inferiormente ainda, fica um pequeno espaço *D* a que se chama *cadinho* no qual se acha o orificio de descarga.

No cadinho ha tres ou mais aberturas por onde entram os tubos de sopro ou algaravizes. O resalto que anteriormente limita o cadinho chama-se *dama*, e o plano inclinado da sahida exterior *F* chama-se *lar*.

O forno é protegido com um revestimento de alvenaria *p* e *q*, abrindo em volta da base uma camara de tijolo *R* para accesso ao cadinho.

O minerio e combustivel ficam ao nivel da bocca do forno *U*, para facilidade de carregamento.

Os primeiros altos fornos tinham 3 metros d'altura, mais tarde na mira de augmentar o rendimento, construíram-se fornos até 30 metros de altura, mas viu-se que havia inconveniente na altura exagerada, regulando hoje a altura dos fornos modernos em Inglaterra entre 20 a 25 metros, conforme a qualidade do minerio.

Logo que se acaba a construcção de um forno, espera-se que seque completamente, carregando-se então com pouco combustivel, para soffrer a acção de um fogo brando, cuja intensidade se vae augmentando gradual e progressivamente até chegar ao maximo, e só passados vinte a trinta dias se mette o minerio. D'ahi em diante nunca mais o forno deixará de funcioneer dia e noite, até que a sua ruína o obrigue a ser reparado. Durante muito tempo se manteve na pratica esta construcção de fornos, com sahida pela parte superior, dos gazes desenvolvidos pela combustão e decomposição do minerio.

Mais tarde Bunsen e Playfair verificaram no alto forno de Alfreton, por meio de experiencias bem organisadas, que se perdiam nos gazes 81 a 100 por cento de materias combustiveis que ainda se podia utilizar, representando nas vinte e

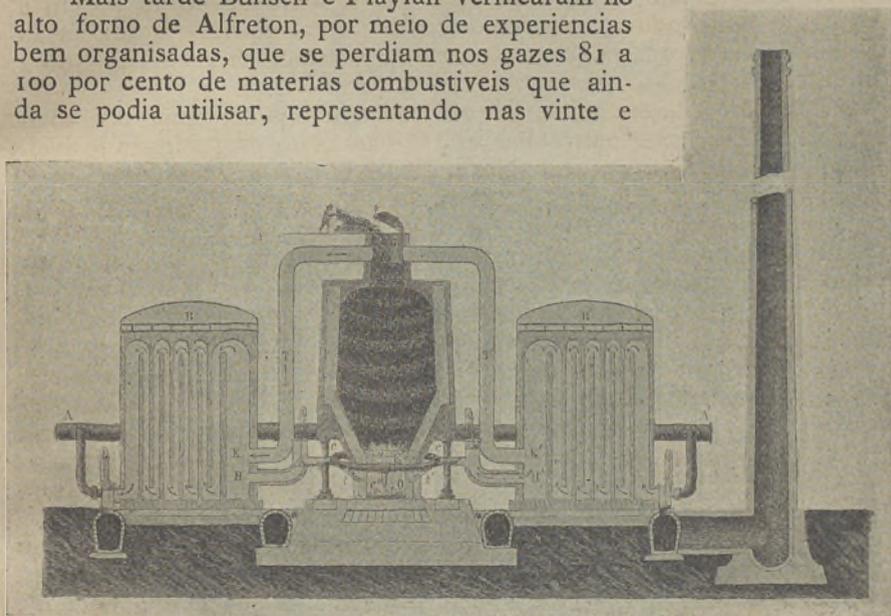


Fig. 5 — Alto forno com recuperadores Whitwell

quatro horas, uma perda de cerca de onze toneladas de carvão.

Como essas materias inflamaveis, eram capazes de produzir, por si, uma temperatura sufficiente para a fusão do ferro, estudou se a maneira de não perder tanto calor, e a partir d'essa data, todos os metallurgistas cuidaram de tornar a operação mais economica, com o aproveitamento dos gazes da combustão.

Hoje emprega-se por toda a parte um outro typo de forno, com o aproveitamento dos gazes da combustão, por meio do apparatus do invento de Whitwell, denominado geralmente *recuperador* ou *economizador Whitwell*.

Este typo de forno, *fig. 5*, é construido egualmente com tijolos refractarios dispostos n'um involucro de chapa de ferro. A bocca é

fechada com uma tampa, que se abre apenas quando se quer introduzir combustivel ou minerio. Na parte inferior ha uma especie de anel tubular de ferro, d'onde nascem tres ou mais tubos de sopro, ou algará-

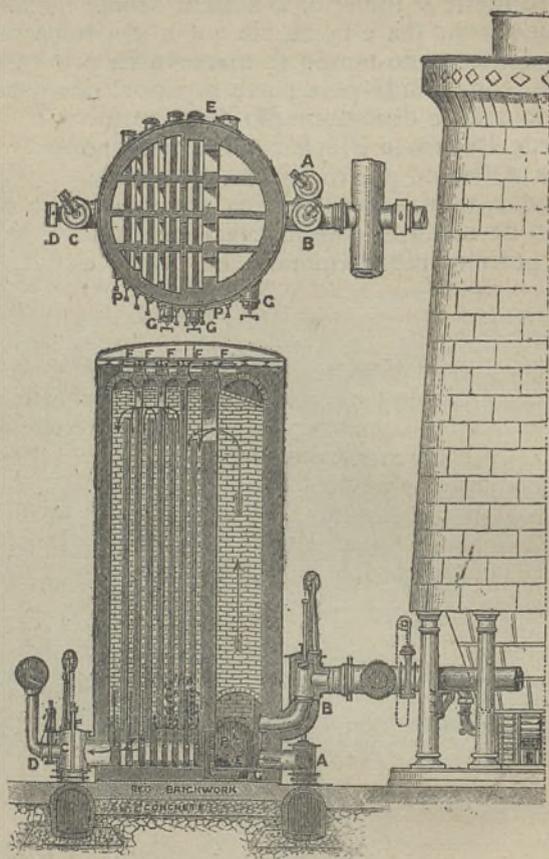


Fig. 6 — Detalhe do recuperador Whitwell

vizes, que alimentam a combustão com a corrente de ar que vem das ventoinhas.

De cada lado do forno estão dispostos os cylindros R e R' que são os recuperadores Whitwell.

Estes cylindros são tambem construidos com tijolo refractario cobertos com chapa de ferro, regulando o seu diametro por 6 metros e a altura por 18 metros.

Interiormente ha umas chapas verticaes alternadamente ligadas á parte superior e á inferior do cylindro, de fórmula que o ar que entra

por um dos lados é obrigado a subir, para passar por cima da primeira chapa, a descer para passar por baixo da segunda, subindo em seguida e tornando a descer e assim successivamente até sahir do cylindro como indicam as flechas nas *figs. 5 e 6*.

Se abirmos a comunicação da garganta C, o gaz quente que sae do forno desce pelo tubo B, ou T na *fig. 6*, e entra no cylindro percorrendo o caminho já descripto, chegando a aquecer as chapas a uma temperatura de 750° .

Attingida esta temperatura, fecha-se a comunicação do cylindro com o forno e abre-se para o outro cylindro R' até que a sua temperatura se eleve áquelle numero de graus.

Logo que se fecha a comunicação do forno com o primeiro cylindro R, abre-se para elle a entrada do ar frio que vem da ventoinha para o anel dos algaravizes pelo tubo A.

O ar que entra frio, é aquecido pelo contacto das chapas quentes, e ganhando por seu turno uma temperatura elevadissima, assim entra no forno.

A' maneira que o ar frio vae roubando calor ás chapas, vão os gazes do forno aquecendo as chapas do outro cylindro, as quaes, quando sufficientemente quentes, recebem o ar da ventoinha, alternando assim o aquecimento e arrefecimento dos dois cylindros e havendo sempre ar quente para entrar no forno.

Para evitar o trabalho de abrir a tampa do forno para a entrada do minerio ou combustivel, os fornos mais aperfeiçoados teem uma tampa suspensa n'um braço, *fig. 7*, a qual tendo a fórma de funil in-

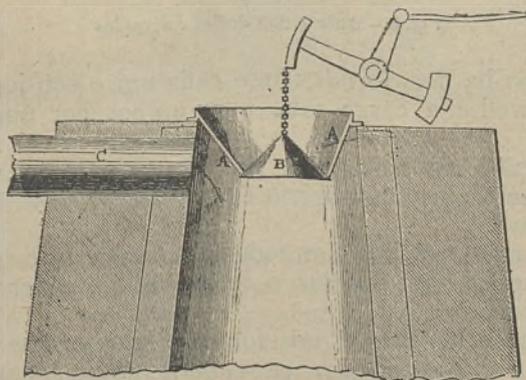


Fig. 7 -- Tampa de vedação automatica

vertido B, entra de baixo para cima no boccal do forno A e vae vedando a sahida dos gazes com a pressão d'elles mesmos, que então são obrigados a sahir pelo tubo C para o recuperador. Os carregadores do

forno vão despejando os seus carros de minerio e carvão sobre esta tampa, a qual supporta a carga até ao ponto de se desequilibrar o braço forçando a descida da tampa, e por consequencia a queda da carga para dentro do forno, voltando a tampa pela acção do contrapeso a vedar a sahida dos gazes, na sua primitiva posição.

Para se obter maior rendimento, constroem-se altos fornos duplos conjugados, como se vê na *fig. 8*, que representa um d'esses monstros existentes em Denain-Auzin.

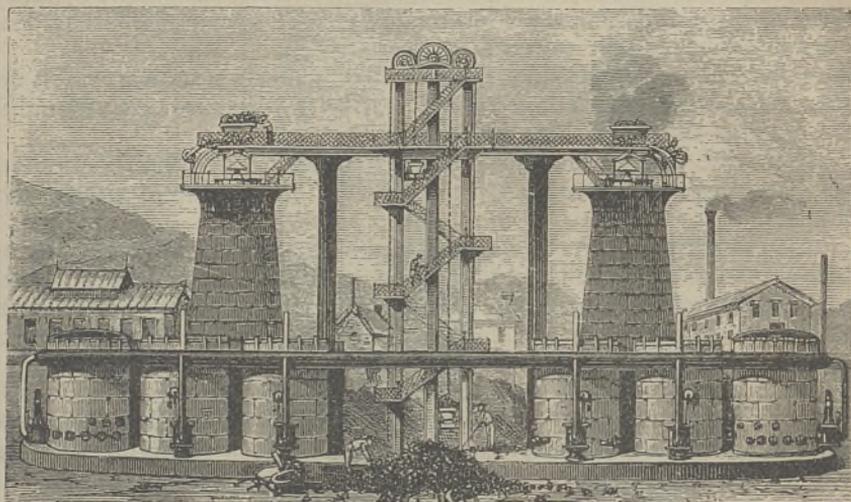


Fig. 8 — Altos fornos duplos conjugados

N'este typo ha dois fornos tendo cada um o seu jogo de recuperadores Whitwell e a carga sobe para ambos por uma plataforma commum.

Calcinação do minerio. Em alguns pontos da Inglaterra e com certas qualidades de minerio emprega-se a calcinação antes da entrada no forno.

Esta operação tem por fim reduzir no minerio a quantidade de acido carbonico que vae enrijar o ferro obtido, e tornar o minerio mais secco e poroso.

O forno de calcinação é um forno vulgar, ordinariamente com duas descargas oppostas, *fig. 9*, e onde se introduz o minerio com algum carvão acceso, o qual vae desenvolvendo no corpo do forno um calor moderado, sufficiente para o resultado que se pretende.

A's boccas de descarga é recebido o minerio em pequenos carros, que o transportam, ainda quente, para o forno.

Ferro guza ou de primeira fuzão. O producto obtido

com os altos fornos, chama-se, como dissemos, *ferro guza, coado, ou fundido de primeira fusão*.

Ao sahir do forno é vazado no chão em porções estreitas e sobre o comprido, a que se chama *linguados* ou *lingotes*.

O ferro fundido tem em si uma quantidade maior ou menor de acido carbonico que lhe dá uma certa rijeza. Essa quantidade varia entre 2 0/0 e 5 0/0, e isso juntamente com outros productos, como silica, manganéz, phosphoro, enxofre e arsenico, dando origem a diversas qualidades de ferro fundido que se denominam *ferro coado, branco, cinzento, negro e pedriç* ou *apedrado*.

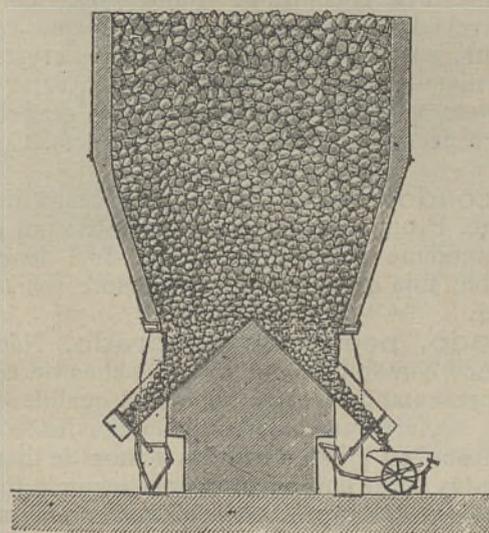


Fig. 2 — Forno de calcinação

Ferro coado branco. Este ferro deve a sua origem a varias circunstancias:

1.^a Quando se dá na carga do forno um excesso de carvão sobre o minerio; 2.^a quando o ferro é esfriado rapidamente ao sahir do forno; 3.^a pela presença do manganéz na sua composição.

Funde a uma temperatura mais baixa, 1:050 a 1:100 gráus, não se tornando tão fluido como as outras qualidades.

As faiscas que produz saltam mais longe que as do ferro pardo. Na sua composição entra muito pouco silicio ou mesmo nenhum; não se notando tambem a presença de graphite. Todo o carbono contido n'esta qualidade de ferro, acha-se intimamente combinado com a sua massa, cuja contextura depende da quantidade de carbono que encerra; sendo pouco, torna-se massiço, sem fibras nem granulações apparentes;

sendo muito, 4 0/0 a 5 0/0 torna-se fibrosa e raiada. A sua densidade varia de 7,44 a 7,84. E' rijissimo, resistindo á acção da lima e outras ferramentas, mas estala facilmente, apresentando a secção de fractura uma côr argentina.

Ferro coado cinzento ou pardo. Este ferro é obtido a uma temperatura mais elevada e por isso vem mais combinado com o carbono. A sua densidade varia entre 6,8 a 7,05.

E' brando e mais malleavel que o ferro branco, podendo ser facilmente trabalhado, com a lima, broca ou torno; funde a 2000°, tornando-se muito fluido. Por todas estas qualidades é o ferro coado muito apreciado.

Na sua contextura encontra-se muito pouco carvão, mas uma quantidade notavel d'elle intercalado, sob a fórma de pequenas palhetas de graphite, nos intersticios dos pequenos crystaes que constituem a massa metallica. A secção de fractura varia desde um tom negro brilhante em grandes palhetas, até uma granulação serrada e compacta, que representa uma grande resistencia. Contém 2 0/0 até 3 0/0 de silicio.

O ferro coado negro. Tem um excesso de carvão sob a fórma de graphite. Produz-se quando ha no forno um excesso de carvão sobre a quantidade de minerio. A sua côr é denegrida acinzentada e sem brilho; suja os dedos, é granuloso e mais fusivel que as outras qualidades.

Ferro coado, pedriz ou apedrado. Não é mais que o ferro coado branco contendo nodoas ou manchas de côr mais escura ou cinzenta, e apresentando n'estes pontos as qualidades relativas aos respectivos tons. O ferro coado ou de primeira fusão entra em moldes ao sahir do forno ou é estendido em fórma de lingotes ou linguados. Estes linguados ou se empregam n'uma segunda fusão, em fornos especiaes chamados de *fundição* ou *fornos de manga*, para a moldação de variadissimos artigos nas officinas de fundição, ou são submettidos ao processo de afinação, que dá o ferro batido ou laminado que é muito macio e malleavel.

Afinação do ferro coado ou gusa

Chama-se *afinação* do ferro coado a operação pela qual o ferro n'este estado, é transformado em ferro macio ou malleavel, capaz de ser passado pelo laminador ou fieira e transformado em barras ou varões e arames.

A celebre obra de Agricola «*re metallica*» contém diversos desenhos do seculo xvi representando fornos variados para afinação do ferro, o que prova ser o processo conhecido dos antigos.

Os povos selvagens, empregando exclusivamente o methodo directo, ainda assim apuram mais o ferro, refundindo-o em fornos rudimentares.

Na India Central os indigenas, dotados de grande habilidade e engenho, usam fornos de afinação bastante perfeitos, como representa a *fig. 10*, com mais de 1 metro de altura.

O vento é fornecido por um systema de folles de pelle de cabra que sopram em tubos de bambu, e são movidos alternadamente pelos pés do operario gentio, *fig. 11*.

Um d'estes fornos, com duas horas de trabalho, produz uma lupa

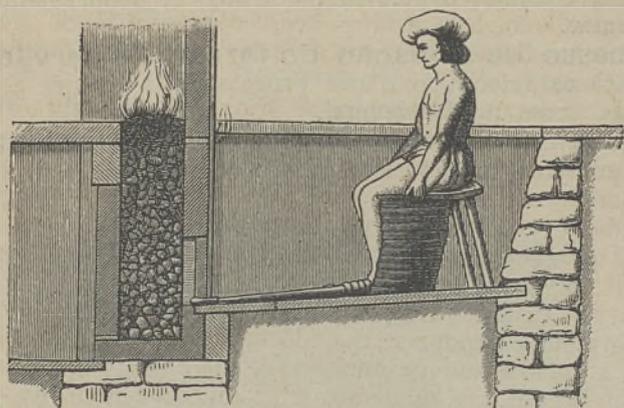


Fig. 10 — Forno de afinação na india Central

de 8 a 9 kilogrammas, consumindo approximadamente 20 kilogrammas de carvão.

Na afinação tira-se ao ferro todo o carbono que elle contém; isto é, *descarburisa-se*, tirando-se tambem outros corpos estranhos como o silicio, phosphoro, enxofre, etc. O carbono provém do carvão com que o minerio é fundido; o silicio e o phosphoro, da ganga d'este minerio, e o enxofre da hulha ou cobre; se este ultimo se nota no minerio, deve elle ser antes submettido a uma queima preleminar para se obter a sua eliminação, transformando o em gaz sulphuroso.

A presença de todos estes corpos no ferro prejudicam-lhe a qualidade, diminuindo-lhe a resistencia e tornando-o quebradiço.

Como não ha enxofre no carvão de madeira, resulta que o ferro obtido com este combustivel é superior ao que se obtém com a hulha.

O fim da afinação do ferro é pois queimar os corpos que a elle se acham ligados, levando o ferro ao estado de fusão. O carvão e o silicio são facéis de eliminar na afinação, transformando-se o primeiro

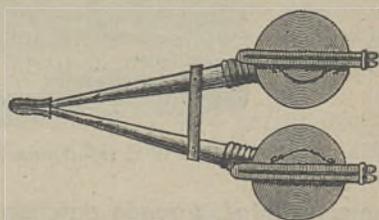


Fig. 11 — Folle

em gaz acido carbonico e o segundo em acido silico que se une a uma certa quantidade de oxydo de ferro para formar um silicato fusivel, em fórma de escoria, facil de separar.

O enxofre e o phosphoro são mais difficeis de isolar; por isso o ferro que contém estes corpos nunca dá senão um producto de qualidade inferior.

A afinação do ferro faz-se por duas fórmas; afinação pelo carvão de madeira, e afinação pelo methodo inglez, empregando a hulha ou *puddlagem*.

Processo de afinação do ferro pelo carvão de madeira. — O caracteristico d'este processo está em que a combustão é alimentada com carvão vegetal.

Em principio o forno de afinação, *fig. 12*, pouco differe da forja catalã na sua construcção. Um espaço quadrangular sob a cupula de

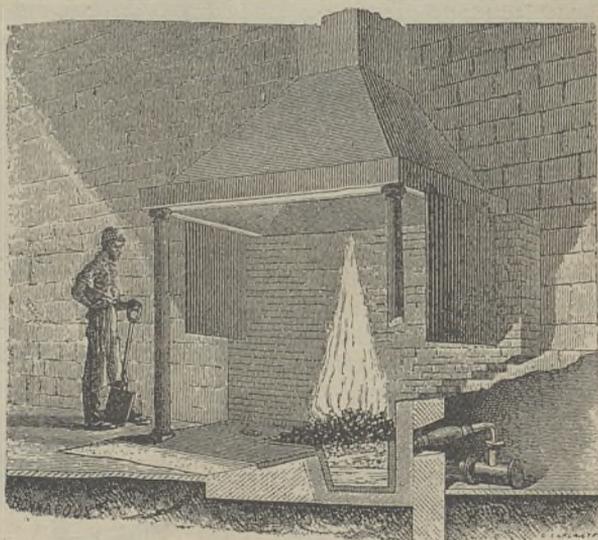


Fig. 12 — Fornos de afinação pelo carvão vegetal

uma chaminé, forrado de chapa de ferro, tendo a um lado uma cavidade quadrangular onde entra, com uma certa inclinação, o bico de um folle ou de qualquer outro systema de corrente de ar. Lançado o carvão n'esta cavidade é exposto sobre elle e acima do bico do folle ou algaraviz, o ferro que se quer afinar.

Sobre o ferro accumula-se o carvão, que, acceso, recebe um forte jacto de ar. O metal aquece até se fundir e assim, em estado liquido, cae em gottas, atravessando o espaço assoprado pelo algaraviz.

Esta exposição do ferro em estado de fusão, á acção do ar em grande abundancia, faz com que o carbono n'elle contido se vá ligar ao

oxygenio, devido á sua maior afinidade por este corpo, formando o oxydo de carbono, cuja presença é indicada por uma intensa chamma azul.

O oxydo de carbono tornado gazoso, liberta-se deixando o ferro desembaraçado do cart onco, e por isso perfeitamente macio e malleavel.

Depois de exgotado o carbono do ferro, começará a oxydação d'este, se não houver o cuidado de o subtrahtr á acção do sopro do folle ou ventoinha.

Os outros corpos contidos no ferro; a silicia, phosphoro, etc., tambem d'elle se separam na afinação, formando-se. como atraz dissemos, os silicatos e phosphatos que são regeitados nas escorias.

Livre o ferro d'estas impurezas torna-se pastoso, e é levado pelo operario, que o remexe com umas grossas barras, até ao fóco de insidencia do jacto d'ar, onde o calor é mais vivo, e ahi se recose completando a sua transformação em ferro macio.

Terminada a afinação no forno, é então levado o ferro, ainda no estado rubro, ao martello mecanico, onde é batido em todos os sentidos. Este martello, *fig. 13*, compõe-se de um braço articulado entre dois supportes fixos, tendo na

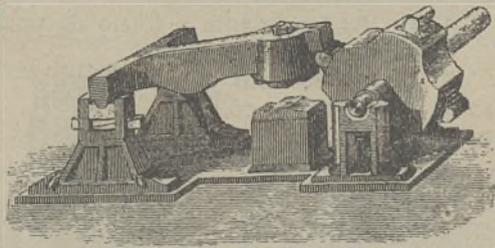


Fig. 13— Martello de carroto

extremidade uma cabeça pesada munida de uma almofada de aço, que descança sobre um cavallete. A' frente d'este braço gira uma especie de carroto com dentes substituíveis, que pegando na extremidade do braço que pesa 300 a 400 kilos, o levanta deixando-o cahir sobre o cavallete por cada passagem de um dente na rotação do carroto.

As repetidas pancadas do martello tornam o bloco de ferro ou *lupa* mais compacto e macio, expurgando-lhe alguma escoria que por ventura traga ainda adherente do forno.

Depois é novamente aquecido e batido, e só então é entregue ao laminador, que o transforma em barras ou varões, como veremos mais adeante.

Este processo de afinação do ferro seria o unico empregado, devido á boa qualidade do producto obtido, se não fosse o seu pequeno rendimento, e por conseguinte o elevado preço por que fica o ferro. As importantissimas e sempre crescentes exigencias das industrias modernas, levaram o homem a lançar mão de outro processo de afinação de maior rendimento, embora de menos perfectos resultados, para a transformação do ferro coado, em ferro macio ou ductil.

N'este processo chamado *processo inglez* ou de *puddlagem* emprega-se a hulha ou carvão mineral, em fornos de muito maior capacidade e de producção continua.

Processo inglez de afinação do ferro pelo carvão mineral ou puddlagem

Caracterisa principalmente este processo, o emprego da hulha para a afinação do ferro coado, em vez de carvão vegetal, evitando-se o contacto do combustivel com o mineral afim de evitar a transmissão do enxofre por ventura contido no carvão. Effectivamente no processo da puddlagem, o metal é fundido pela acção d'uma chamma produzida n'um logar perfeitamente separado d'aquelle em que se acha o metal. O enxofre da hulha empregado na puddlagem é transformado assim em gaz acido sulfuroso antes de communicar com o metal, e n'esse estado não tem acção alguma sobre elle. A esta vantagem reune-se a de muito maior rendimento e economia de combustivel. E' devido a estas circumstancias que o processo inglez vae pouco a pouco substituindo o outro por toda a parte.

A theoria da operação é ainda: queimar com oxygenio as materias extranhas contidas no ferro, e formar escorias separaveis de silicio e oxydo de ferro.

A *fig. 14* representa o forno de puddlagem.

Compõe-se este forno de uma fornalha com grelhas de ferro onde se colloca o carvão ou hulha.



Fig. 14 — Puddlagem do ferro

Esta fornalha commu-
nica pela parte superior
com um compartimento
chamado reverbéro onde é
colocado o mineral a afi-
nar.

A parte superior d'este
compartimento é abati-
da em direcção á sahida
que conduz a uma cham-
iné de 6 a 10 metros de
altura. Esta disposição faz
com que a chamma pro-
duzida na fornalha, se en-
caminhe pela corrente de
tiragem para a chaminé,
descendo na sua passa-

gem pelo segundo compartimento sobre o metal, que ahi recebe a acção da sua alta temperatura. O metal é deitado em fragmentos no reverbéro e ahi aquecido até ao rubro sob a influencia da forte corrente d'ar determinada pela tiragem da chaminé.

Para melhor comprehensão d'este fornos damos nas *figs. 15 e 16* uma vista de frente, cortes longitudinal e transversal e a planta em côrte mostrando o reverbéro.

Este typo de fornos de moderna construcção póde fundir cargas de 220 a 275 kilogrammas de ferro. A disposição geral de todos os fornos de puddlagem é proxivamente a mesma e o seu funcionamento

bem facil de perceber com um exame attento das *figs. 15 e 16*. Durante a operação, que não deixa tornar o ferro liquido mas sim pastoso, o operario encarregado do forno, remexe e retalha sempre a

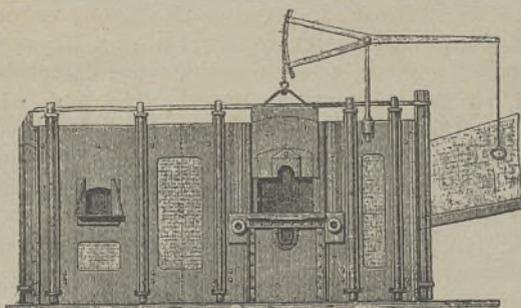


Fig. 15 — Forno de puddlagem, frente

massa metallica, introduzindo a ferramenta apropriada pela bocca lateral que communica com o reverbero, e que deve abrir o menos possivel para não deixar entrar muito ar, cujo oxygenio iria oxydar o ferro.

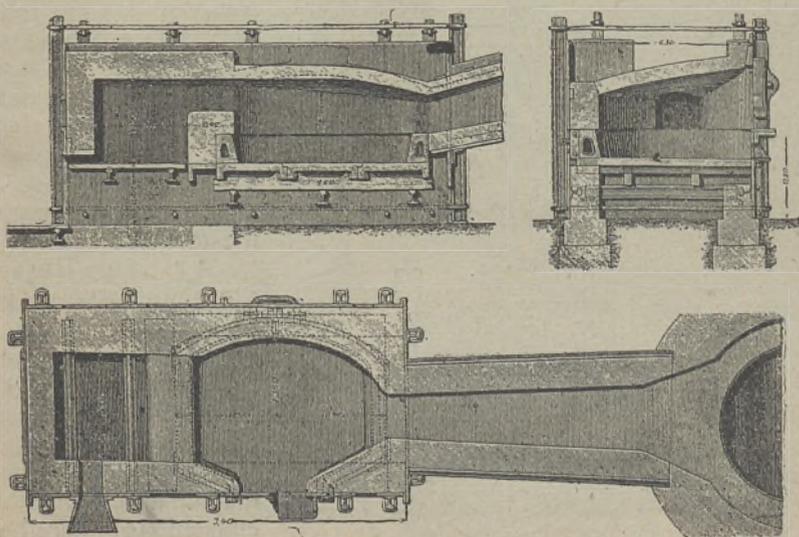


Fig. 16 — Côrtes longitudinal e transversal e planta

E' d'este trabalho que deriva a adopção do termo inglez *puddling* — misturar, remexer— etymologico de puddlagem. Quando o encarregado do forno vê, pelo aspecto da massa incandescente, que a operação está

terminada, fôrma com o metal pequenos blocos ou *lupas*, que vae rolando pelo forno, aproveitando, pela adherencia, os pedaços espalhados,

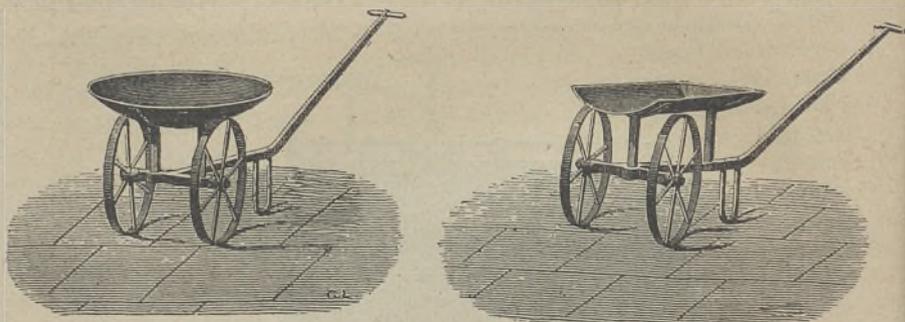


Fig. 17 — Carros de mão para serviço dos fornos

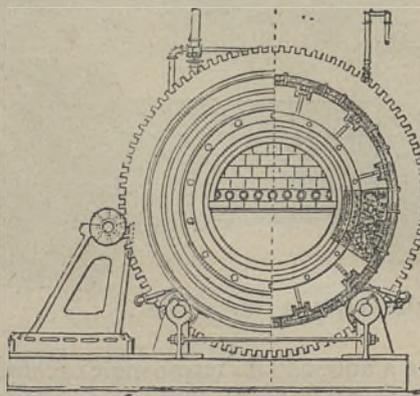
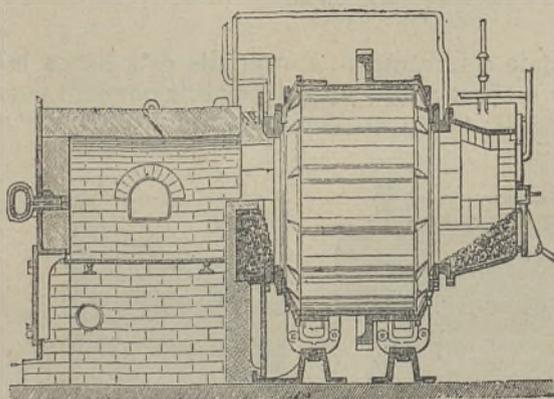


Fig. 18 — Appareho de Danks para puddlagem

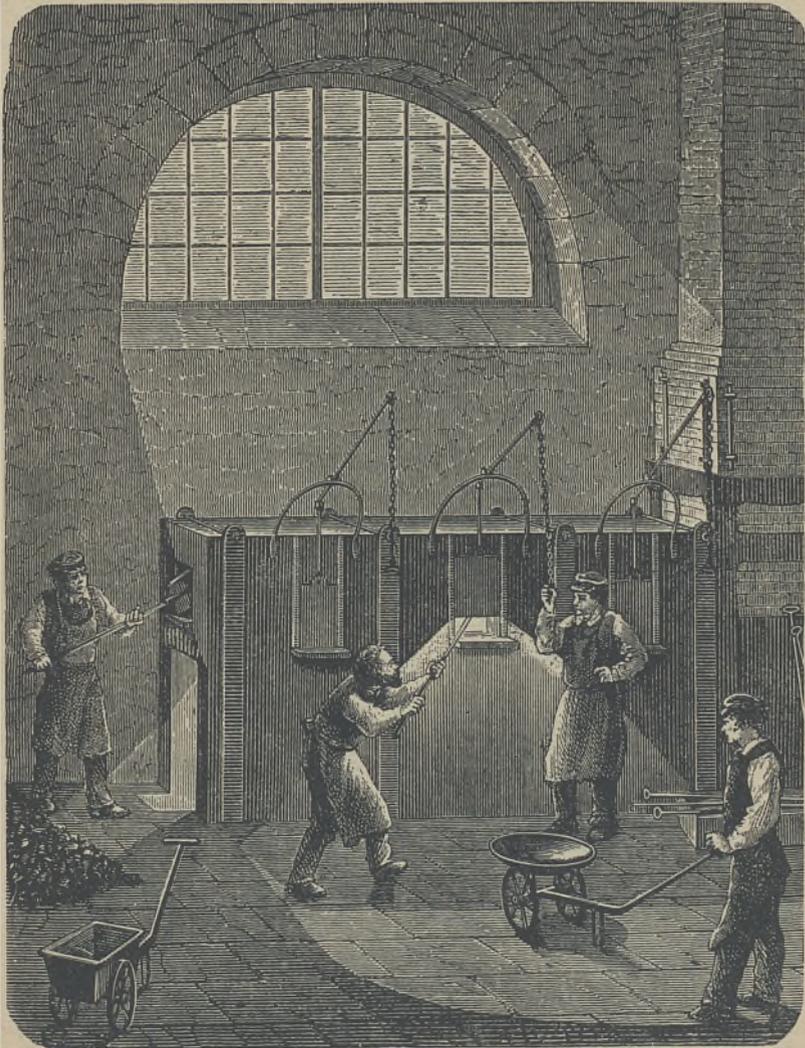
e fazendo em seguida as *lupas* cahirem sobre carros de mão dos typos que representa a *fig. 17*, que as levam ao martello pilão para serem batidas e comprimidas em massa compacta e homogenea.

E' penoso e requer muita habilidade este trabalho, que é de preferencia feito a braços, apesar das variadissimas machinas inventadas para o mesmo fim.

A estampa III representa um forno de puddlagem mostrando os operarios a remecher a massa metallica, cuja temperatura é superior a 1000°.

Entre os melhores machinismos de puddlar citaremos o appareho inventado por Danks, *fig. 18*.

Consiste este appareho n'uma fornalha vulgar d'onde a chamma



Forno de puddlagem

passa a um reverbero girante de fôrma cylindrica, cuja rotaçãõ, na occasiãõ opportuna, produz o rolamento da lupa, e a sua compressãõ de encontro a diversas saliencias dispostas interiormente no sentido das geratrizes do cylindro.

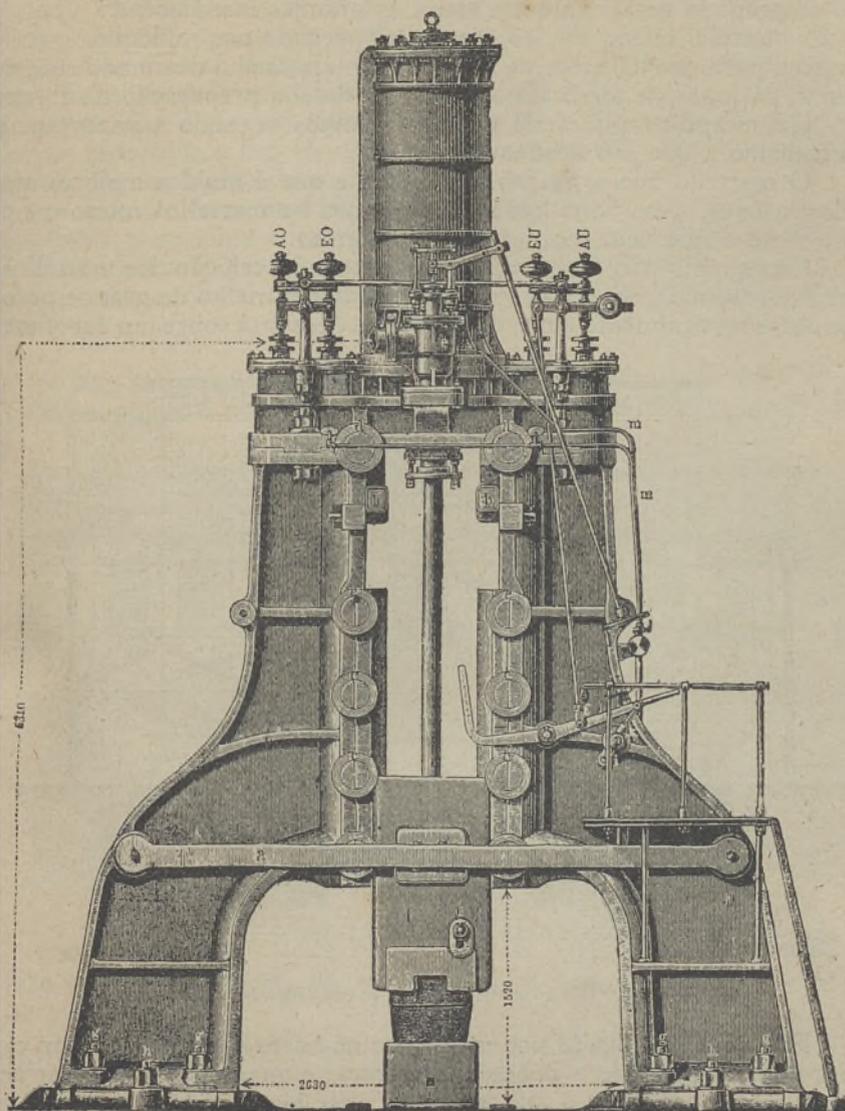


Fig. 19 — Martello pilão

Martellagem. Como já dissemos, as lupas ou blocos de ferro que saem do forno de puddlagem, são levados ao martello para ahi serem batidos e comprimidos, tomando uma contextura compacta e homogenea. Este trabalho é feito com o martello mecanico já indicado na *fig. 13*, nas installações de pouca importancia, ou com o *martello-pilão* empregado geralmente em todas as grandes installações.

O martello pilão, *fig. 13*, muito empregado nas officinas metalurgicas para martellagem de ferreiro, é o aparelho destinado a comprimir as lupas de ferro afinado, depois da sua preparação no forno.

Ha martellos pilões de varios tamanhos segundo a importancia do trabalho a que são destinados.

O martello que a *fig. 19* representa e que é um dos maiores modelos usuaes, pesa 5000 kilogrammas, mas ha martellos muito maiores, como o que vem representado na *fig. 20*.

Comquanto não tenha aqui cabimento a descripção dos martellos, diremos resumidamente que se compõem de um malho de grande peso, que corre verticalmente entre duas guias e descansa sobre um cavallette.

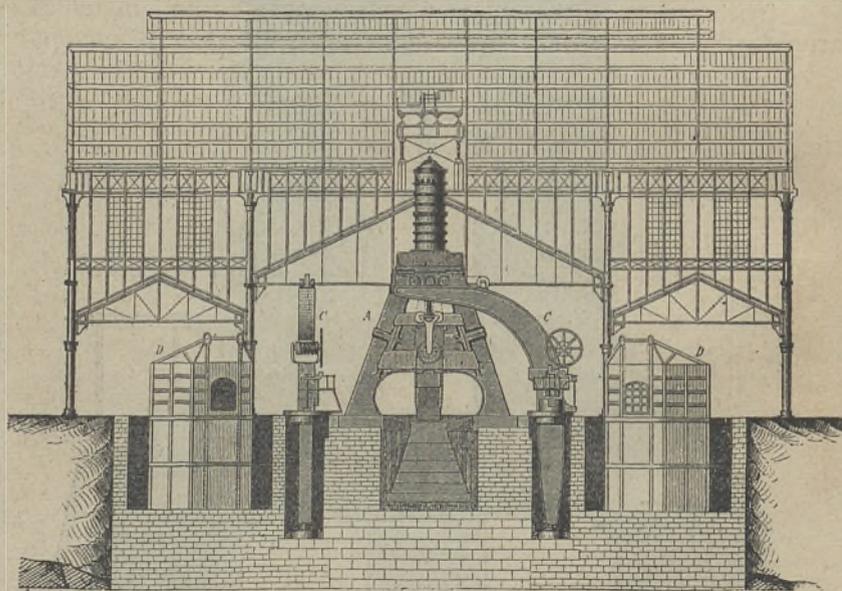


Fig. 20 — Installação do martello pilão de 80 toneladas da Casa Creuzot

Este malho é ligado por meio de uma haste ao embolo de um cilindro de vapor, onde o operario faz entrar a quantidade de vapor necessario, e que actua á sua vontade, quer levantando o malho quer descendo o com maior ou menor velocidade, conforme a energia da pancada que se pretende.

O monumental martello pilão de 80 toneladas da casa Creuzot, *fig. 20*, está montado n'um barracão de ferro com 17 metros de altura. O diametro interior do cylindro de vapor é $1^m,90$ e o diametro da haste $0^m,36$, sendo portanto $2^m,733$ a superficie livre do embolo, cujo passeio maximo é de 5 metros.

As fundações assentam em rocha a 11 metros de profundidade e são compostas, a partir de baixo: d'um massiço de alvenaria de cimento de 4 metros d'altura, d'um leito de carvalho com um metro de espessura, sobre o qual assenta o cavallete que pesa 622 toneladas. Este martello é servido por quatro guindastes CC, sendo 3 da força de 100 toneladas e um 160 toneladas, assentes em completa independencia das fundações do martello, como se vê na figura.

A lupa do ferro incandescente é levada pelo encarregado da manipulação para cima do cavallete e ahi soffre as pancadas do malho, que lhe tiram toda a escoria, além de a comprimirem em todos os sentidos, para o que é virada em todos os intervallos das pancadas do malho.

Laminagem. Em seguida á consolidação da lupa metallica no martello pilão, é a mesma aquecida de novo e levada ao *laminador*

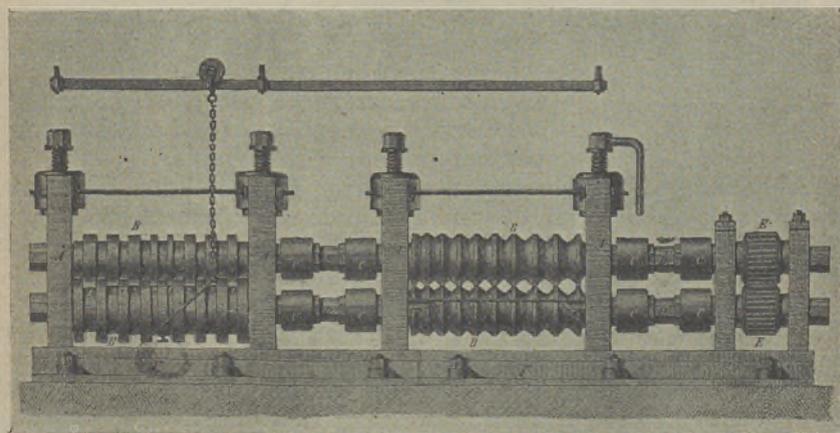


Fig. 21 — Laminador

para a sua transformação em barras, varões, rails de caminhos de ferro, etc.

Compõe-se o laminador de um ou muitos pares de cylindros, *fig. 21*, girando sobre os respectivos eixos, por meio de engrenagens a vapor.

Cada jogo de laminadores comprehende dois corpos, formados cada um por dois cylindros horisontaes com movimento de rotação

em sentido inverso, e cujas superficies apresentam caneluras de formas diversas.

Nos cylindros do corpo da direita, como se vê na figura, a superficie é torneada em caneluras de secção ogival de dimensões decrescentes; são os cylindros de *desbastar*. No corpo da esquerda o cylindro inferior é provido de caneluras rectangulares, onde encaixam exactamente as saliencias do cylindro superior; são os cylindros de *acabar*.

A aproximação d'estes dois cylindros póde augmentar ou diminuir, levantando ou descendo o cylindro superior sobre o inferior por meio de parafusos verticaes, conforme a espessura das barras que se pretende. A lupa de ferro que vem do martello pilão um tanto irregular, é introduzida no espaço maior entre os cylindros, e ahi é comprimida e puxada por entre elles, *fig. 22*, até sahir pelo lado opposto com uma fôrma alongada e uniforme. O operario que ahi a recebe colloca-a sobre o cylindro, o qual, na sua rotação, a leva de novo ao lado da entrada para ser obrigada a uma segunda passagem entre os cylindros n'uma abertura immediatamente inferior, aperfeiçoando a fôrma da barra e reduzindo-lhe a grossura. Assim se procede em novas e repetidas passagens percorrendo a escala do laminador, até se ter conseguido nos cylindros de acabamento a espessura desejada.

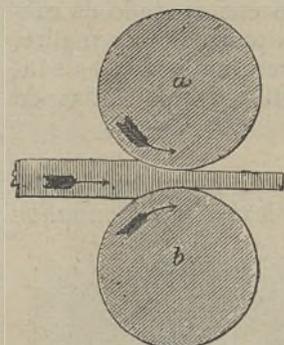


Fig. 22 — Movimento e cilindro do laminador

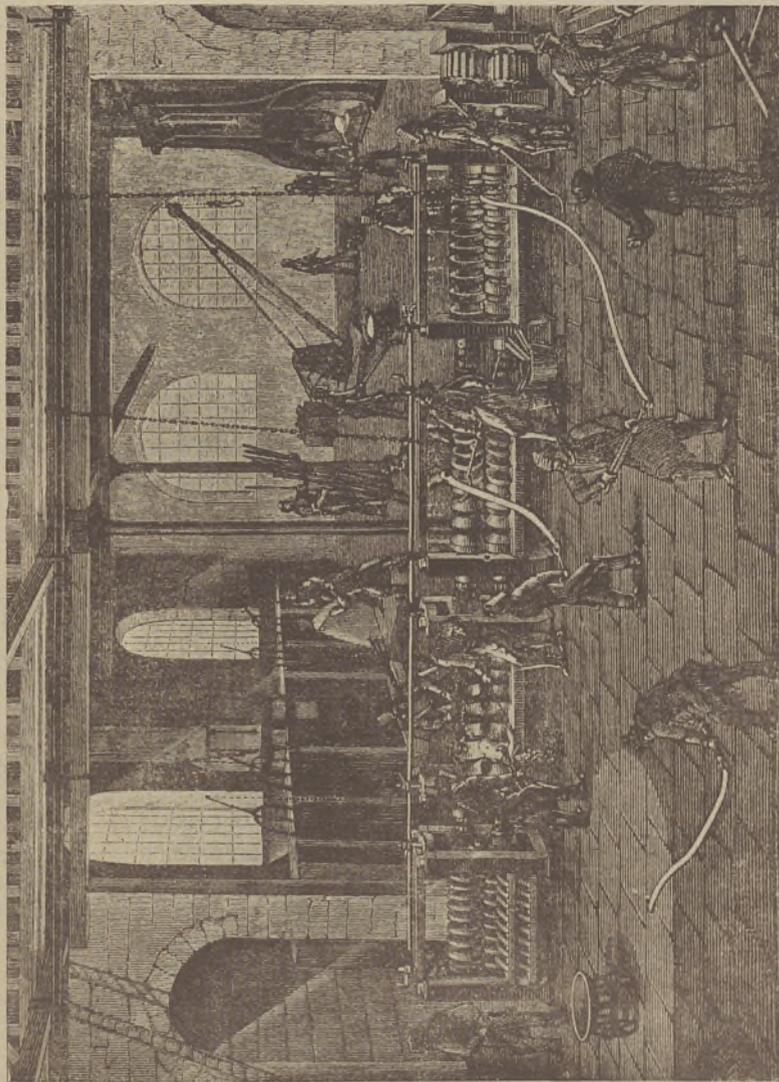
A Estampa IV representa um interior d'uma officina de laminação, mostrando o forno de puddlar, o martello e o trem de laminadores d'onde sahem longas fitas de ferro, guiadas pelos operarios por meio de tenazes apropriadas.

Terminada esta operação ficou o ferro transformado ainda em uma barra pouco homogenea e impropria para trabalhos finos, e por isso tem de soffrer nova laminação; antes porém é a barra cortada á tesoura mecanica, *fig. 23*, em boccados de 20 a 50 centimetros, que se empilham e caldeiam n'um forno especial, voltando novamente ao laminador.

D'esta vez fica uma barra perfeita na sua fôrma, lisa na superficie, homogenea no seu todo e capaz de ser trabalhada para qualquer fim.

Os laminadores mais perfeitos teem tres ordens de cylindros —*trio*— de fôrma que a barra é trabalhada na sua passagem para um e para outro lado, *fig. 24*, o que augmenta muito a quantidade de trabalho produzido.

Os laminadores dão variadas fôrmas ao ferro que por elles passa. Com secção quadrada dá-se ao ferro a denominação de *vergalhão*; com secção quadrilonga chama-se *barra*, de que ha grande variedade



Laminadores

tanto na largura como na grossura; com secção oval chama-se *ferro amendoado*; com secção de meia canna, tem a mesma denominação de *meia canna*; com secção circular toma o ferro a designação de *arame* quando o diametro é de pollegada ($0^m,025$) para menos, e de *varão* quando é de dimensão superior a pollegada. Quando a secção fórma um angulo, chama-se *cantoneira*; quando fórma dois angulos, é *barra em U*; quando perpendicularmente á barra corre um cutelo formando uma secção parecida com um T, chama-se *barra em T*; quando a secção tem a fórma de um H, chama-se *ferro em duplo T* ou mesmo H; quando as dimensões d'estas duas fórmas de ferro são grandes, chamam-se *vigas de ferro*.

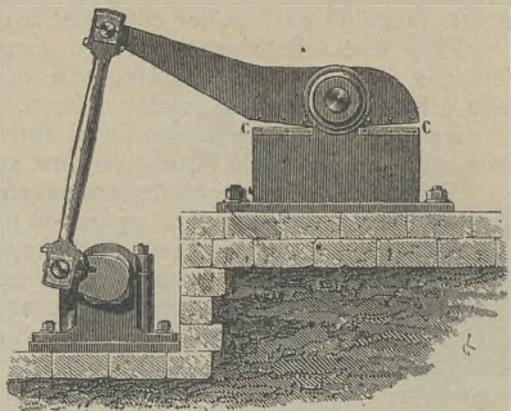


Fig. 23 — Tesoura

Ha mais variedades de secções de ferro que veem representadas na *fig. 1* do nosso *Desenho de Machinas*; estas são porém as mais vulgares.

Descrevemos successivamente a série de operações para a transforção do ferro, desde o seu estado primitivo de minerio até á fórma mais vulgar em que é entregue ao artista que d'elle se serve, manufacturando os mais variados artigos de applicação pratica.

Ha comtudo ainda outras fórmas de utilizar este famoso metal, as quaes constituem processos differentes, cujo conhecimento se torna indispensavel a quem deseje estudar a manipulação do ferro em todas as suas curiosas phases. São ellas: o *fabrico da chapa*, o *fabrico do arame*, o *fabrico do aço* e o *fabrico dos rails de caminhos de ferro*.

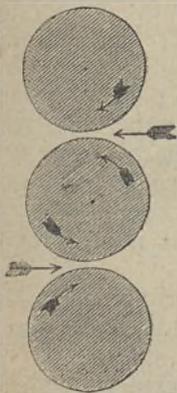


Fig. 24 — Movimento dos trios

Fabrico da chapa de ferro. A chapa de ferro é fabricada de barras cortadas em pedaços e que, depois de aquecidas sufficientemente, são levadas ao laminador.

Este aparelho differe do que é destinado ao fabrico de barras e varões, já descripto, nas superficies dos cylindros, que são lisas e se approximam mais entre si. Na primeira passagem entre os cylindros do laminador, a barra fica um pouco espalmada, e vae-se espalmando



gradualmente, em successivas passagens entre os cylindros, cada vez mais unidos.

Depois de algumas passagens o metal esfria, e tem de ser novamente aquecido para poder continuar a operação.

Para este effeito emprega-se o *forno dormente*, assim chamado devido á sua diminuta tiragem, pois que a circulação de muito ar teria o inconveniente de oxydar o ferro.

As ultimas passagens são feitas entre cylindros mais rijos e mais lisos, para que a chapa fique com uma superficie lisa e perfeita.

Terminada a operação de laminagem é a chapa levada á tesoura, que lhe aperfeiçoa os bordos, aparando-os e uniformisando as dimensões. Quando se quer obter uma chapa mais macia, recoze-se depois da laminagem, em caixas de ferro hermeticamente fechadas, deixando esfriar lentamente antes de retirar a chapa assim preparada.

O ferro exposto ao ar humido tem a propriedade de se oxydar, produzindo-se sobre elle o que se chama vulgarmente *ferrugem*, que augmenta sempre, acabando por romper a chapa, tanto mais promptamente quanto mais delgada ella fôr.

Para obstar a este inconveniente, que iria reduzir muito a utilização da chapa delgada de ferro, cobre-se esta com uma camada de estanho que a protege contra a oxydção. A chapa assim estanhada chama-se *folha de Flandres*, e emprega-se n'um sem numero de utensilios de uso vulgar.

O processo a empregar para o conseguir é o seguinte: depois de aquecida a chapa a um calor entre branco e côr de cereja, é levada ao laminador. Aparadas as margens á tesoura, é mergulhada em seguida n'uma solução de agua e $\frac{1}{4}$ de acido chlorhydrico para a limpar de qualquer oxydção, que por acaso se tenha dado na superficie. Ao fim de cinco minutos, é retirada do banho e passada para caixas fechadas, que são levadas a um forno e ahi recozidas durante 3 a 6 horas, conforme o grau de calor; em seguida são polidas cautelosamente ao laminador, ainda uma vez recosidas, e mergulhadas n'um banho de cebo, que as defende da acção do ar.

Assim tratadas são finalmente mergulhadas no primeiro banho de estanho, onde se demoram dois minutos approximadamente, passando depois a um segundo banho menos quente.

Ao sahir d'este ultimo já as chapas teem uma certa espessura d'estanho adherente; tira-se algum excesso na camada, por meio de um tampão de lã, e vae ainda, rapidamente, a um ultimo banho, que não tenha servido, e em seguida é collocada no aparelho de seccagem, *fig. 25*.

Ao fim de algum tempo são as chapas empacotadas em caixas de madeira, e, com a denominação de *chapas de folha de Flandres*, são expedidas para toda a parte, constituindo um grande commercio, pelo importante consumo que o funileiro dá a este material.

O ferro em chapa tambem póde ser coberto com zinco por meio

do galvanismo, para o fazer menos oxydavel e poder ser exposto ao tempo. D'esta forma é muito empregado em construcções ligeiras, tornando-se, quando ondulado, uma boa cobertura para habitações, porque, além de não se oxydar, a ondulação evita em parte o aquecimento pela incidencia directa do sol.

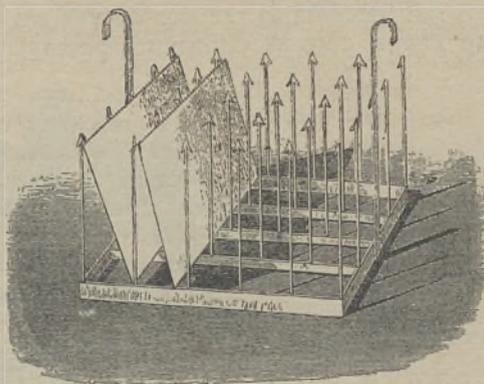


Fig. 25 - Apparelio de seccagem

Fabrico do arame de ferro. — O arame só se fabrica de ferro de boa qualidade. Para este fim são as barras de bom ferro cortadas em pedaços e levadas ao forno, para aquecerem até ao calor branco. E' assim que são passadas a um laminador de tres cylindros e de grande velocidade. A primeira passagem dá ao ferro uma secção oval, e as outras que se seguem uma secção circular definitiva. A barra, que tem vulgarmente 25 e 30 centimetros de largo por 60 centimetros a um metro de comprido, passa em menos de um minuto por dez caneluras do laminador, ficando reduzida a um diametro de 8 a 10 milimetros e estendida a um comprimento de 9 a 10 metros. Esta manipulação offerece um espectáculo interessante: o pedaço de ferro estende no seu comprimento á medida que diminue de grossura, passando incandescente e rapido pelas diferentes caneluras do laminador e serpenteando brilhantemente pelo chão por entre os operarios, os quaes cautelosamente procuram fugir-lhe. Para evitar accidentes, e mesmo a confusão que resultaria do emmaranhamento dos diferentes arames trabalhados ao mesmo tempo, é cada um guiado por um rapaz munido de uma ferramenta especial com que lhe péga.

Quando o arame chega ao diametro desejado, é enrolado, ainda quente, em bobines movidas á mão, indo o rolo assim formado a recozer em caixas de ferro fundido, deixando-se em seguida esfriar lentamente. Esta operação tem por fim dar ao ferro toda a sua ductilidade perdida pela acção do laminador, e que é indispensavel na passagem pela fieira para a completa reduccão do diametro.

Fieira é uma placa de aço temperado, na qual se acham abertos diversos furos ligeiramente conicos e de diametros diversos, dispostos em escala gradual.

Collocando o rolo ou maço de arame recozido n'uma especie de dobadoura, *fig. 26*, é a ponta d'este enfiada pelo furo maior da placa, e ligado a um cone fixo a um eixo vertical que, recebendo movimento de rotaçãõ por meio de engrenagens, vae enrolando em si

o arame que é obrigado a passar pela feira, que lhe reduz o diametro.

Egual operação se faz para o arame passar por todos os furos da placa, desde o maior até ao mais pequeno ou até aquelle que lhe der o diametro pretendido.

E' necessario recozer de vez em quando o arame, que facilmente enrija com as diferentes passagens, tornando-se quebradiço e in-

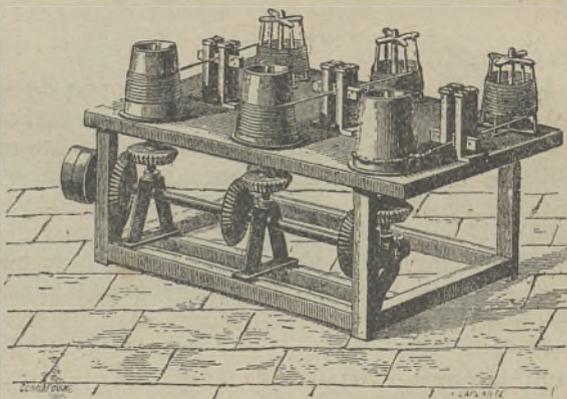


Fig. 26 — Feira de arame

capaz de supportar o esforço necessario. Quando se quer obter um arame brilhante e polido, mergulha-se o maço, antes da ultima passagem pela feira, n'uma solução de acido sulphurico que o limpa do oxydo, indo em seguida á feira, *fig. 27*, que lhe dá o brilho desejado.

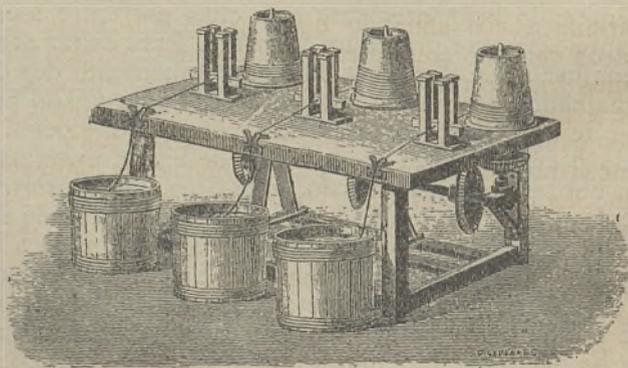


Fig. 27 — Decapagem do arame

A' operação de limpeza do arame, dá-se o nome de *decapagem*. O arame tambem póde ser revestido de uma camada de zinco, para poder resistir á acção oxydavel da humidade.

Para isso, além da decapagem pelo acido sulphurico, dá-se uma outra pela immersão n'um banho de chlorhydrato de amoniaco. A' sahida d este, passa o arame por um outro banho de zinco em fusão, e d'ahi vae enrolar-se na bobine.

O arame assim protegido, serve para todas as applicações em que tenha de ficar exposto ao ar ou humidade, porque não oxyda facilmente.

AÇO

Dá-se o nome de aço ao ferro desembaraçado de silicio e phospho, e combinado com uma certa quantidade de carbono.

O aço caracteriza-se pela facilidade com que pôde mudar de consistencia; se o aquecermos até uma temperatura alta, e o esfriarmos repentinamente, mergulhando-o, por exemplo, em agua fria—o que se chama *temperal-o*—tomará uma rigidez tal, que resistirá á acção da lima e da broca, partindo-se ao esforço de flexão; se n'este estado o tornarmos a aquecer e o deixarmos esfriar gradualmente—o que se chama *recozel-o* ou *destemperal-o*—perderá essa rigidez e ficará macio e malleavel.

O aço em laminas esfriado ou temperado por processos especiaes, toma uma rigidez e elasticidade que lhe permitem uma grande flexão sem partir, retomando a sua fórma primitiva terminada a causa d'essa flexão; esta qualidade é a que lhe dá uma perfeita applicação a variadissimas especies de molas.

Preparação do aço

Prepara-se o aço afinando no ferro, por qualquer processo, a quantidade de carbono combinado em uma percentagam determinada. Se quizermos transformar o ferro coado ou guza em aço, teremos de lhe reduzir a quantidade de carbono que com elle se acha combinado, a 2 a 5 por cento, o que se chama *descarburação*.

Se quizermos transformar o ferro macio ou malleavel em aço, teremos que lhe incorporar o carbono que elle não tem, na quantidade necessaria, o que se chama *carburação*. N'estes dois principios assentam todos os processos de fabrico até hoje empregados para a preparação do aço. Esses processos dão origem a diversas qualidades de aço, que poderemos classificar em: *Aço natural*—*Aço puddlado*—*Aço Siemens e Martin*—*Aço Bessemer*—*Aço de cementação*—*Aço fundido*.

Aço natural.— Chama se aço natural aquelle que sae da manipulação normal pelo methodo catalão. Para isso comtudo, é necessario que o minerio tratado seja *manganezifero*, isto é: que conteha manganez.

Este corpo arrasta comsigo nas escorias o silicio e o enxofre, auxiliando a combinação do carbono com o ferro.

O aço assim produzido é de grande valor, mas é caro, devido ás causas já indicadas quando tratámos do methodo catalão.

Tambem se pôde obter o aço natural do ferro coado, quando de origem do minerio manganezifero, sendo então necessario afinal-o parcialmente, pela acção de uma camada de escorias ricas em oxydo de ferro da *carepa*, espalhada sobre o metal em fusão. O emprego do carvão de madeira é indispensavel n'esta operação, em que se reduz a quantidade de carbono, descarburando o metal.

Aço puddlado.—Este aço é uma variante do aço natural. Da mesma origem do bom minerio manganezifero coado, é devidamente afinado no forno de puddlagem, já descripto a pag. 24. O ferro é lançado sobre escorias ferruginosas já em fusão, e, depois de exposto á chamma durante duas horas ou mais, segundo a quantidade de carbono a queimar na descarburacão, é retirado em blocos de cerca de 30 kilos e immediatamente batido e laminado em barras. A perfeição do processo depende da justeza do momento em que deve cessar a acção do fogo. O aço produzido por este processo é barato, e pôde ser muito bom se o metal empregado fôr de boa qualidade.

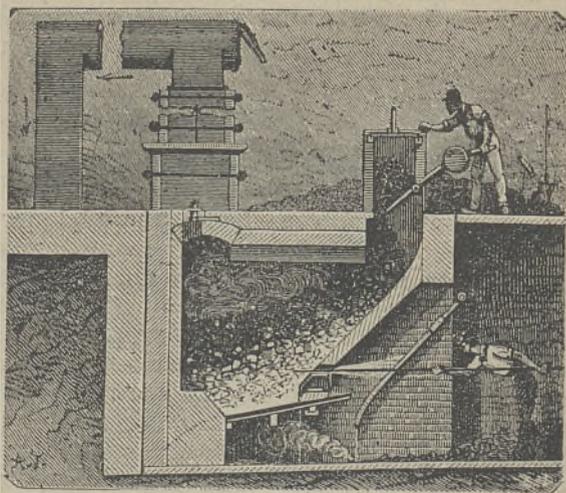


Fig. 28—Gazogeneo Siemens

Aço Siemens e Martin.—Este aço é obtido pela descarburacão do ferro coado pelo oxydo de carbono.

Para o conseguir procede-se da lórma seguinte :

N'um forno especial, que tomou o nome de *gazogeneo Siemens*, fig. 28, é produzido o oxydo de carbono pela combustão do carvão. O

ar que atravessa as grelhas da fornalha, passa ainda por uma camada de carvão, transformando-se em oxydo de carbono e sahe pela chaminé que se vê á esquerda. D'ahi segue e vae entrar no forno denominado *Siemens e Martin* pelo compartimento A', *fig. 29*, chamado *regenerador* ou *camara de gaz*.

Faz-se entrar no compartimento B', *fig. 29*, uma corrente de ar que se vae encontrar com o oxydo de carbono sobre a soleira do forno onde se acha o metal e ahi se dá a combustão cujos productos descem aos compartimentos A e B, d'onde sobem para a chaminé.

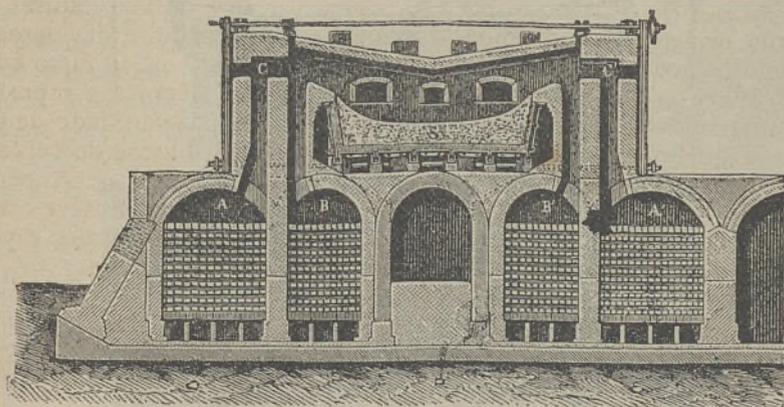


Fig. 29 - Forno Siemens e Martin

Ao centro do forno, onde vem dar a conducta que traz o oxydo de carbono do gazogeneo, ha um jogo de valvulas, P Q R e S, *fig. 30*, permittindo dirigir á vontade e independentemente as correntes de gaz ou de ar para os compartimentos da direita ou da esquerda.

Estabelecida a communicacão com os compartimentos da direita A' e B', *fig. 29*, os productos da combustão dos gazes vão, na sua passagem, como facilmente se vê na figura, aquecer os compartimentos ou regeneradores da esquerda A e B.

Ao fim de uma hora inverte-se a direcção das correntes por meio das valvulas da entrada, e passa o aquecimento a operar-se nos compartimentos da direita B' e A'. Este aquecimento é agora mais intenso, visto que os gazes já veem mais quentes pela sua passagem pelos compartimentos anticipadamente aquecidos A e B. Chegada a temperatura de ambos os lados ao seu maior grau, reduz-se a entrada dos gazes e obtem-se uma combustão mais viva sobre a soleira do forno, onde se acha o metal para ser descarburado.

Este systema de aquecimento é economico e não produz fumo.

As cargas são geralmente constituídas por 2:000 kilos de ferro coado, 2:000 kilos de residuos de ferro coado e 2:000 de pedaços de ferro e aço.

O processo Siemens *vae*, comtudo, sendo gradualmente substituido pelo processo de Bessemer, muito mais rapido e barato.

Aço Bessemer. — Foi em 1855 que Henrique Bessemer leu deante da *British Association*, em Chaltenham, a celebre conferencia,

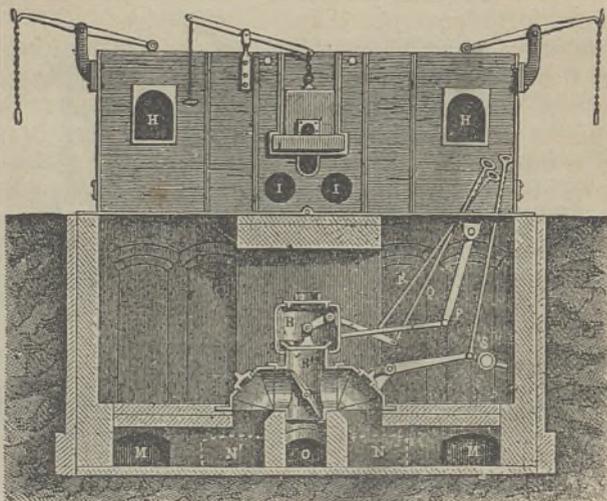


Fig. 50—Jogo de valvulas do forno Siemens e Martin

em que pela primeira vez tornava publica a sua nova ideia sobre o fabrico do aço. Pois sómente em 1867 essa ideia principiou a entrar no dominio da pratica, e hoje está adoptada por toda a parte, supplantando os melhores processos anteriormente empregados no fabrico do aço.

As bases dos processos Bessemer e Siemens Martin differem em que n'este o ferro é descarburado parcialmente até á conta precisa para conter a percentagem de carbono que se deseja, e n'aquelle a descarburacão é completa, adicionando-se-lhe depois a conta necessaria de carbono.

Emquanto á fórma de manipulaçãõ, a differença está em que no primeiro a combustão se effectua *sobre* o metal, e no ultimo *atravez* d'elle.

Por aqui se pôde avaliar facilmente quanto mais rapida é a operaçãõ.

O convertedor Bessemer, *fig. 31*, no qual se converte o ferro coado em aço, compõe-se de uma especie de pote de ferro, cuja bocca é inclinada para a frente. O interior d'este pote é revestido de uma camada de barro refractario, como se vê em linhas ponteados *a, b, c, d, e, f*. O convertedor é suspenso por dois braços ou munhões *Z*, em torno dos quaes pôde girar por meio de rodas de engrenagem fixas a um d'esses braços, ou de um aparelho hydraulico. O braço do lado opposto é ôco e articula n'um tubo *F* conductor de uma forte corrente d'ar. Essa corrente entra n'um espaço *D* que contorna o bojo do convertedor, e vae passar em *X* ao tubo *C* que a conduz ao fundo falso *B*, que communica com o interior do recipiente por uma série de furos que atravessam a camada de barro refractario.

O convertedor é collocado proximo do forno de fundição, e d'elle recebe por uma calheira o ferro coado em fusão, como se vê na Estampa *V*.

Na rotação sobre os braços, o convertedor toma as posições mais apropriadas a facilitar todas as manobras.

Apenas carregado, vira a bocca de sahida para a cupula da chaminé, conforme se vê representado na Estampa á direita. Faz-se então entrar n'elle uma forte corrente de ar, que, atravessando de baixo para cima toda a carga de ferro em fusão — dois a cinco mil kilos — produz um rumor particular.

O espectaculo é então curioso e imponente !

Um facho de chammas, a principio arroxeadas e raiadas por um sem numero de brilhantes faiscas, é arremessado da bocca do convertedor pela chaminé acima.

Pouco a pouco, esse facho de lume, de 30 centim. de diametro, alonga-se e toma um tom mais claro e brilhante, perdendo gradualmente o seu acompanhamento de faiscas. E' então que attinge um grande poder illuminante, tornando-se um deslumbrante espectaculo, especialmente de noite !

O que se passa no interior do recipiente? O ar atravessando o metal em fusão, n'uma proporção de 14 metros cubicos por minuto, leva-lhe uma enorme quantidade de oxygenio; este gaz favorece primeiro a combustão dos elementos oxydaveis contidos na massa em fusão, como o silicio e o manganez, e só passado alguns instantes

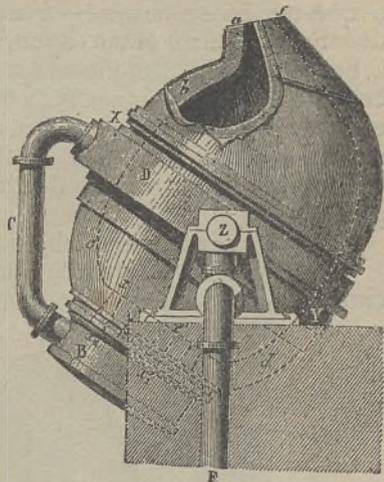


Fig. 31 — Convertedor Bessemer

começa por seu turno a queima do carbono. Esta combustão determina uma tal subida de temperatura — 2000 a 2500 graus, — que não só mantém a fusão do metal como ainda o torna mais fluido.

E' pelo aspecto da chamma que o operador experimentado, avalia o andamento da operação.

Esgotado pela combustão todo o carbono, é ferro puro e macio o que temos em fusão no convertedor.

Suspende-se então a corrente de ar, extingue-se a chamma, e a bocca do convertedor desce e vem receber uma composição de excellento ferro manganezifero muito puro e fortemente carborado, que está proximo, em fusão n'um pequeno forno ou cadinho. Essa composição é convenientemente doseada segundo a quantidade de ferro que vae temperar, e o grau de carbono que se quer dar ao aço em preparação.

A esta dosagem se chama a *adição*.

Introduzido o ferro de *adição*, torna o convertedor a virar para cima a sua bocca recurvada; recebe nova corrente de ar e uma nova

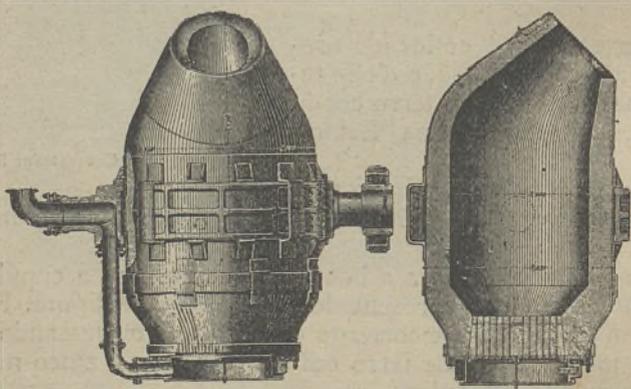


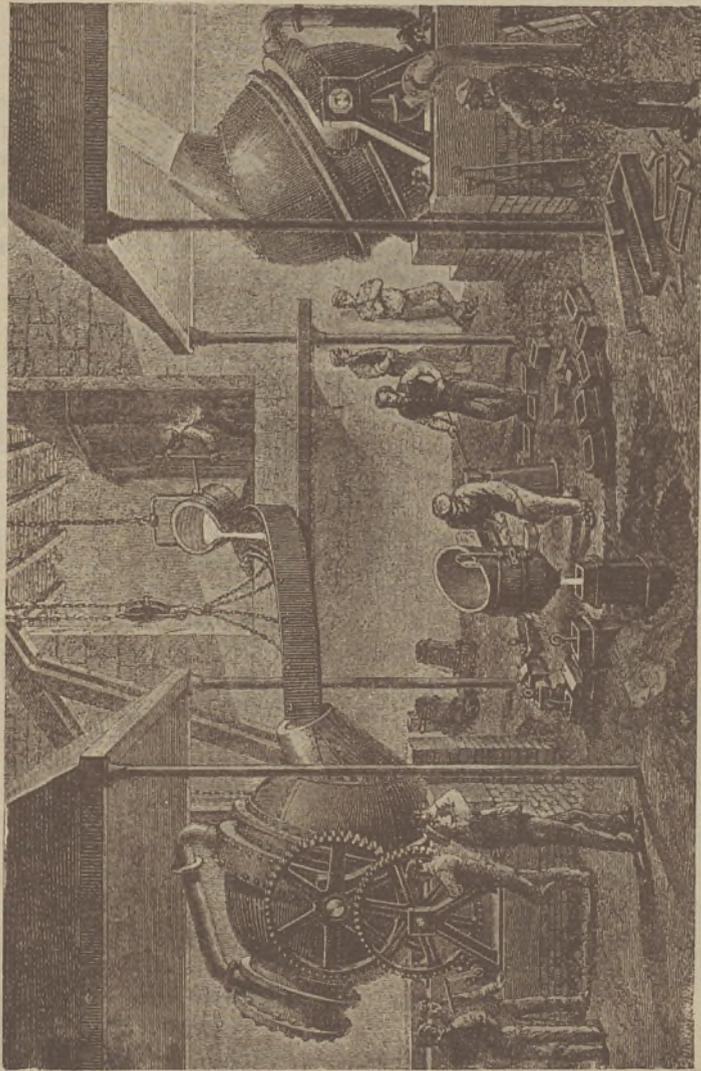
Fig. 32 — Typo moderno do convertedor

chamma se eleva pela chaminé. Opéra-se então a reacção tumultuosa, e passados alguns instantes, fecha-se a entrada d'ar, inclina-se novamente o bojo do recipiente, e o aço em fusão corre nas colheres que o levam ás caixas de fundição.

Na *fig. 32* mostramos um convertedor do typo mais moderno, representado tambem em córte.

Em frente do convertedor ha, n'algumas officinas, um cylindro hydraulico que transmite movimento a um braço porta-colher, por meio do qual esta recebe do convertedor o aço em fusão, distribuindo-o pelas caixas dispostas em circulo, como se vê na Estampa V.

Em officinas de maior movimento, esse braço é susceptivel de estender, procurando outros circulos de caixas. Este aparelho facilita



Fabricação do aço Bessemer

muito a operação, reduzindo o numero de operarios, o que se torna de grande utilidade para evitar confusões, que n'este caso pôdem acarretar accidentes funestos.

A colher que recebe o metal em fusão, tem esse nome apenas devido ao habito em que se está de chamar colher ao utensilio com que se deita o metal no molde ou caixa; effectivamente a sua fôrma primitiva justificava o termo; hoje porém essa designação não tem razão de ser, porque o apparatus empregado é uma especie de balde de ferro com um bico de sahida, formado por uma depressão n'um ponto do seu rebordo. Este balde, devido ao sempre crescente volume do metal que recebe, é vulgarmente conduzido por meio de *forquetas*; as forquetas são formadas por um aro que supporta o balde ou colher, tendo, diametralmente oppostas, duas hastes em fôrma de T; um homem ou mais a cada braço d'estas hastes conduzem a colher á caixa e, torcendo a haste, fazem tombar a colher, que deixa escorrer o metal pelo bico, para dentro do molde.

Ultimamente ainda a colher tomou uma fôrma diferente; além de ser de maior capacidade, não tomba, e larga o metal por uma sahida que tem no fundo, tapada com uma especie de taco, que se pôde levantar por meio d'uma haste recurvada que fica fóra do bordo da colher. A colher pôde ser fixa ao braço do cylindro hydraulico que já descrevemos. Estas colheres de grande capacidade, ambas representadas na Estampa V, são empregadas em fundições de importancia, offerecendo a grande vantagem de poderem ser levantadas até fazer mergulhar na massa metallica em fusão, um agitador em fôrma de helice de navio, *fig. 33*, revestido de barro refractario e montado n'um eixo vertical que recebe um movimento rotatorio de 100 revoluções por minuto.

A vantagem d'este apparatus é tornar a massa muito mais homogenea e equal, excellente condição para o fabrico de rails de caminho de ferro e outras applicações, e para evitar bolhas e *chóchos* causados pela presença de gazes em suspensão na massa.

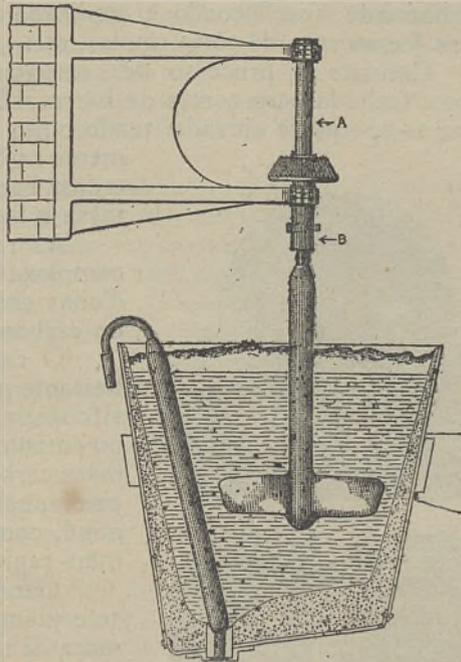


Fig. 33—Agitador de aço em fusão

Póde dizer-se que a descoberta do fabrico do aço Bessemer produziu uma verdadeira revolução na industria metallurgica.

Este aço, devido á sua producção economica, vae substituindo cada vez mais o ferro, especialmente desde que se póde variar as suas propriedades, com a variedade de ligas empregadas na *addição*, obtendo-se aços de qualquer rizeza, desde os mais macios até aos mais rijos.

Aço de cementação.—A theoria do fabrico d'esta especie de aço é a seguinte: se pozermos o ferro malleavel em contacto demorado com o carbono aquecido a uma alta temperatura e protegido contra a acção directa do combustivel, esse ferro transformar-se-ha em aço, sem ter pasado pelo estado de fusão, nem mesmo pelo estado pastoso.

Esta theoria, descoberta desde remotissima data, não se sabe por quem, deu origem ao processo chamado de *cementação*, ainda modernamente aperfeiçoado e applicado ao fabrico de muito bom aço para ferramenta de córte, molas, etc.

Consiste o processo de cementação em expôr barras de bom ferro, fechadas em caixas de barro refractario, á acção demorada de uma temperatura elevada, tendo junto a si, além de substancias altamente carbonadas, algumas materias azotadas, bem como materias alcalinas, potassa e soda.

As reacções produzidas são muito complexas para aqui as expôrmos; o fim d'ellas comtudo, é facilitar a penetração do carbono no metal, ou a *incorporação*.

O carvão animal ordinario contém bastante potassa e azote, podendo já por si, constituir um bom *cemento*; costuma-se no entanto juntar-lhe outras materias animaes carbonisadas (como raspa de couro) cinzas, sal marinho ou fuligem de chaminé, com o fim de tornar a cementação mais rapida e energica.

O forno de cementação, visto em córte e planta na *fig. 34*, consiste n'uma camara de tijolo B, formada sob a cupula de uma chaminé, dentro da qual ha, em geral, duas caixas A A, nas quaes se colloca o ferro que se quer transformar em aço.

Por baixo d'esta camara ha uma fornalha *b* com grelhas, para a collocação do combustivel. Os gazes da combustão sobem pela garganta da fornalha, entram

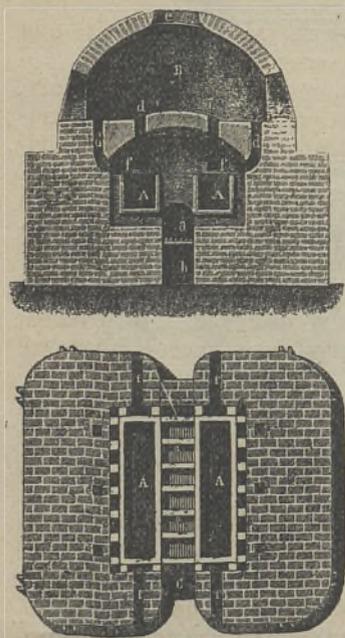


Fig. 34 — Forno de cementação

na camara, e, envolvendo por completo as caixas onde está o metal, sahem pelo conductor para a chaminé e, que os leva para a atmosphera.

Em frente das caixas ha na parede da camara uma pequena porta, que permite retirar de tempos a tempos uma das barras de prova, especialmente disposta para se avaliar o andamento do processo.

As barras, que devem ser de bom ferro, teem de ordinario tres pollegadas de largura por dois ou tres oitavos de espessura, e são collocadas dentro das caixas, de cutello sobre uma camada de $\frac{1}{2}$ pollegada de *cemento*, e afastadas umas das outras 1 pollegada.

Sobre ellas deita-se mais *cemento*, que deve encher os intervallos, e cobril-os com uma camada de pollegada. Sobre esta fiada, dispõe-se igualmente outra e outra até encher as duas caixas, que chegam a comportar sete a oito toneladas de ferro. Sobre a ultima camada deita-se uma porção de uma mistura de silica e oxydo de ferro, sendo as caixas fechadas hermeticamente.

Applica-se o fogo progressivamente, durante os primeiros dois ou tres dias, para não estalar as caixas, até chegar ao seu maximo de intensidade, que é mantido durante um periodo de tempo proporcional ao grau de rijeza que se quer dar ao aço.

Quatro dias bastam para obter aço bom para serras e mollas; seis ou oito dias para aço puro de cutelaria, e dez dias para aço rijo proprio para corta-frios.

Chegado á conta desejada, apaga-se em seguida o combustivel gradualmente, para evitar transições bruscas de temperatura, até que completamente frias as caixas, pôdem ser descarregadas.

Geralmente a operação leva tres semanas; uma para aquecer, uma para manter o calor, e uma para o perder, de fórma que durante um anno sómente se pôdem obter 16 cementações, approximadamente, em cada forno.

A superficie das barras obtidas por este processo, apresenta umas bolhas que originam a denominação de *aço de bolha*. Quando partidas apresentam na sua secção um lustro argenteo e uma estructura cristalina bem definida.

A proporção de carbono que entra em combinação com o ferro, depende da duração do processo, mas raramente excede quatorze partes por mil de ferro.

O aço de cementação é tão fino quanto é boa a qualidade do ferro empregado. O ferro puro, isento de enxofre e de phosphoro, e aquelle que contém manganez, dão um aço excellente; os ferros de mediocre qualidade dão aços de pouco valor.

O aço cementado não fica completamente homogeo, sendo a parte exterior sempre mais carburada do que a interior, e por isso tem de soffrer uma especie de recozimento afim de egualar a estructura, antes da transformação nas barras em que é fornecido ao commercio.

Essa desigualdade de carburação nem sempre se torna um inconveniente; em certos casos é até vantajoso que uma peça seja mais

rija exteriormente, como succede aos rails de caminhos de ferro, que assim offerecem muito mais duração.

O processo de cementação é muito util para fabricar certos artigos, que são facilmente confeccionados com ferro macio, e depois enrijados pela carburação ou *temperados*.

Aço fundido. Para se obter um aço perfeitamente homogeneo, em que o carbono se encontre egualmente espalhado em toda a massa metallica, é indispensavel sujeital-o á fusão.

O aço fundido não é um composto de natureza especial, é simplesmente o aço vulgar obtido pelos processos ordinarios, que se funde para se obter a mistura completa e uniforme de todos os seus componentes.

O metal destinado á fusão é quasi todo bom aço de cementação. As barras são partidas em fragmentos pequenos e esses fragmentos, cujo grau de carburação ou rijeza se revela pelo aspecto da secção da fractura, são cuidadosamente divididos e classificados, podendo assim temperar-se a composição da massa fundida conforme o resultado que se deseja obter, o que constitue uma importante vantagem do processo.

Forno para fusão do aço. O forno para fusão do aço, *fig. 35*, compõe-se de uma fornalha F com grelha, para onde entra o combustivel pela bocca que lhe fica superior.

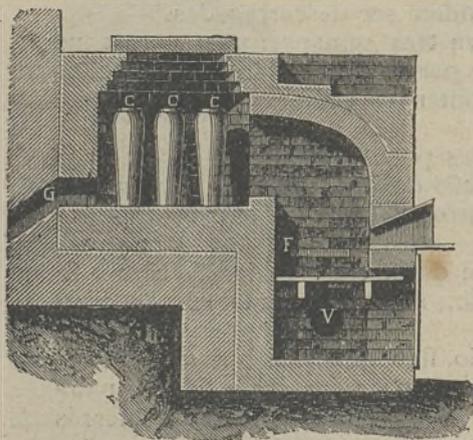


Fig. 35—Forno para a fusão do aço

Por baixo das grelhas desemboca o tubo V, conductor do jacto d'ar, que atravessando as grelhas alimenta a combustão, cujos gazes sobem á camara onde se encontram os cadinhos C C C, envolvendo-os e sahindo para a chaminé pela conducta G.

Os cadinhos são vasos feitos de argila especial, ou de graphite misturada com argila recozida.

O seu fabrico requer muito cuidado, para que possam resistir á temperatura elevadissima a que serão expostos. Depois

de obtida a massa na conta necessaria, são os cadinhos moldados sob uma grande pressão, indo em seguida para o seccador, onde se demoram dois a tres mezes, antes de soffrerem uma cozedura completa e bem vigiada. Apesar da perfeita resistencia d'estes cadinhos

á acção do fogo, não podem servir senão uma só vez. Cada vaso d'estes, comporta entre 20 a 30 kilos de metal, e alguns mesmo 40 kilos, e cada forno pôde aquecer dois a nove cadinhos.

Quando o aquecimento se faz com carvão de coke, pôdem envolver-se os cadinhos com o carvão incandescente; empregando, porém, a hulha, a disposição tem de ser a que indica a figura para se evitar o contacto de carvão, afim de subtrahir o metal á acção do enxofre, cujas consequencias já conhecemos.

Collocados os cadinhos, carregados e bem tapados, em posição enxadrezada, estabelece-se a combustão, que se alimenta com uma corrente d'ar. Passadas quatro horas, está o metal em fusão dentro dos cadinhos. Aberta a tampa do forno, retiram-se os cadinhos com torquezes especiaes, e despeja-se o seu contheudo em moldes devidamente aquecidos.

Tanto em França como em Inglaterra e America, ha fundições de aço importantissimas; o estabelecimento mais grandioso, porém, é o de Krupp em Essen, Allemanha. O processo seguido n'essa immensa fabrica é o que acabamos de referir, constituindo a sua notabilidade na escolha do material empregado e na organização do trabalho.

Imagine-se uma vastissima officina ao longo da qual se vê uma enorme fileira de *fornos de vento*, onde se pôde aquecer ao mesmo tempo uns 1200 cadinhos! Quando é preciso fundir esses grandes canhões de 10.000, 20.000, 50.000 e mais kilos, todos os fornos são accendidos ao mesmo tempo, sendo mantido o fogo de fórma que a fusão fique perfeita simultaneamente em todos elles.

Ao meio da officina é collocado o molde meio enterrado no chão, e uma grande colher, especialmente disposta, recebe o contheudo de todos os cadinhos, fazendo depois o metal entrar no molde, de um só jacto igual e sem interrupção. Essa operação exige muita ordem e presteza de manobra.

No momento preciso, 400 homens estão formados e promptos a marchar a um signal, como na execução d'uma manobra militar, cada um sabendo perfeitamente os movimentos que ha de executar.

Aberto um forno, começa-se a retirar cadinhos uns atraz dos outros, despejando o aço fundido nos differentes canaes que o conduzem á colher geral. Esgotado o primeiro forno, segue o segundo e successivamente todos os restantes, com uma regularidade e presteza admiraveis. Reunido todo o aço na immensa colher, abre-se uma valvula existente no fundo da mesma, e o liquido incandescente precipita-se no molde fumegante.

Para evitar confusões, cada cadinho depois de despejado é atirado para uma abertura no chão, que o conduz a um deposito subterraneo.

Ao fim de algumas horas, estando a peça já solidificada mas ainda incandescente, é arrancada do molde por meio de poderosos guindastes e coberta com carvão acceso e cinza dentro de uma especie de

cama de tijolo onde se demora entre fogo, dias, semanas e até mezes, antes que seja trabalhada com o malho. Assim se tem obtido em Essen a fundição de peças de aço pesando mais de 50:000 kilos, que tem feito universalmente conhecido o nome de Krupp.

Fabrico de rails.—O extraordinario desenvolvimento dos caminhos de ferro por todo o mundo, tem creado uma tão consideravel exigencia de rails, que a industria do seu fabrico está tomando proporções assombrosas.

Todas as companhias de caminhos de ferro teem substituido quasi por completo, os seus rails de ferro pelos modernos rails de aços.

Calcula-se que um rail de ferro deve ser substituido quando tiver dado passagem a um peso total de doze milhões de toneladas; pois a resistencia dos rails de aço póde ser seis ou sete vezes maior.

Os rails de aço são fabricados da seguinte fôrma:

Funde-se o aço em lingotes que são recozidos e passados ao laminador em canneluras cuja fôrma dá ao rail o perfil que se deseja.

Obtem-se d'este modo longas barras de aço em fôrma de rail, que se cortam ainda rubras no comprimento que se pretende, na machina representada na *fig. 36*.

Esta machina compõe-se essencialmente de duas serras circulares trabalhando com uma grande velocidade, montadas no mesmo

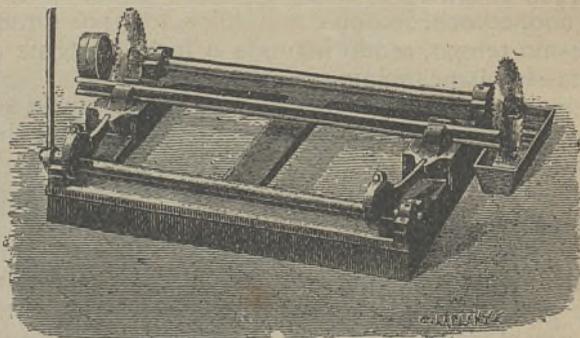


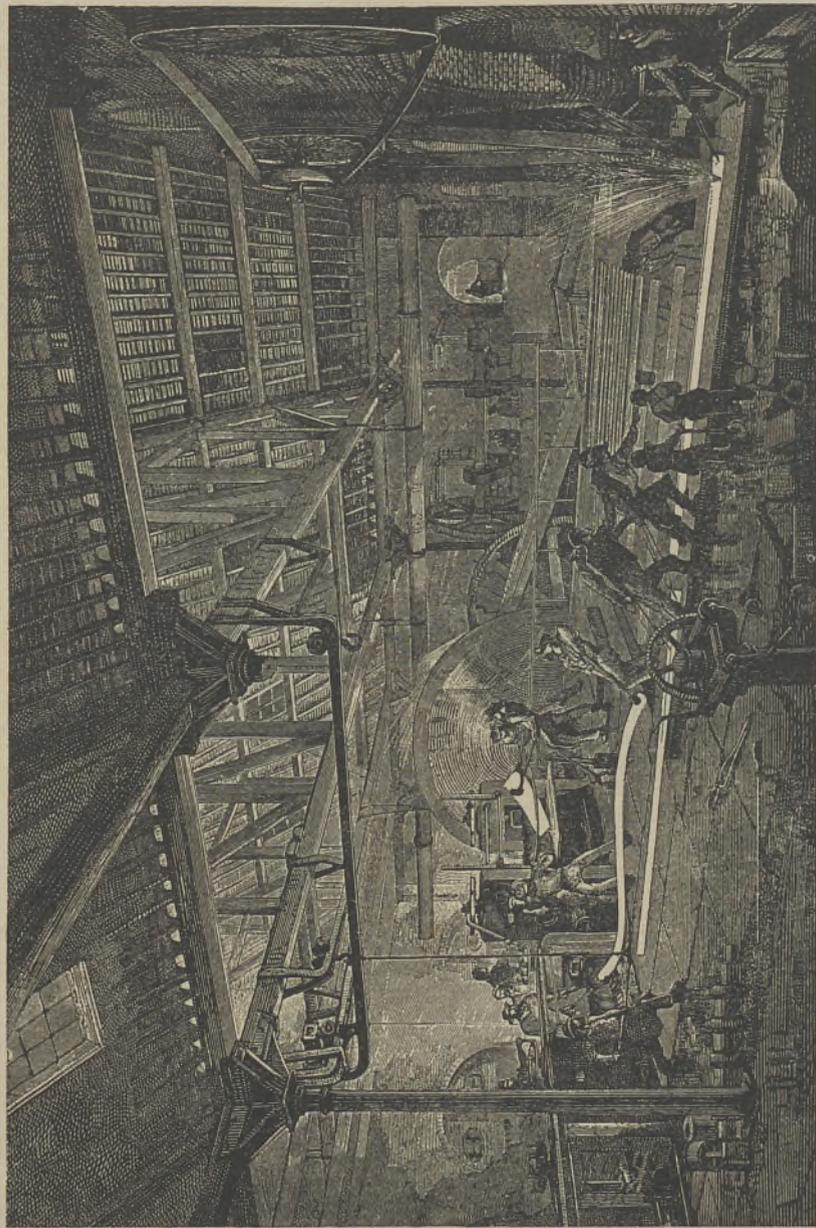
Fig. 36—Machina de cortar rails

eixo, e distanciadas uma da outra justamente o comprimento que os rails devem ter.

Os rails são seguros sobre uma plataforma horisontal, que se move por meio de um machinismo especial de encontro ás serras, que os cortam n'um comprimento rigorosamente equal.

A' medida que o rail avança, vão entrando n'elle as serras que projectam um facho de faiscas estrellado de limalha incandescente.

As phases mais importantes d'este fabrico estão representadas na Estampa VI, desde a primeira passagem do lingote no laminador



até á sahida do rail para a plataforma da serra onde está sendo cortado.

Depois de cortado é aperfeiçoado o córte, consistindo esta ultima operação em limar as extremidades do rail, e alisar qualquer aspereza que ellas apresentam.

O fabrico de rails de ferro faz-se pelo mesmo processo.

Modificação do aço

A mais importante de todas as modificações do aço é aquella que se pôde obter com a presença do carbono.

A simples inspecção das *figs. 37, 38, 39 e 40*, representando micrographias do aço grandemente ampliadas, mostra diversas texturas do metal com diferentes percentagens de carbono.



Fig. 37—Micrographia d'um aço com 0,37 % de carbono. Augmento 150 diametros



Fig. 38 — Micrographia d'um aço com 1 % de carbono. Augmento 220 diametros

O effeito da presença do carbono no ferro é, até um certo grau, augmentar-lhe a tenacidade e diminuir-lhe a ductilidade, e fazer com que o metal enrije, quando aquecido e depois esfriado mais ou menos bruscamente. O grau da rijeza está na razão directa da quantidade de carbono presente, e da intensidade do esfriamento a que for submettido.

A presença de outros elementos como silicio, manganéz e phosphoro com uma dada quantidade de carbono, auxilia o effeito do enrijamento.

Effeitos do carbono.— O metal que contiver menos de 0,75 por cento de carbono não se pôde usar nas applicações em que seja necessario uma tempera muito forte, por não ser possivel enrijal-o sufficientemente.

A percentagem de 1,5 por cento de carbono, constitue pelo contrario o maximo que o metal pôde conter para poder ser trabalhado, não sem muita cautela, para evitar que se esquite ou requeime. O aço n'este grau de carburação é empregado para navalhas de barba e ferramenta para torneiar rolos de ferro temperado.

O aço com 1 por cento de carbono é muito util; pôde caldear facilmente, e o batente de qualquer ferramenta feito d'elle, sem tempera, pôde resistir a grandes pancadas de martello sem espalhar. Fazem-se lons corta-frios com este aço.

As combinações intermediarias entre 1 e $1\frac{1}{2}$ por cento, teem as seguintes applicações: com $1\frac{3}{8}$ por cento, serve para serras; com $1\frac{1}{4}$ para brocas, ferros de plainas, etc. (requer muita habilidade a calda d'este aço); com $1\frac{1}{8}$ por cento, serve para veios, ferramenta grossa de torno, picadeiras de mós etc.; e, finalmente, contendo menos de 1 por cento, emprega-se para ferramenta sujeita a grandes pancadas ou pressões.

A tempera do aço depende, como já dissemos, não só do seu grau de carburação, como tambem da intensidade do esfriamento empregado, o que é bem patente nas *figs. 39 e 40*. A primeira d'essas figu-

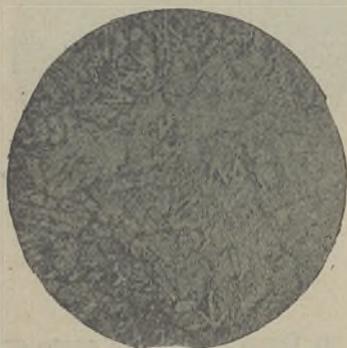


Fig. 39—Micrographia d'um aço com 2 $\frac{0}{10}$ de carbono temperado a 1100° n'uma mistura frigorifica a -12°
Augmento 150 diametros



Fig. 40—Micrographia d'um aço com 0,35 $\frac{\%}{100}$ de carbono, temperado a 800° de temperatura em agua commum, á temperatura ordinaria. Augmento 150 diametros.

ras, que é uma photographia d'um aço temperado a 1100° de temperatura n'uma mistura frigorifica a -12° , mostra uma multidão de cristallites em fórmula de V destacando-se nitidamente na massa metálica. Na segunda figura, que representa uma photographia d'um aço temperado a 800° em agua commum a temperatura ordinaria, não só a menor percentagem de carbono como a menos brusca mudança de temperatura na tempera, deram ao aço uma contextura muito differente da que apresenta no primeiro caso, notando-se apenas ligeiras manchas salientando-se na massa metálica.

O methodo mais geralmente empregado na tempera do aço, consiste em enrijal-o até ao maximo e depois temperal-o.

O enrijamento obtem-se mergulhando na agua, ou solução de certos saes, a peça de aço, depois de aquecida até á temperatura conveniente ao seu grau de carbonação. Assim se torna o aço altamente rijo mas sem elasticidade. Para se obter esta qualidade, tem de se proceder a uma outra operação a que propriamente se chama *tempera*, consistindo ella no re-aquecimento do aço até determinada temperatura, para ser em seguida arrefecido gradualmente.

N'este aquecimento a superficie do aço vae apresentando varias côres, devido á sobreposição de camadas de oxydo de ferro, nunca se devendo deixar ir além d'uma côr acerejada.

Essas côres indicam o grau de tempera por que vae passando o metal, o que permite suspender a operação no ponto desejado.

Damos em seguida os diversos tons que podem indicar approximadamente o grau de tempera do aço conveniente a determinadas applicações:

| | |
|-------------------------|---------------------------------|
| Amarello desmaiado..... | para lancetas. |
| Côr de palha..... | » navalhas de barba. |
| Amarello vivo..... | » canivetes. |
| » torrado..... | » tesouras e corta frios. |
| Purpura..... | » facas e tesouras grandes. |
| Azul claro..... | » espadas e molas de relógio. |
| » vivo..... | » serras finas e brocas. |
| » escuro..... | » serrotes e serras de recorte. |

Com a tempera por simples esfriamento, tambem se alcança diferentes graus de rijeza, se esse esfriamento fôr obtido por um meio mais suave, como succede mergulhando em azeite a peça aquecida. O azeite rouba menos rapidamente o calor, e o aço toma assim uma rijeza mais elastica. O mesmo succede se empregarmos cebo, cera, resina, etc.

Tambem se consegue este resultado deixando esfriar um pouco o aço antes de o mergulhar na agua.

Com peças de muito pequenas dimensões, basta agital-as no ar depois de aquecidas, para se obter uma tempera sufficiente.

Efeito do silicio. — Esta substancia produz a fragilidade do aço, tanto a quente como a frio. A quantidade de silicio que o aço pôde conter sem inconveniente, depende da quantidade de carbono que n'elle houver. A muita quantidade de silicio no metal torna-o impossivel de ser estanhado; por outro lado a presença do silicio nos aços em fusão, concorre para a boa solidificação d'elles no molde;

quando se recoze o aço assim composto obtem-se rijeza e resistencia notavel á ruptura por tracção.

Efeito do enxofre. — Este elemento, associado mesmo em pequena quantidade (0,10 por cento), torna o aço quebradiço em quente, e improprio para o fabrico de rails do caminho de ferro. Serve contudo o aço n'estas condições para fazer ferramenta, por não ficar fragil depois de frio. O enxofre compromette a perfeição de qualquer peça fundida em aço.

Efeito do phosphoro. — Este elemento torna pelo contrario o aço quebradiço depois de frio. Combinado porém com o enxofre, o defeito de um, corrige o defeito do outro. O phosphoro endurece mais o aço que o carbono, mas não lhe dá a faculdade de se poder temperar. A quantidade de phosphoro toleravel no aço depende, como o silicio, da quantidade de carbono n'elle contida.

A mais pequena percentagem de phosphoro torna o aço improprio para cutelaria, pela difficuldade que ha em temperar o corte das peças com elle fabricadas. Na fundição póde admittir-se a presença de algum phosphoro porque concorre para a perfeição da peça fundida, devido a maior fluidez da fusão.

Efeito do manganez. — E' este o melhor corrector das más qualidades do ferro e do aço, como já se viu. E' elle que mais concorre para a eliminação do silicio e do enxofre, tornando o metal mais puro para todas as applicações. A sua acção porém não alcança o phosphoro, que tem de ser eliminado por outros processos.

Efeito do chromio. — Junto ao aço, em pequena proporção, torna-o mais rijo e quebradiço, dando-lhe a designação de aço chromado. A applicação d'esta liga é, porém, muito limitada.

Efeito do tungsteno ou wolfram. — A acção d'este elemento ligado ao aço, é augmentar-lhe muito a rijeza, sem ser necessario temperal-o. E' de vantagem na preparação da ferramenta de torneiro para trabalhar qualquer metal muito rijo. E' para este fim que a procura d'esta especie de aço tende a augmentar. A presença do tungsteno no aço torna-o muito susceptivel de magnetisação.

O progresso da manipulação do ferro e do aço tem sido, como mostrámos, muito importante nos ultimos tempos, devido principalmente ao estudo e trabalho de grandes engenheiros e de grandes chimicos.

Assim pois, como no passado, tambem no futuro os maiores successos n'esta parte da metallurgia ficarão dependentes do trabalho simultaneo e harmonico d'esses dois importantes elementos scientificos.

COBRE

O cobre é o metal que, abaixo do ferro, maior importancia tem na industria metallurgica, não só no seu estado simples, como em combinação com o estanho, formando o *bronze*, e em combinação com o zinco, formando o *latão*.

A palavra *cobre* vem do latim *cuprum*, que deriva de *cupron*, nome grego da ilha de Chypre, onde primeiramente foi descoberto o cobre.

E' remotissima na historia a industria do cobre. Sete seculos antes da era christã, já os gregos faziam estatuas de bronze, isto é, já sabiam manipular a liga do cobre com o estanho!

O cobre nativo, comquanto raro, encontra-se em varios pontos do globo terrestre, sendo os primeiros em importancia na margem austral do Lago Superior, nos Estados-Unidos da America do Norte. E' tão abundante o cobre n'essa região, que se teem extrahido blocos com o peso de dez e vinte toneladas.

Em 1856 terminou a extracção por fragmentos de uma enorme massa de cobre, que deu mais de 500 toneladas de metal!

Na região de Catanga, na Africa Central, tambem abunda tão profusamente o minerio cobre nativo, que os exploradores portuguezes Capello e Ivens, no seu livro *De Angola á Contra-Costa*, referem que todos os adornos dos indigenas, as suas armas e até as ferramentas agricolas são fabricadas de cobre.

O cobre, combinado com outros corpos, em minerio de differente constituição, é mais vulgar e encontram-se minas importantes em diversos paizes, como em Portugal, Alemtejo, perto de Mertola.

Os minerios de cobre podem ser classificados da seguinte fórma:

| MINERIO | COMBINAÇÃO | PERCENTAGEM |
|-------------------------------|-----------------------------------|------------------|
| Minerio de cobre vermelho.. | Cobre e oxygenio | 89 0/0 de cobre. |
| » de cobre negro | Cobre e oxygenio | 80 0/0 » » |
| » de cobre indigo ... | Cobre e enxofre..... | 67 0/0 » » |
| Pyrites de cobre | Cobre, ferro e enxofre | 35 0/0 » » |
| Cobre de Peacock..... | Cobre, ferro e enxofre..... | 56 0/0 » » |
| Minerio pardo de cobre... { | Cobre, ferro, enxofre, antimonio) | variavel. |
| | arsenico | |
| Malachite..... { | Cobre, oxygenio, acido carbonico) | 58 0/0 de cobre. |
| | e agua..... | |
| Malachite azul ou azurite . { | Cobre, oxygenio, acido carbonico) | 55 0/0 » » |
| | e agua..... | |

Minerio de cobre vermelho, é um oxydo de cobre muito rico que se encontra em abundancia, principalmente na ilha de Cuba, em varios pontos da America, na Africa e na Europa.

Minerio de cobre negro, menos rico do que o anterior, encontra-se no Chili, America do Sul.

Minerio de cobre indigo deve a sua classificação á côr que apresenta de um azul carregado. Contém algum enxofre e encontra-se tambem no Chili.

Pyrite de cobre, é a fôrma mais vulgar e mais espalhada em que se encontra o cobre. E' assim que elle é extrahido das minas de S. Domingos e das minas de Cornwall e Devon na Inglaterra, e em varias minas da Suecia, Saxonia, Siberia e Australia, Cabo da Boa Esperança, etc.

Cobre de Peacock, é mais rico este minerio do que o precedente, e encontra-se abundantemente em Austle e Villarney, Irlanda.

Minerio pardo de cobre, é muito abundante e muito variada a sua riqueza em cobre, bem como as suas combinações. Em todo o caso a percentagem de cobre que contém oscilla entre 25 a 40 %. Tambem não é raro encontrar-se n'elle uma certa quantidade de prata, que lhe augmenta o valor. Existe nas minas de Cornwal, Inglaterra, Freiberg, na Saxonia, etc.

Malachite, é um carbonato de cobre de côr verde; alguns pedaços d'este minerio são de um aspecto tão bonito pela sua viveza e disposição de veios de côres diversas que, depois de polidos, são aproveitados para adornos de joalheria e ornamentações luxuosas. São celebres as minas de malachite na Russia e na Australia.

Malachite azul ou azurite, contém maior proporção de acido carbonico, e é de côr azul. Encontra-se egualmente na Russia e na Australia.

Apuramento do cobre. Como se vê é muito variada a fôrma como a natureza nos fornece o cobre. São por isso tambem variados os processos do seu apuramento, conforme as combinações em que elle se encontra.

Começaremos pelo apuramento mais simples, que é o do cobre nativo.

Cobre nativo. Sob esta designação entende-se o estado mais puro em que este metal se encontra na natureza.

Como se disse é na America do Norte, junto ao Lago Superior, que elle se encontra em mais notavel abundancia.

Os filões de cobre nativo teem evidentemente um inestimavel valor, porquanto basta cortal-os e purificar um pouco o minerio, para logo lhe dar a fôrma de lingotes em que é exportado para os centros industriaes.

O filões ou blocos são partidos em fragmentos, quando não é já fragmentado que o metal nos apparece. Sendo este o seu estado é lavado em agua corrente, que arrasta a rocha pulverisada e a terra, deixando e metal relativamente limpo.

Fusão no forno de reverbero. O forno em que se faz esta fusão *fig. 41*, é um forno de grande capacidade, construído com tijolos refractarios. A soleira, *fig. 42* é de fôrma oval e ligeiramente concava.

De um lado fica a fornalha com as grelhas sobre as quaes é collocado o carvão, hulha de boa qualidade, completamente independente do minerio.

Carrega-se o forno com o metal partido, como já se disse, levando comsigo uma certa quantidade de ganga, á qual se junta mesmo alguma da operação precedente.

Estabelecida a combustão da hulha, a chamma precipita-se sobre o minerio na sua corrente de tiragem para a chaminé, e sobre elle se concentra todo o calor.

O cobre aquece, torna-se rubro e entra em fusão, sobrenadando n'elle todas as impurezas que lhe estavam adherentes, em fôrma de escoria pastosa, que o operario retira com um ferro proprio em fôrma de rodo, pelas aberturas para esse fim praticadas na parede do forno.

Se o cobre estivesse livre de qualquer combinação intima com outro corpo além da ganga, terminaria aqui o seu apuramento; não succede porém assim vulgarmente. Com elle ha sempre combinado, ou seja ferro, enxofre ou mesmo arsenico. Uma parte d'essas impurezas vae com o metal em fusão, altera-lhe as suas qualidades e torna-o menos proprio aos usos para que é destinado; é pois necessario expulsal-as e n'isso consiste a

Afinação do cobre. Para afinar o cobre faz-se entrar pela parte superior da fornalha um excesso de

ar que, envolvido na chamma, leva ao metal uma quantidade de oxygenio, o qual tendo muito maior afinidade com o ferro, enxofre e arsenico do que com o cobre, com elles se combina logo, formando o oxydo de ferro e de arsenico — que se



Fig. 41 — Forno de reverbero para fusão de cobre nativo, visto de frente

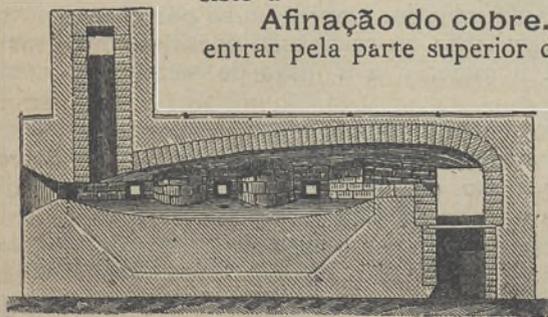


Fig. 42 — Corte n'um forno de reverbero mostrando a fornalha, a soleira e a chaminé

deposita em camadas sobre o metal liquido — e o oxydo de enxofre ou acido sulfurico, no estado gazoso que sae com os productos da combustão.

Esgotados os elementos d'estas combinações e retirada a camada que se junta sobre o metal, deixa esta de se reproduzir, mostrando assim que se acha purificado o metal. Fecha-se então a entrada do ar, para cessar a oxydação.

Segue-se ainda a este trabalho um outro mais simples a que se dá o nome de

Refinação. Consiste a refinação em desoxydar o cobre por meio do carvão vegetal ou hulha miuda, de que se deitam umas pazadas sobre o metal ainda em fusão, remexendo a massa liquida em seguida, com ramos verdes.

A reacção que tem logar é a mesma que se dá na afinação do ferro, já descripta, e depressa todo o oxygenio é roubado ao cobre.

O forneiro attento tira com a colher de tempos a tempos um pouco de metal, que deita n'uma cavidade especial aberta no chão, deixando-o solidificar para experimentar e julgar do seu apuramento.

Fracturando esse pedaço de cobre, faz a sua apreciação completa, não só pela fórmula como elle quebra, como pelo aspecto da secção de fractura.

Todos estes cuidados são necessarios, porque se a acção do carvão se prolonga demasiado, quando todo o oxydo estiver *reduzido*, o carbono penetrará no metal, prejudicando-o não menos que o oxydo.

Quando esta circumstancia se dê, é facil remediar o inconveniente, *oxydando* a massa metallica pela passagem d'uma corrente d'ar durante alguns instantes.

Com o trabalho de afinação e refinação terminam todos os differentes apuramentos do cobre, seja qual fôr o processo exigido pela qualidade do minerio.

Tratamento do minerio de cobre. Como se viu, ha minerio de cobre em que predomina o enxofre. Para o apuramento d'estas differentes especies de minerio, empregam-se por conseguinte processos differentes: a *ustullação* ou calcinação por meio da passagem do ar quente sobre o minerio, e a *fusão* do metal junto com a escoria.

Pelo primeiro processo elimina-se o enxofre, que sae sob a fórmula de gaz sulfuroso, e o arsenico tambem sob a fórmula de compostos volateis; pelo segundo processo, combina-se o oxygenio com o ferro e silica, formando silicatos fusiveis de facil separação.

Para o primeiro processo de apuramento do cobre contido nas pyrites, emprega-se o forno de reverbero, chamado de calcinação:

Este forno, *fig. 43*, similhante ao que serve para a fusão do cobre nativo, differe d'elle especialmente em ter uma superficie de aquecimento muito maior. Compõe-se de uma fornalha separada da soleira,

a qual communica com uma camara inferior U por meio de quatro passagens *r r r r*, representadas em planta na *fig. 44*.

A chamma passa sobre a soleira, na qual se acha espalhado o minerio, em camada pouco alta, e depois de incidir sobre elle, devido

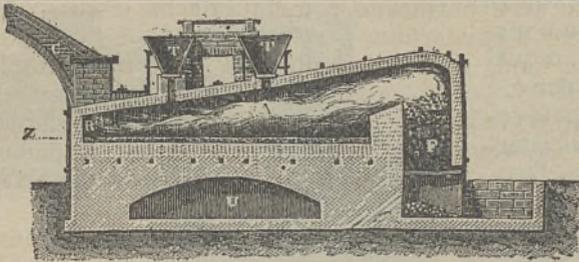


Fig. 43 — Côte de um forno de calcinação

à inclinação do tecto do forno, sae pela chaminé C com a qual communicam os dois conductos R R. O minerio, que entra pelas tremonhas T T, é espalhado na soleira A e ahi remechido durante a operação com ferramentas especiaes, que entram pelos postigos lateraes *p p p p*, e quando prompto é arrastado para as aberturas *r r* por onde cae na camara inferior U. Ao canto, junto da fornalha, ha a entrada do ar, *o*, para o trabalho de *afinação* do metal que já descrevemos.

No forno de calcinação deve o minerio ser queimado a uma temperatura alta, sem que chegue á fusão. A carga d'estes fornos varia entre duas e tres toneladas de minerio britado, e a ustullação dura doze horas. Para o segundo processo de apuramento de cobre com minerio oxygenado emprega-se o forno de fusão.

Este forno, tambem de reverbero, representado em cõrte na *fig. 45*, é mais estreito do que o precedente, e mais inclinado o seu tecto, para que a chamma actue com mais effeito sobre uma superficie menor, afim de melhor se obter a fusão do metal

O minerio entra, como no forno de calcinação, pela tremonha T,

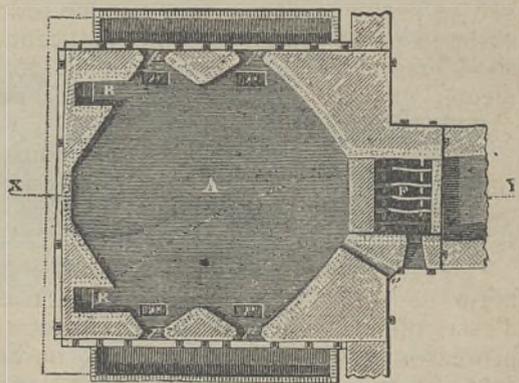


Fig. 44 — Planta d'um forno de calcinação

para a soleira onde actua a chamma produzida na fornalha F, no seu caminho para a chaminé C.

Na parte inferior da chaminé ha uma sahida *p* para a escoria cair nos moldes *U*, *fig. 46*.

Na soleira A ha uma depressão B, onde se junta o metal em fusão, o qual sae pelo buraco *b* e é conduzido pela caleira *a* a uma cisterna com agua. Dentro d'esta cisterna acha-se suspensa a um guindaste, uma caixa com fundo perforado que recebe o metal, granulad, pelo seu arrefecimento ao cair na agua; a fórmula granulada facilita os trabalhos da afinação do metal.

N'este forno entra o minerio de cobre, no qual haja enxofre, combinado com o oxygeneo.

Como se viu, no primeiro processo eliminam-se o enxofre e o

arsenico pela calcinação do minerio sulfuroso — pyrite. — Esse minerio em que ficou o oxydo de ferro, é aqui fundido em combinação com silica, formando uma escoria facil de se separar.

A carga usual d'um forno d'estes, é:
Minerio calcinado, 800 kilogrammas aproximadamente.

Minerio contendo oxydo de cobre e silica, 300 kilogrammas.

Escorias contendo oxydo de ferro, silica e algum oxydo de cobre, 800 kilogrammas.

Ao cabo de meia hora começa a fusão pela escoria, e gradualmente funde em seguida toda a carga, entrando em ebullicão violenta. Depois de tres ou quatro horas, o forneiro mexe a fusão, eleva-

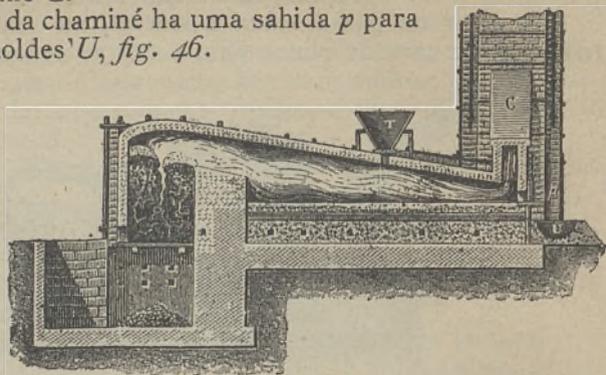


Fig. 45 — Corte de um forno para fusão de cobre

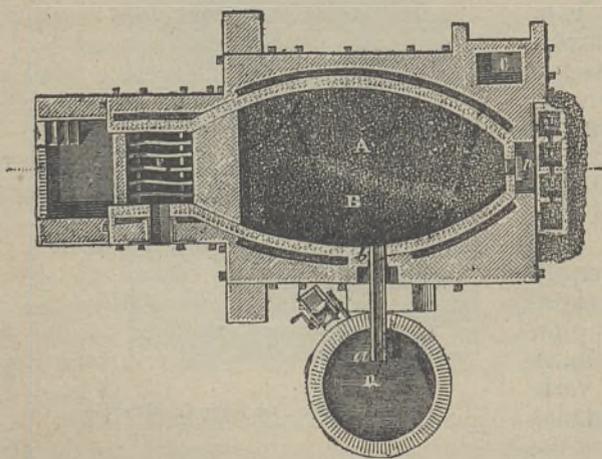


Fig. 46 — Planta de um forno para fusão de cobre

da a temperatura para auxiliar a separação das escorias do metal, e é então que abre a sahida do metal para a cisterna, onde fica granulado, para facilitar depois o processo de afinação, já descripto na pag. 53.

Com estes dois processos, *calcinação* e *fusão*, pôde-se preparar o cobre, seja qual fôr o minerio em que o metal se encontra.

As aguas extrahidas das minas de cobre trazem comsigo muito cobre que as torna azues.

Levadas essas aguas para tanques em que se acha ferro fragmentado, este transforma-se em sulfato de ferro, deixando livre o cobre, que se deposita sob a fôrma metallica. Este cobre é de muito boa qualidade devido á sua pureza.

Efeito da presença de materias estranhas sobre a qualidade do cobre. Pela circumstancia do refinador de cobre experimentar o metal enquanto quente, se vê que o efeito das impurezas sobre a sua malleabilidade e tenacidade, é mais apreciavel a uma temperatura alta.

As materias estranhas que podem ser encontradas no cobre são: arsenico, enxofre, antimonio, estanho, bismutho, chumbo, prata, ferro e nickel. D'estes são, o enxofre e o antimonio os mais nocivos, diminuindo a malleabilidade e a tenacidade do metal.

O arsenico encontra-se vulgarmente no cobre, chegando a sua proporção a 1 por 1000 e, comquanto tenha sido considerado como nocivo, está hoje provado que o cobre que o contém pôde ser facilmente laminado ou passado á feira.

Efeitos do estanho. Uma pequena proporção de estanho augmenta a rijeza do cobre, mas o bismutho e o nickel produzem o resultado contrario.

A conductibilidade do cobre para a electricidade fica reduzida de um modo muito sensível com a presença de materias estranhas, e é por isso que se exige cobre do mais fino para o fabrico de instrumentos electricos, especialmente dos conductores de arame.

O cobre puro é insignificamente menos conductor do que a prata, estando o cobre nativo do *Lago Superior*, que é quasi puro, comparativamente com o cobre puro, n'uma proporção de 93 0/0, enquanto que o da Australia, nas minas de Burra-Burra, está na proporção de 89 0/0, e o da nossa peninsula, que contém em geral muito arsenico, na proporção de 14 0/0.

Efeitos do phosphoro. A addição de uma pequena proporção de phosphoro, 5 por 1000, torna o cobre muito rijo augmentando-lhe a tenacidade, parecendo que o torna tambem menos sujeito á corrosão, quando exposto á acção da agua do mar.

Efeitos do arsenico. Juntando ao cobre arsenico n'uma proporção de 1 para 10, obtem-se um metal branco um tanto malleavel, e pouco sujeito a denegrir-se pela acção do ar, ficando mais duro que o cobre. E' muito empregado na relojoaria para mostradores, bem como em corpos de thermometros e barometros.

Antes de nos adeantar nas ligas industriaes d'este metal, proseguiremos com o estudo dos metaes que servem a essa liga.

ESTANHO

O estanho apparece em Cornwall (Inglaterra), Australia, Bohe-mia, Saxonia, Malacca, na ilha de Bansa, e entre nós na Robordosa, districto do Porto, Bragança, Villa Real e Vizeu, sob a fórma de minerio composto de oxydo de estanho, conhecido pelo nome de *pedra de estanho*, ou de *cassiterite* derivado das ilhas Cassitende (ilhas Britannicas), onde os phenicios primeiro o foram explorar.

Tambem se encontra em muitas outras partes, mas em menor escala. O minerio de Malacca e da ilha de Bansa é o de melhor qualidade.

Os diferentes trabalhos para apurar do minerio em bruto, o estanho puro para os usos industriaes são:

Preparação mecanica. — Calcinação ou ustullação. — Lavagem. — Fusão. — Refinação.

Preparação mecanica. A primeira preparação mecanica é effectuada junto a uma corrente d'agua, cujo curso é desviado e a faz entrar em tanques, nos quaes o minerio recebe a primeira lavagem. Em seguida é o minerio partido a martello, separando-se os pedaços de pyrite de cobre para tratamento especial e regeitando-se as pyrites de ferro e arseniacas.

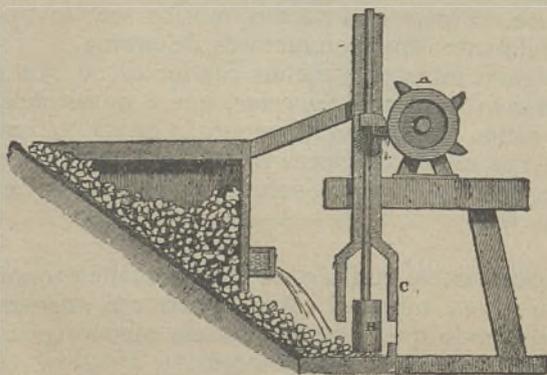


Fig. 47 — Britador para pedra de estanho

A agua da lavagem corre a dar movimento a uma roda motora que trabalha n'um plano inferior, imprimindo movimento vertical alternado a um pilão B, fig. 47, o qual em pancadas successivas, vinte a trinta por minuto, vae partindo o minerio que o operario lhe chega.

Ao mesmo tempo que é britado recebe o minerio um jacto de



Peneiro da lavagem do estanho

agua, que auxilia a separação do metal da terra e da rocha que lhe estavam aggregadas. Em seguida é levado a uma especie de peneiro, onde é lavado e peneirado em duas graduações de crivos H e V, Estampa VII, ficando dividido em duas graduações de volume, desembaraçado da terra e areia e prompto a ser submettido á acção do fogo para a calcinação, que o desembaraça do arsenico e do enxofre que ainda contém.

Calcinação ou ustulação do minerio. As pyrites arsenicaes e cupricas sendo tão pesadas como o proprio metal, não podem ser separados d'elle nas lavagens do minerio, e por isso se torna necessaria a calcinação, para se poder eliminar o arsenico e o enxofre, transformando-os em gazes.

Effectua-se esta operação em fornos de reverbero vulgares, nos quaes se emprega algumas vezes uma comprida conducta horisontal de tiragem, para aproveitar o arsenico branco, produzido pelas pyrites ricas d'este corpo, o qual alli fica depositado no estado solido.

A carga de um forno de calcinação regula por 300 a 400 kilogrammas e fica preparada em 12 a 18 horas.

Durante este tempo é o minerio remexido frequentemente, para variar a superficie exposta á acção da corrente de ar quente.

Lavagem do minerio calcinado. O processo seguinte consiste em passar o minerio, já livre do enxofre e do arsenico, pela agua, dentro de um tanque ou caixa de madeira, com o fim de dissolver o cobre e o ferro que por ventura entrem na combinação do minerio d'estanho.

O cobre das pyrites cupricas ficou transformado pela calcinação em sulfato de cobre, que aqui se dissolve na agua, podendo ser transformado em cobre, como nas aguas azues de que já falámos no apuramento do cobre.

O oxydo de ferro produzido na calcinação é tambem dissolvido e facil de separar, por ser mais leve, ficando o minerio d'estanho convenientemente preparado para ser submettido á fusão.

Fusão do minerio d'estanho preparado. Os fornos empregados em Cornwall para a fusão do minerio d'estanho, são fornos de reverbero, com conductos de ar por baixo da soleira, para evitar os estragos do calor.

A chaminé de tiragem tem 10 a 15 metros de altura.

Em cada tonelada de minerio mistura-se uma quinta ou oitava parte do peso de carvão, anthracite moido, com um pouco de cal, para ajudar a fusão da pequena quantidade de silica ainda misturada com o minerio. A mistura é humedecida com agua para evitar que se espalhe, e assim entra no forno.

A temperatura, que a principio deve ser moderada, vae gradual-

mente subindo durante cinco horas até ao seu maximo. N'este ponto a carga é remexida, fechadas novamente as portas por tres quartos de hora, depois do que se remexe novamente e se extingue o fogo, deixando descer a temperatura até se poder proceder á descarga do metal, que fica no fundo sob a escoria, que facilmente se retira pela porta.

Refinação do estanho fundido ou afinação. O estanho sahido do forno de fusão é ainda muito impuro. Para se purificar é novamente fundido n'um forno egual, ou no mesmo, a uma temperatura elevada, mexendo-se a massa liquida com ramos de arvores verdes, para fazer subir á superficie as impurezas que ahi se oxydam e podem ser tiradas. Deixando em repouso a fusão durante duas horas, todos os corpos estranhos se depositam no fundo, ficando o estanho puro ao de cima.

N'este estado é vazado em moldes de granito ou ferro fundido, formando os lingotes de peso conhecido, que são entregues ao commercio.

Uma propriedade notavel do estanho é o ruido muito particular produzido pelas barras d'este metal, quando dobradas para um ou outro lado. Este ruido é vulgarmente conhecido pela designação pittoresca de *grito do estanho*.

O metal retirado da camada superior do forno é chamado de *primeira qualidade*, o da camada média de *segunda qualidade* e o da camada inferior volta geralmente ao forno com nova carga para ser refinado.

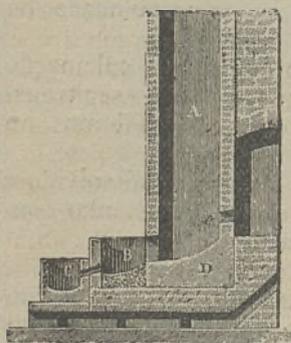


Fig. 48 — Forno para fusão do estanho

Na Saxonia empregam, para a fusão do estanho, o forno de folle, cujo algaraviz sopra o metal misturado com carvão vegetal acceso, para dentro de um prato, *fig. 48*, d'onde sahe pelas camadas superiores para um outro mais baixo, onde se deposita n'um estado de apuramento sufficiente.

Este processo é comtudo mais dispendioso em carvão, e mais moroso.

Aplicações do estanho. O estanho tem variadissimas aplicações devido a ser um metal muito pouco atacado pelo oxygenio, e a não serem venenosas as suas

diferentes combinações.

Os metaes mais vulgarmente combinados com o estanho nas suas applicações industriaes, são o chumbo, o cobre, o aluminio e o mercurio.

Misturado com 10 % de chumbo applica-se ao revestimento do cobre (*estanhagem*), processo muito util e empregado nos utensilios de

cosinha para evitar a dissolução venenosa do cobre pelos acidos da comida.

Este metal póde ser estanhado pelos processos secco ou humido.

Pelo processo secco, aquece-se primeiramente o objecto a estagnar, e procede-se á decapagem do metal pelo sal ammoniaco em pó, que põe perfeitamente a descoberto a superficie do cobre livrando-a do oxydo. Estende-se então o estanho em fusão, directamente sobre a superficie que se quer proteger, ou n'elle se mergulha o objecto a estagnar. Regularisa-se em seguida a superficie estanhada com uma boneca de estopa e deixa-se esfriar.

Na estanhagem pelo processo humido, estende-se sobre a superficie do cobre preparada, como no caso anterior, o protochlorreto ou o perochloreto de estanho.

O ferro tambem póde ser igualmente estanhado, sendo comtudo mais facil obter a adherencia do estanho ao cobre.

O estanho, reduzido pela laminagem a folhas delgadissimas, devido á sua notavel malleabilidade, serve tambem para envolver certos productos alimentares, como queijo, chocolate, chá, etc., bem como sabonetes e outros artigos que seja necessario proteger da acção humida do ar. Para os productos alimentares é absolutamente necessario evitar a liga de chumbo.

A solda para chumbo é feita com uma parte de estanho e duas de chumbo; a solda para folha de Flandres é feita com uma parte de estanho e sete de chumbo.

O *metal inglez*, —conhecida liga de que são fabricados differentes utensilios domesticos, como colheres, castiçaes, bules, assucareiros, etc.,—é composto de dez partes de estanho, e uma de antimonio com algum cobre e zinco, que ás vezes é substituido pelo bismutho.

A camada reflectora dos espelhos, vulgarmente conhecida pelo nome de *aço dos espelhos*, é uma combinação, ou amalgama, de uma parte de mercurio e quatro de estanho. O processo de applicação é o seguinte: estende-se sobre uma mesa, bem direita e nivellada, uma folha delgada de estanho sobre a qual se deita uma porção de mercurio; estes dois metaes formam entre si o que se chama uma amalgama. Sobre esta combinação faz-se escorregar a chapa de vidro bem polida e limpa, evitando-se a formação de bolhas de ar, e submettendo-a a uma pressão bem igual. Assim se deixa estar por alguns dias, findos os quaes a adherencia se torna perfeita.

O revestimento de chapa de ferro com o estanho deu origem á industria do funileiro, fornecendo-lhe o material bem conhecido pelo nome de *folha de Flandres*, de que já nos occupámos quando tratámos do ferro.

O estanho torna-se ainda mais importante na industria metallurgica pela sua combinação com o cobre, formando um metal distincto e util: o *bronze*; bem como outros ainda, sobre os quaes depois falaremos, quando tratarmos das ligas metallicas.

ZINCO

O zinco não apparece em parte alguma na sua fôrma metallica, mas sim sob a de tres especies de minerio, existindo jazigos importantes na Siberia, Belgica, Polonia, Inglaterra e America do Norte.

As tres especies de minerio são as seguintes :

| Minerio | Composição | Zinco em 100 partes |
|-------------------------|---|------------------------|
| <i>Blenda</i> — | Zinco e enxofre | 67 |
| <i>Zinco vermelho</i> — | Zinco e oxygenio | 80 |
| <i>Calamina</i> — | {Zinco e oxygenio } {Acido carbonico } | 52 |

Blenda. — O nome de Blenda por que se distingue este minerio, vem do allemão *blenden* que significa deslumbrar, e refere-se ao brilho com que o minerio se apresenta.

A blenda é um sulfureto de côr escura, devido á presença do sulfureto de ferro que vem com elle misturado; o sulfureto de zinco puro é branco. Ha tambem blendas de uma côr amarellada ou acastanhada. Apparece abundantemente em varios pontos da America do Norte, Inglaterra, Irlanda, em Freiberg, Aix-la-Chapelle, etc.

Zinco Vermelho. — Este minerio é o oxydo de zinco que deveria ser branco se fosse puro, mas que é avermelhado devido á presença do oxydo de ferro e manganez. Algumas vezes apresenta-se em crystaes prismaticos transparentes. Encontra-se no estado de New-Jersey, dos Estados Unidos da America do Norte.

Calamina. — O minerio assim denominado apresenta a fôrma de um feixe de cannas, que deu origem ao nome derivado do latim *calamus* que significa canna.

E' este minerio um composto de oxydo de zinco com acido carbonico, que seria branco se não fosse a presença do oxydo de ferro que lhe dá um tom carregado.

A calamina apparece em filões nas rochas calcareas, e misturada vulgarmente com blenda, chumbo e uma outra qualidade de calamina chamada *electrica*, por desenvolver electricidade quando aquecida. A calamina electrica é um composto de oxydo de zinco, silica e agua, cuja designação chimica é silicato hydratado de zinco.

Apesar de ser encontrada em abundancia, e rica em zinco, não se pôde chamar um minerio de zinco, por não ceder o metal pelos processos vulgares de extracção. A calamina encontra-se na Inglaterra em Flintshire, Cumberland e Lead Hills, na Escocia, em Tarnowitz, na Silezia, na Hespanha e outras partes.

Ha tres processos para a extracção do zinco dos seus minerios : o antigo processo inglez, o processo moderno belga, e o processo siberiano.

Processo inglez para extrahir o zinco do minerio. — Todos os processos de extracção do zinco se fundam na facilidade com que este metal se evapora a uma temperatura de 1044° , um pouco inferior á da fusão do cobre.

No processo inglez é o minerio, depois de calcinado, distillado ao fogo em cadinhos de barro refractario belga, (silicato de aluminio).

O cadinho I, *fig. 49*, vulgarmente de 1^m de altura por $0,75$ de diametro, tem no fundo um tubo de ferro de $2^m,5$ de comprimento por $0^m,15$ de diametro. Cada um d'estes cadinhos póde trabalhar quatro mezes, durante os quaes distilla duas toneladas de zinco.

Seis d'estes cadinhos são collocados no forno especial de distillação, *fig. 50*.

Este forno tem ao centro uma grelha *a*, onde se colloca o carvão em fogo vivo, cuja chamma envolve os cadinhos I, sahindo pelas aberturas *d* no tecto do forno para a chaminé J.

A carga de minerio calcinado entra pelas aberturas *d* para os cadinhos na quantidade de 250 kilogrammas, juntamente com 150 kilogrammas de carvão britado, ou anthracite, e os cadinhos são fechados e cimentados.

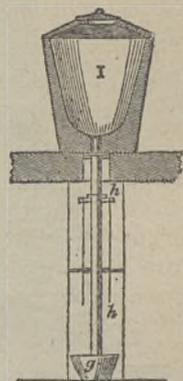


Fig. 49 — Cadinho para distillação do zinco

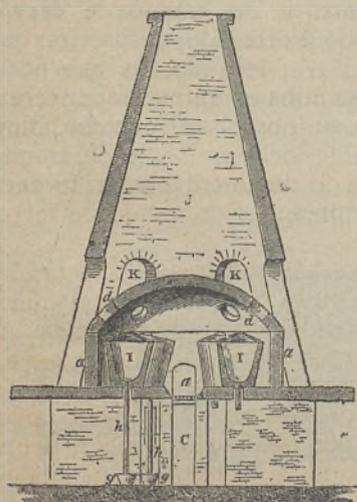


Fig. 50 — Forno inglez para distillação do zinco

Em pouco tempo apparece nos tubos dos cadinhos uma chamma azulada, devido á combustão do oxydo carbonico formado pela combinação do carbonio com o oxygenio do oxydo de zinco. Passadas algumas horas, a chamma torna-se esverdeada devido á combustão do zinco, e então começa a condensação dos vapores, cahindo o zinco em fórma de pingos dentro de bacias com agua *g* que se adaptam a cada tubo dos cadinhos. A distillação dura sessenta horas e n'esse espaço de tempo o minerio larga mais d'um terço do seu peso em zinco, ficando ainda com uma grande porção de metal sob a fórma de calamina electrica, ou silicato de zinco, impossivel de se ex-

trahir por este processo. O metal assim obtido é depois fundido e moldado em lingotes, que entram no commercio.

Processo belga para extrahir o zinco do minerio. N'este processo, que é hoje o mais usado em Inglaterra, emprega-se

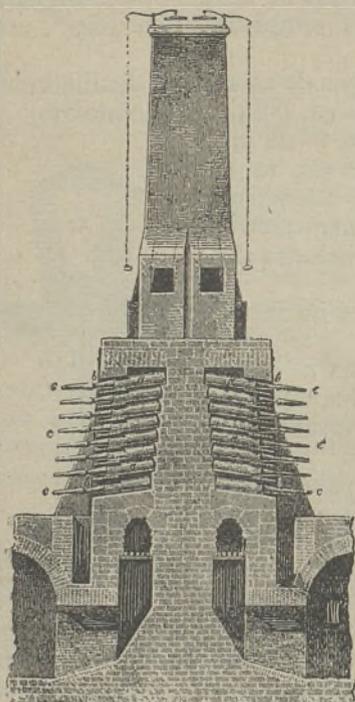


Fig. 51 — Forno belga para extracção do zinco do minerio

um forno dividido em quatro compartimentos ao alto. Cada compartimento tem uma serie de cylindros sobrepostos *a a*, *fig 51*, que desempenham o serviço de retortas, e são aquecidos pelo fogo de uma fornalha vulgar.

Estes cylindros vistos em detalhe na *fig. 52*, são feitos de barro refractario, medindo $0^m,90$ de comprimento por 20 centimetros de diametro, e são fechados de um lado, e abertos do outro.

Collocados em series nos quatro compartimentos do forno, ficam dispostos uns sobre os outros, e levemente inclinados, com a bocca para fóra e mais baixa do que o fundo. Na base de cada cylindro adapta-se um recipiente para receber o metal condensado.

Carregam-se estes cylindros com uma mistura de minerio e carvão moidos e humedecidos para evitar que se espalhem, levando, os que ficam por baixo, uma carga maior por terem de supportar muito maior calor. O cylindro inferior leva 50 kilogrammas

de mistura, e o de cima 35 kilogrammas approximadamente, levando os outros cargas graduaes entre estes limites.

O numero de cylindros varia com a importancia da laboração, havendo em *Vielle-Montagne*, Belgica e *Swansea*, Inglaterra, fornos com 78 cylindros.

Aquecido o forno e os cylindros, previamente á sua arumação, estabelece-se o fogo cujo calor envolve as retortas de baixo até acima. Dentro em

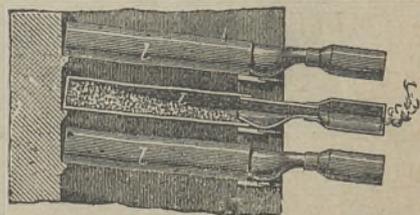


Fig. 52 — Disposição das retortas para distillação do zinco

pouco apparece á bocca dos cylindros, uma chamma azulada, devido ao carbono e ao oxygenio do oxydo do zinco, que se estão queimando. Quando esta chamma se torna esverdeada, começa a distillação do zinco, que se vae condensando nos recipientes, adaptados á bocca dos cylindros. De duas em duas horas retiram-se e despejam-se esses recipientes, voltando-se a pô-los no seu logar. Ao cabo de doze horas está esgotada toda a carga, que é substituida, funcionando o forno sem interrupção durante dois mezes, parando então para reparar. Por este processo apura-se 20 por cento do zinco contido no minerio. O metal apurado é reunido n'um só vaso d'onde é despejado nos moldes, para formar lingotes de 30 a 40 kilos de peso.

Processo silesiano para extrahir o zinco do minerio.
Na Silesia, o minerio que contém 18 a 20 por cento de metal, já me-

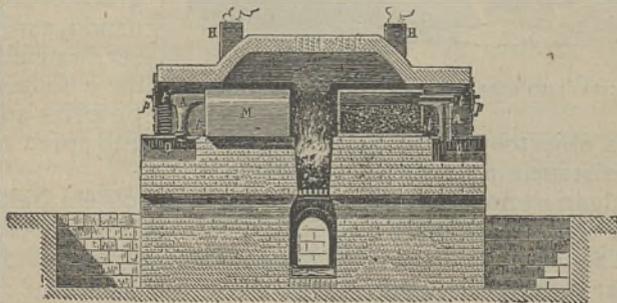


Fig. 53—Forno silesiano para extracção do zinco do minerio

rece ser tratado. E' isto devido ao systema de forno onde alli se faz a extracção do zinco, systema que por isso se tem generalizado tambem em Inglaterra.

N'este forno *fig. 53*, os cylindros de vaporisação empregados no systema belga, são substituidos por *caixas* ou *formas* M, de fundo chato e tampo abaulado, feitas de barro refractario e dispostas a par umas das outras, de modo que a chamma de uma tornalha central as possa envolver. Estas caixas que medem $0^m,90$ a $1^m,20$ de comprimento por $0^m,20$ de largura e $0^m,45$ a $0^m,50$ de altura, teem de um dos lados duas aberturas sobrepostas; adaptando-se á de cima um cotovello A que vae abrir n'uma caixa O. O cotovello é aberto no topo *t'* por onde entra a carga para a caixa; a abertura inferior *t* tem um tampo, que se abre quando se quer retirar de dentro da caixa os residuos da evaporação.

Estabelecida a combustão na fornalha, a chamma envolve as caixas, onde o minerio moído e misturado com carvão igualmente moído

se evapora, passando os vapores pelos cotovelos A para a caixa O, onde se condensam em zinco purificado. Os productos da combustão sahem pelas chaminés H do forno, cujo aspecto exterior é o que representa a *fig. 54*.

Laminagem do zinco. Até 1812 o zinco era empregado quasi que exclusivamente no preparo do latão pela sua combinação com o

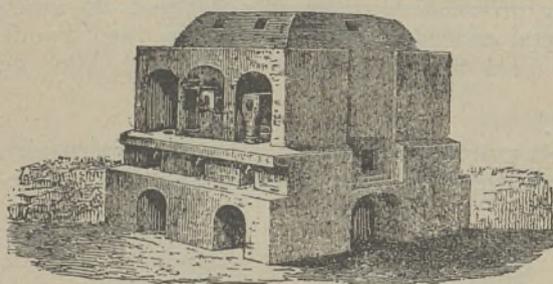


Fig. 54 — Aspecto de um forno silesiano para apuramento de zinco

cobre, como adiante veremos. N'esta época, porém, descobriu-se que esse metal, considerado até então quebradiço, se tornava malleavel quando aquecido a uma temperatura de 100 a 105 gráus centigrados, podendo, assim recosido, ser laminado e reduzido a folhas delgadas, proprias ao fabrico de

numerous objectos de uso domestico, sendo muito apreciado pela sua grande resistencia á oxydação pela agua.

E' vulgarissimo o emprego da folha de zinco em baldes, bacias, regadores, etc., como ainda no revestimento de habitações, e aproveitamento d'aguas nos telhados, ornamentações, tudo, emfim, que tenha a supportar a acção da agua.

Para cobertura de habitações emprega-se mais vulgarmente a chapa de ferro revestida de zinco, por ficar mais barata e ser mais resistente.

A chapa de ferro para este fim é tratada como indicámos quando fallámos na applicação do ferro como folha de Flandres, e depois mergulhada em um banho de zinco em fusão.

Tambem se póde revestir de zinco qualquer superficie metallica bem limpa, quando ligada aos pólos de uma bateria electrica e mergulhada n'um banho de sulfato de zinco; o banho é decomposto pela corrente galvanica estabelecida, e o zinco é depositado em camada igual, e perfeitamente ligado sobre o metal; a esta operação se chama *galvanismo*, e a chapa denomina-se então *chapa galvanizada*.

CHUMBO

Este metal, dos mais remotamente conhecidos, foi chamado *Saturno* pelos antigos alchimistas.

Raras vezes se encontra o chumbo no estado nativo.

Posto que appareça grande quantidade de minerios contendo chumbo, apenas duas especies se tornam recommendaveis como dignas de serem exploradas metallurgicamente. São ellas:

| Minerio | Composição | Chumbo em 100 partes de minerio |
|--|---|---------------------------------|
| <i>Galena</i> ou <i>Sulfureto de chumbo</i> | Chumbo e enxofre..... | 86,5 |
| <i>Minerio branco</i> ou <i>carbonato de chumbo</i> .. | Chumbo, oxygenio e acido carbonico..... | 77,5 |

Galena. E' o minerio de chumbo mais abundante. Fôrma extensos filões em argilas de Cornwall, e calcareos de Derbyshire, na Inglaterra; na Catalunha, Granada e Serra Morena, em Hespanha; em Ibartz e Freiberg na Saxonia, e nos Estados Unidos da America do Norte. Poucos minerios são tão facilmente reconhecidos como a galena; distingue-se pelo lustro quasi metallico, sua côr pardo-escuro e o seu grande peso.

A galena quasi sempre contém prata. Quando este metal n'ella se encontra na proporção de duas partes em mil, já se lhe pôde chamar *galena argentifera*.

Tambem se encontra algumas vezes n'este minerio uma percentagem de antimonio que muito pôde comprometter a qualidade do chumbo extrahido.

Minerio branco ou carbonato de chumbo. E' de muito menos importancia. Quando puro, tem um aspecto crystalino-branco. Algumas vezes apresenta um tom escuro, devido a alguma galena que com elle se acha combinada.

Este minerio encontra-se em grande quantidade perto de Aix-la-Chapelle, em varios pontos da Hespanha, e nos valles do Mississippi nos Estados Unidos da America do Norte.

O minerio branco é tão raramente tratado separadamente da galena, que não merece a pena descrever o seu tratamento especial.

Antes de ser submettido á fusão é o minerio do chumbo partido em pequenos bocados e lavado para se lhe extrahir toda a terra que vem misturada com elle

Fusão da galena. Os principios chimicos sobre os quaes se faz a extracção do metal com este minerio, são identicos aos que ser-

vem de base na manipulação do cobre. Expõe-se primeiro o minerio a uma calcinação, para lhê transformar o enxofre em gaz sulfuroso, que assim se escapa, e é só depois d'isso que se leva ao forno de fusão.

Durante o processo de calcinação, uma parte da galena é transformada em sulfato de chumbo.

O forno de reverbero que serve para a fusão da galena *fig. 55* tem uma soleira B de 2^m,50 de comprimento por 1^m,80 de largura rebaixada ao centro; e separada da fornalha F, por uma divisorja que sóbe até á distancia de 0^m,45 do tecto em A', descendo este até á conducta C para a chaminé, onde fica a 0^m,15 da soleira. A conducta fór-

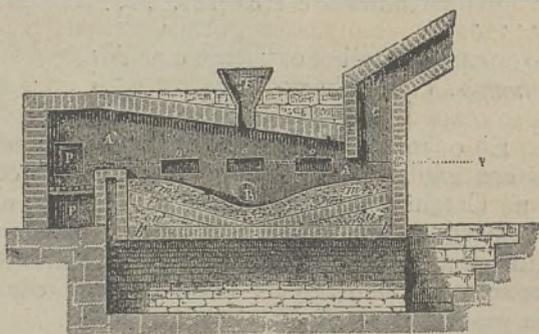


Fig. 55 — Forno para a fusão do minerio de chumbo

ma um angulo obtuso antes de entrar na chaminé, que tem 15 a 18 metros de altura.

Esta conducta é construida de fórma a poder ser aberta e limpa dos residuos do fumo de chumbo.

A porta de entrada P, para o carvão sobre as grelhas, é do lado da frente, e a porta de sahida para as cinzas F do lado opposto.

De cada lado ha tres aberturas symetricamente dispostas e tapadas com chapas de ferro.

A soleira é primeiramente barrada com uma camada de escoria, das operações anteriores, ainda pastosas, formando uma queda para a porta central da frente, onde se abre um buraco para a sahida do metal fundido.

Adjacente ao forno e junto a esta sahida, fica um recipiente para receber o chumbo derretido.

A operação da fusão da galena divide-se em quatro phases consecutivas, chamadas *primeiro*, *segundo*, *terceiro* e *quarto fogo*.

Primeiro fogo.—Logo depois da sahida da carga da ultima operação é introduzida a nova carga pela entrada T. Não se provoca a

combustão ao principio, mas deita-se um pouco de carvão para conservar uma temperatura moderada, porque se ella subisse muito, a galena fundiria e perdia-se o trabalho de calcinação. Remexido o minerio com ferros apropriados, fecha-se a porta da fornalha para moderar a tiragem.

Passado algum tempo, os restos de chumbo da operação anterior são lançados para dentro do forno.

Este chumbo depressa atravessa a carga e vem sahir novamente para o recipiente, trazendo consigo a maior parte da prata contida na galena. Depois de uma hora sae nova porção de chumbo, devido ainda á fusão do que se deitou sobre a carga.

Hora e meia depois do começo da operação, abrem-se as portas todas e é totalmente remexido o minerio por dois homens, um de cada lado. Fechadas novamente as portas, termina o primeiro fogo.

Segundo fogo.—Abre-se a porta da fornalha para activar a combustão e deita-se mais combustivel.

O sulfureto de chumbo actúa então sobre o oxydo e sulfato formados pela calcinação anterior, e o chumbo fundido começa a sahir em abundancia.

Um operario vae retirando para fóra as escorias, e outro remexe a carga, espalhando-a pela soleira, e accrescentando á mistura um pouco de cal viva de vez em quando, para engrossar as escorias.

Terceiro fogo.—Fecham-se as portas todas, abrindo a da fornalha para activar a tiragem e elevar mais a temperatura durante tres quartos de hora. Em seguida remexe-se novamente a carga, juntando-se-lhe nova quantidade de cal.

Quarto fogo.—Deita-se mais carvão na fornalha, fecham-se as portas, deixando elevar a temperatura ao seu maximo e abre-se a sahida do metal que corre até não haver mais na carga.

Toda a operação n'este forno dura perto de cinco horas, consumindo 600 kilogrammas de carvão por cada tonelada de minerio.

As escorias regulam pela quarta parte do peso total do minerio, e contem ainda perto de 40 por cento de chumbo; por isso tornam a ser derretidas no *forno de escorias*, de que falaremos depois.

O metal, quando ainda em fusão no recipiente para onde sahiu, é remexido com ramos verdes de arvore, para, com o desenvolvimento de gazes que isso produz, obrigar a vir á superficie quaesquer impurezas, que facilmente são retiradas. Feito isto, é deitado nos moldes de lingotes.

Com esta termina a série de phases da operação.

Este é o systema mais usual para a extracção do chumbo do minerio galena, não obstante ha variantes que, por serem de pouca importancia, não descreveremos aqui.

Fusão das escorias. O fim d'esta operação é aproveitar o metal que ainda vae com as escorias, embora saia muito mais impuro.

Para o conseguir sujeitam-se as escorias a uma temperatura elevadissima, para obter uma completa fusão.

O forno de escorias, *fig. 56*, tem perto de 1^m,0 de altura e uma area interior de 0^m,65 por 0^m,55, sendo formado por qualquer material resistente a altas temperaturas.

O fundo, que costuma ser de ferro, é revestido com uma camada de 0^m,40 de cinzas bem porosas, que fazem as vezes de um filtro para separar o chumbo e defendel-o do ar que o oxydaria.

Acima da camada de cinzas, uns 0^m,10, entra o algaraviz de um folle.

Esta primeira camada A, cujo fundo é inclinado para fóra, communica, por uma passagem inferior, com dois recipientes B e C seguidos, tendo o ultimo um canal de sahida D para um lado.

Lançado sobre as cinzas algum carvão de coke acceso,

activa-se a tiragem com uma forte corrente de ar, por meio do folle, e quando a temperatura se acha bastante elevada (seis horas depois) deitam-se as escorias e outros residuos de chumbo. Esta carga vae sempre renovando.

O metal em fusão desce, devido ao seu peso, atravez toda a carga e vem sahir ao primeiro recipiente B, onde é ainda depurado, e d'ahi cae n'uma caixa, que contém agua, onde solidifica.

E' de muito inferior qualidade o chumbo assim apurado, mas torna-se economico o seu aproveitamento.

Refinação do chumbo. O chumbo obtido por qualquer dos processos indicados não deixa de ser rijo bastante, devido á sua combinação com antimónio, cobre e ferro, metaes estes que convém separar para se obter a necessaria pureza e malleabilidade.

Para isso emprega se um forno do reverbéro especial *fig. 57 e 58* de tecto muito baixo, e com um recipiente circular e fundo para receber o metal, que para elle corre por uma caleira lateral. O combustivel está sobre um jogo de grelhas bastante amplas, e a sua chamma, incidindo sobre o metal partido, depressa o funde, e sahindo pelos dois conductos E E encaminha-se para a chaminé.

O metal, depois de se lhe terem queimado com o oxygenio os metaes com que se acha ligado, e que são convertidos em diferentes

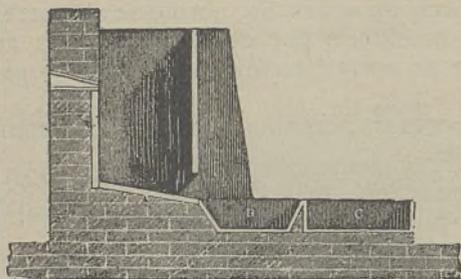


Fig 56—Forno para a fusão de escorias

oxydos, sahe pela caleira H e vae cahir no recipiente G ao lado da chaminé, o qual é aquecido com uma fornalha especial. Os oxydos que sobrenadam á superficie da massa liquida são facilmente separados,

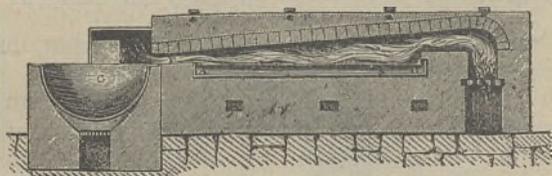


Fig. 57 - Forno de refinação para chumbo, alçado

sahindo o metal purificado, que depois da solidificação se torna perfeitamente macio e malleavel.

A passagem do forno para o recipiente exterior é fechada, abrindo-se sómente quando as diferentes ligas metallicas se acham transformadas em oxydos. Esse momento é variavel segundo o estado do metal que se quer refinar, e vigiado pelo forneiro por meio de postigos especiaes.

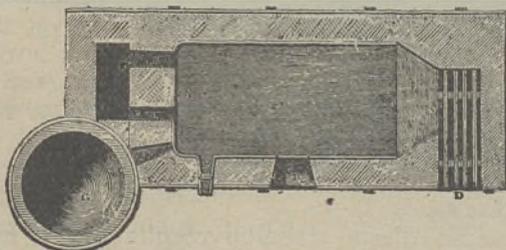


Fig. 58 - Forno de refinação para chumbo, planta

Refinação do chumbo argentifero — Processo de Pattinson.—Este processo de refinação assenta no principio de que o chumbo crystaliza a uma temperatura mais alta do que uma liga de chumbo e prata; assim se uma porção de chumbo argentifero em fusão fôr esfriando lentamente, os crystaes de chumbo que primeiro se formarem, conterão pouquissima ou nenhuma prata que ficará no metal ainda em fusão.

O systema de afinção do chumbo argentifero, pelo processo de Pattinson, métallurgista inglez, chamado tambem *pattinsonagem*, é posto em practica empregando uma serie de caldeiros de ferro fundido, revestidos exteriormente com tijolo, para conservação do calor, e assentes sobre fornalhas em alvenaria.

O numero d'estes caldeiros varia segundo a importancia do estabelecimento.

O chumbo é derretido nos dois primeiros caldeiros *fig. 59*, e, extinto o fogo nas fornalhas é escumada a fusão com as colheres perfuradas que, deixando escorrer o chumbo derretido, retem os crys-



Fig. 59 — Appareho Pattinson para afinação de chumbo argenteiro

taes que se vão formando de chumbo puro que são passados para o caldeiro da direita.

Da continuação d'este trabalho resulta que o metal que passa para a direita é menos rico em prata, em quanto que o que fica para a esquerda contem mais d'aquelle metal precioso.

Do ultimo caldeiro onde se junta o chumbo mais puro, é que elle é retirado para ser deitado no molde que forma lingotes de 50 a 60 kilos, e o metal que fica nos primeiros volta a ser fundido para o apuramento da prata, que depois é completamente separada por outro processo, de que falaremos quando tratarmos d'este metal.

O caldeiro pequeno que na *fig. 59* se vê entre o primeiro e segundo, contem egualmente chumbo em fusão e serve para ter mergulhadas e quentes as colheres usadas na operação, quando não são suspensas, como se vê indicado sobre o segundo caldeiro.

O processo de Pattinson foi mais tarde aperfeiçoado por Parkes, o qual descobrindo que misturando zinco ao chumbo argenteiro em fusão, a prata apodera-se do zinco formando uma liga que fica ao de cima, deixando na camada inferior o chumbo desembaraçado da pra-

ta. Este metal é depois apartado do zinco, para evaporação d'este pelos processos já descriptos (*vide apuramento do zinco.*)

Aplicações do chumbo — O chumbo simples é empregado no fabrico de tubos que, pela sua malleabilidade e resistencia á humidade, se adoptam na canalisação vulgar de agua e gaz.

Para este fabrico é o chumbo comprimido por meio da força hydraulica n'um molde de aço R, *fig. 60*, aquecido exteriormente. O metal amollecido pelo calor é obrigado por uma grande pressão a sahir pela abertura F, e já em fórma de tubo, vae-se enrolando n'um tambor especial.

Quando o embolo desce dentro do cylindro, entra n'este nova porção de chumbo fundido pelo funil E.

O chumbo é tambem transformado em chapas de diferentes espessuras para revestimento contra a agua, e especialmente contra a acção do acido sulfurico, que o não ataca. Tambem é empregado no fabrico de projecteis para armas de fogo portateis, especialmente sob a forma do conhecido *chumbo de caça*.

Para este ultimo fim, junta-se á fusão do metal 3 a 8 millesimos de arsenico, que lhe facilita a granisação, e o metal fundido é lançado n'um passador de fundo chato e perfurado, atravez do qual cae em gottas, de uma altura de 60^m a 80^m dentro de um tanque com agua. Ahi solidificam as gottas do chumbo que no ar tomaram a fórma espherica, e que depois são calibradas em diversas graduações de crivos, que as separam em classes numeradas e assim são entregues ao commercio, depois de serem lustradas em recipientes de rotação de mistura com graphite.

O chumbo tambem é empregado no fabrico de varias soldas, de que falaremos quando tratarmos das ligas metallicas.

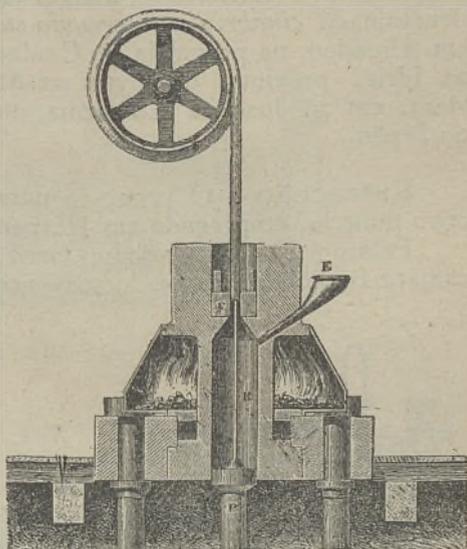


Fig. 60 — Fabrico do tubo de chumbo

MERCURIO

Ainda que de pequena applicação nas nossas industrias metallurgicas, não deixaremos de falar n'este metal, não só pela sua curiosa especialidade de ser liquido na temperatura vulgar, solidificando sómente a 40° abaixo de 0, como tambem pela sua combinação com outros metaes, formando as differentes *amalgamas*.

Este metal está muito pouco espalhado na natureza, e no seu estado nativo encontra-se mais vulgarmente na fôrma de sulfureto denominado *cinabrio* ou *mercurio sulfurado*, entre argillas ou areias em Almaden, na provincia de Ciudad Real, (Mancha), em Hespanha; na Idria, provincia de Illyria na Austria, em Duas Pontes, na Baviera, em S. José da California, no Mexico, no Peru, na China e no Japão.

Extracção — O processo para extrahir o mercurio do respectivo minerio, empregado em Hespanha, é o seguinte:

Pela porta A *fig. 61* de um forno entra a lenha que é queimada na camara B, sahindo os productos da combustão pela chaminé G. Sobre

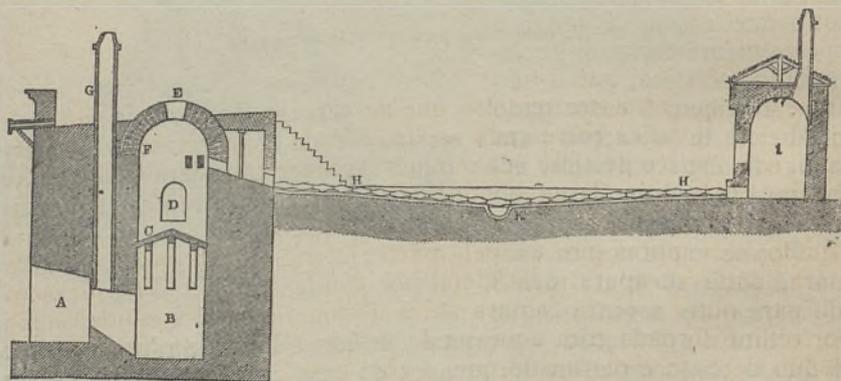


Fig. 61 — Forno para extracção do mercurio

o arco C deita-se o minerio pelas entradas D e E. Os vapores sulfurosos e mercuriaes desenvolvidos na camara F, sahem d'alli por entre uma ou mais enfiadas de *aludeis* de louça H, em fôrma de garrafas sem fundo, *fig. 62*, cujo gargalo de cada um entra no fundo do immediato, indo desembocar n'um compartimento affastado, onde os primeiros encontram sahida por uma chaminé e os segundos são distillados em recipientes apropriados. Cada serie compõe se geralmente



Fig. 62 — Aludeis para distillação de mercurio

de 25 aludeis assentes sobre dois planos levemente inclinados para o centro, onde corre uma calha K, inclinada para uma pia lateral. O aludel que fica sobre a calha, tem inferiormente uma abertura por onde sae o mercurio condensado na respectiva serie, sendo todos vedados na sua junção com barro amassado.

Na Austria emprega-se processo differente para o apuramento de mercurio.

Na fornalha A *fig. 63*, queima-se lenha que aquece o primeiro espaço B sobre as grelhas onde se deita o minerio mais grado; sobre este espaço fica outro em que se colloca minerio mais miudo, e ainda

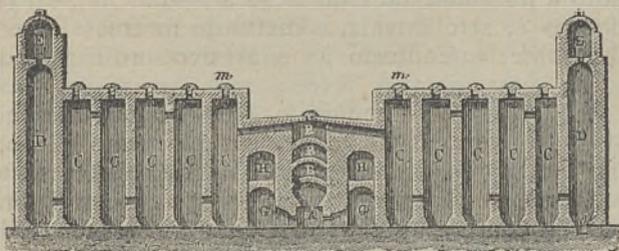


Fig. 63 — Forno austriaco para extracção do mercurio

sobre este espaço ha um terceiro que se carrega com o minerio pulverizado. As divisões entre cada espaço são de tijolo refractario e perfurado, e no espaço de cima fica o minerio pulverizado dentro de bacias de barro. Os vapores desenvolvidos pelo calor saem para as duas primeiras camaras lateraes C, onde é condensado o metal que se junta no fundo; os vapores passam pela parte inferior para uma segunda camara, onde se apura mais metal por condensação, e d'ahi passam ainda para outra e outra camara até á ultima D, onde a condensação é por ultimo forçada com uma queda de agua em forma de chuva. O fundo de cada camara comunica com uma calha geral que conduz o metal a um tanque.

Ha ainda outros processos para apuramento do mercurio de que aqui não falaremos, devido á pouca importancia que este metal tem nas industrias metallurgicas de que tratamos.

O mercurio emprega-se para a combinação de differentes amalgamas, isto é, misturas com outros metaes. Os unicos metaes com que o mercurio se não une, são o ferro e a platina.

O emprego principal do mercurio é porém na construcção de differentes aparelhos physicos para a medição de temperaturas, e pressões atmosfericas, os thermometros e barometros.

ALUMINIO

O aluminio é um metal moderno descoberto e isolado pela primeira vez em 1827 por Wöhler, mas preparado para a industria sómente em 1854 por Deville. Pertence, comtudo, a H. Sainte Claire a gloria de o tornar verdadeiramente um metal industrial, apparecendo ainda depois processos diversos com o fim de lhe baratear o custo e tornar mais pratico o seu emprego; d'esses processos são os mais notaveis, os de Heroult e Netto. Este ultimo foi comprado e explorado por Krupp em Essen, que poude produzir aluminio puro ao preço de 15 francos o kilo e na quantidade de 2^k,25 á hora.

O aluminio é, sem duvida, o metal do futuro, e esse futuro de-verá ser brilhante, attendendo ás suas extraordinarias qualidades.

Sendo de uma notavel leveza, pois que a sua densidade não excede 2,56 no estado fundido e 2,67 quando laminado, pode ser trabalhado com muita facilidade, por ser muito macio, e mesmo forjar-se em frio, apresentando assim uma resistencia muito approximada á do ferro. A sua tenacidade tambem concorre para o tornar precioso; um fio com 2,5 millimetros tem uma resistencia de 25 kilos. De uma superficie inoxydavel, póde receber um polimento brilhante que o aproxima dos metaes preciosos, tendo sobre elles a vantagem do seu pouco peso, qualidade dominante do aluminio. Presentemente o seu preço aproxima-se muito ao dos metaes communs.

Mas quaesquer que sejam as qualidades do aluminio que lhe asseguram uma grande utilidade para usos domesticos, e especialmente para objectos de arte, é comtudo pelas qualidades notaveis das suas ligas, que lhe está destinado um futuro brilhante na metallurgia e nas artes de construcção.

O aluminio é um grande purificador de metaes, e tem a propriedade de reduzir os oxydos que preexistem, e os que se formam no momento da fusão, dando-lhes além d'isto qualidades muito apreciaveis para a sua fundição.

O aluminio apresenta uma côr cinzenta clara, um pouco azulada e baça. O tom azulado é tanto mais carregado quanto maior é a quantidade de silica que contém.

Apparece este metal em grande abundancia no estado de combinação e nunca no estado metallico.

Os minerios mais conhecidos são a *cryolithe*, em que o aluminio se acha no estado de fluoreto duplo de aluminio e de sodio; esta combinação abunda nas argillas da Groelandia; a *bauxite*, em que o metal se acha no estado de hydrato, combinado com oxygenio, silica, oxydo de ferro e agua. Este minerio encontra-se em Baux, origem do seu nome, perto de Arles, em França.

O processo de apuramento do aluminio mais empregado é o do professor Netto de Dresden, e consiste, 1.º na producção do sodio,

2.º na produção do alumínio pelo sodio sobre a *cryolithe* da Groenlandia.

1.º Os vapores de sodio produzidos pela queda continua da soda sobre o carvão incandescente, escapam-se, á maneira que se vão formando, por um tubo que os conduz a um condensador, enquanto que o carbonato de soda se accumula em baixo.

2.º Funde-se 100 partes do *cryolithe* com 30 a 100 partes de chloro de sodio em um cadinho refractario. Quando a mistura se acha liquida leva-se até ao ponto central da massa, um bloco de sodio, na ponta de uma barra de ferro, e na quantidade representativa de 30 partes do todo. A conversão do aluminio faz-se em alguns minutos.

Desagrega-se o contheúdo do cadinho n'um molde de ferro fundido, e depois de solidificado separa-se o aluminio reunido em um só bloco.

Para a *bauxite* emprega-se um forno de reverbero, onde é aquecido aquelle minerio moído e misturado com soda caustica, o que fórma um aluminato de sodio, que se separa em agua, deixando precipitado o oxydo de ferro. N'essa solução de aluminio faz-se passar uma corrente de gaz carbonico que precipita o aluminio no estado de hydrato, o qual se secca e se aquece ficando em alumina.

Misturada esta com carvão e sal marinho em retortas de barro, aquece-se ao rubro branco e faz-se passar por ella uma corrente de chloro que fórma o chloro duplo de aluminio e sodio.

Este chloro é decomposto finalmente pelo sodio metallico, misturando-se-lhe a *cryolithe* como fundente.

Ha ainda o methodo electrico que consiste na decomposição do aluminio pelo arco electrico que actua entre os dois electrodos de uma corrente interrompida, fornecida por uma machina dynamo-electrica.

Este processo tende a generalisar-se por ser mais economico, tornando o metal mais barato.

O aluminio, que se vae tornando cada vez mais util pelas applicções modernas a que tão bem se presta, é já muito empregado no fabrico de utensilios de cosinha, devido á sua inoxybilidade e leveza, á construcção de machinas e diversos apparatus para balões dirigiveis, devido ainda ás mesmas qualidades, e a uma variedade de ligas com diversos metaes formando combinações de muito valor industrial.

PRATA

A prata encontra-se no seu estado nativo em Kongsberg, Noruega, Freiberg, Saxonia, Schemnitz, Hungria, Potosi, America, etc., etc. Em combinação com oiro, tem apparecido em Kongsberg, chegando a conter um quinto do seu peso d'esse precioso metal. Em Coquimbo, Chili, é vulgar encontrar-se combinada com mercurio, em estado de amalgama.

A fórma, porém, mais vulgar em que se encontra a prata, é li-

gada ao enxofre na proporção de 87 partes para 13 de enxofre, sob a denominação de sulfureto de prata. Assim abunda em Inglaterra, Noruega, Hungria, Saxonia, Bohemia, Mexico, Perú e Estados Unidos da America do Norte.

Este minerio apresenta um tom escuro, é muito flexivel e maleavel, e funde-se facilmente. O sulfureto de prata vem ordinariamente misturado com outro sulfureto, de chumbo, cobre, ferro, zinco, etc.

Apuramento da prata. Ha varios processos de apuramento, segundo o estado em que se encontra este metal, a saber:

Cupellação, ustullação e amalgação a frio e a quente.

Cupellação da prata. Este processo emprega-se para apuramento da prata que se acha combinada com chumbo—*galena*. O principio em que se funda, é a facilidade com que o chumbo se transforma em oxydo pela passagem de uma corrente de ar quente, enquanto a prata fica intacta; o oxydo de chumbo funde facilmente, podendo assim separar-se da prata.

O forno para cupellação empregado em Inglaterra é o que vem representado na *fig. 64*.

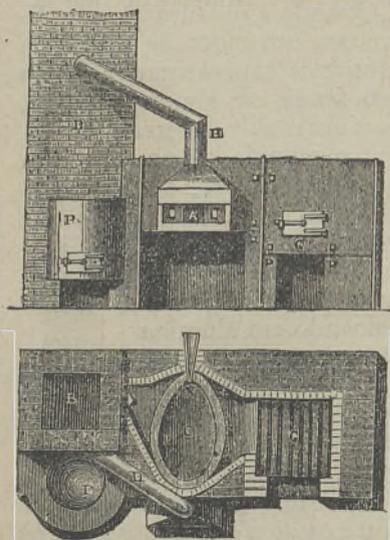


Fig. 64—Planta e alçado de um forno inglez de cupellação

Na fornalha C arde o carvão, cuja chamma passa, como no forno vulgar de reverbero, sobre a soleira C, onde está o metal a apurar, sahindo pela chaminé B. A soleira, porém, é um prato oval, *fig. 65*, formado de barras de ferro *a a a a a*, cobertas de uma composição porosa e resistente ao calor, e montado sobre rodas para que entre e saia facilmente do seu logar no forno. Por um dos lados recebe o algaraviz de um folle ou ventoinha que

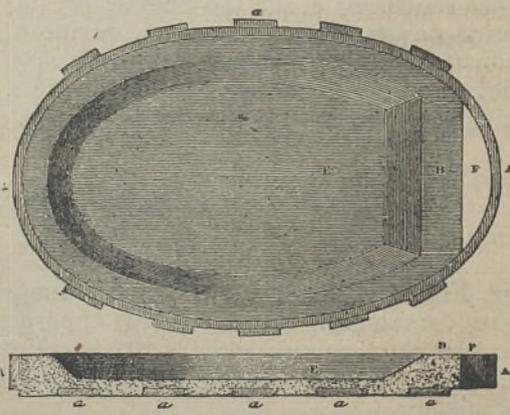


Fig 65 — Soleira do cupellador

fornece o ar para a oxydação do chumbo, arrastando este para a sahida F no lado opposto do prato a que chamam *cupella*, d'onde deriva o nome do processo. Sobre a sahida do chumbo ha uma cupola de ferro A, que conduz o fumo á chaminé B do forno, pelo canno H, e ao lado esquerdo, um recipiente P, tambem com fornalha, onde é conservado quente o metal que se quer apurar.

A prata apurada do chumbo, pelo processo Pattinson de que já fallámos (*vide Chumbo*) é aqui submettida a um grau de calor sufficiente para fundir o chumbo com que se acha coberta, o qual transformado em oxydo, sae da cupula escorrendo para um recipiente proprio. O aspecto da prata ao ficar completamente livre da camada de chumbo é muito bonito, e ao brilho que então apresenta dá-se o nome de *fulguração*.

Na Allemanha o forno de cupellação, *fig. 66 e 67*, differe do que acabamos de descrever, em que a soleira A é fixa, havendo sobre ella uma cupola C movel, que uma especie de guindaste G póde suspender e reti-

rar de cima da abobada BB'. Da fornalha F passa a chamma sobre a soleira para sahir para a chaminé em P.

Os algaravizes *a a* actuam sobre o metal, e o chumbo fundido L escorre ao lado do forno.

Este typo de forno póde trabalhar mais facilmente com metaes impuros do que o forno inglez.



Fig. 66 — Vista do forno alemão para cupellação da prata

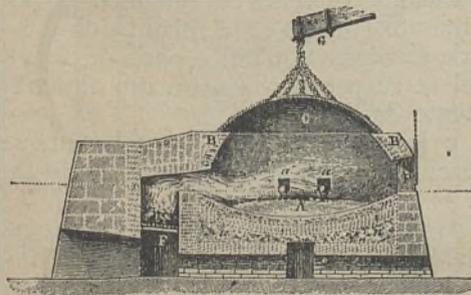


Fig. 67 — Côte do forno alemão para cupellação da prata

A prata aqui apurada não fica perfectamente livre de uma pequena mistura de chumbo, bismutho ou cobre, o que torna necessario a repetição do mesmo trabalho a que se chama refinação.

Ustullação da prata. Pelo processo chamado de *Patera* ustulla-se o minerio misturado com sal commum, para se obter a prata em fórma de

chlureto de prata, que se dissolve com o hyposulphito de soda. A solução é em seguida misturada com o sulfureto de sodio que precipita o sulfureto de prata. Este ultimo, sob a fórmula de pó escuro, é queimado para abandonar o enxofre transformado em gaz sulfuroso, e, conforme a quantidade com que ainda fica ligado, vae a um cadinho com ferro em fusão e com o qual, o enxofre rapidamente se liga formando o sulfureto de ferro, que abandona finalmente a prata.

Pelo processo chamado Ziervogel que se emprega com minerio contendo além da prata, cobre e ferro, obtem-se a transformação d'estes metaes em sulfatos que submettidos a uma temperatura ainda mais elevada se transformam os dois ultimos em oxydos insolúveis, ficando o sulfato de prata que se dissolve em agua contendo cobre, o qual transformado por seu turno em sulfato de cobre, deixa livre a prata.

A ustullação faz-se em fornos de reverbero.

Amalgamação da prata a quente. Consiste este processo em ustullar o minerio primeiro n'um forno de reverbero. Para isto é antes moído e misturado com 10 % de sal commum.

Convertidos assim os diferentes sulfuretos do minerio em oxydos e sulfatos, é o todo novamente moído e introduzido em toneis de madeira C, *fig. 68*, com eixos verticaes, supportados em uma armação de madeira, e tendo cada um d'elles uma roda de engrenagem *r* no topo, que recebe movimento de um eixo central A B, movido por meio de roda hydraulica. Cada tonel comporta 500 litros d'esta composição, a que se junta 50 kilos de fragmentos de ferro, e 150 de

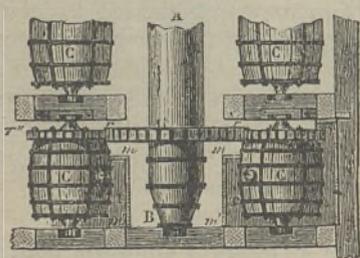


Fig. 68 — Toneis girantes para amalgamação da prata

agua. Depois de posta em movimento por espaço de duas horas, para que o ferro decomponha o chlureto de prata, são introduzidos em cada tonel 50 kilos de mercurio. Posta novamente em movimento com a velocidade de 45 voltas por minuto, obtem-se a mistura do mercurio com a prata, sob a fórmula de amalgama, n'um espaço de tempo de 15 a 18 horas, durante o qual se suspende o movimento algumas vezes para inspecionar o andamento da operação.

Retirada a carga separa-se e lava-se a amalgama e submete-se ao calor para distillação do mercurio, como veremos mais adeante.

Amalgamação da prata a frio. A carestia do combustivel no Mexico e Chili onde se extrahem muito minerio de prata, deu origem a modificar-se o processo de amalgamação, praticando-o a frio sobre um espaço lageado chamado *pateo*, analogo ás nossas eiras para debulha de cereaes.

O minerio depois de bem escolhido é britado em pilões movidos a agua. Em seguida, misturado com agua, é moído por meio de galgas de pedra, e a lama obtida é levada para o pateo onde, misturada com algum sal, é mexida com pás de madeira. A proporção de sal empregado regula entre 1 a 5 0/0. A mistura é completada pelo emprego de cavallos ou mulas trotando algumas horas sobre a massa. Depois do repouso de uma noite voltam os animaes á pisa, por mais uma hora, e em seguida adiciona-se meio a um por cento de minerio de cobre ustulado e reduzido a pó, ao que chamam *magistral*, seguindo a pisa do gado por mais cinco ou seis horas.

E'então que se mistura o mercurio na quantidade do dobro da prata existente, pisando-se e mexendo-se a massa até que, lavando-se uma amostra, se veja que o mercurio está bem incorporado em fórmula de amalgama, não mostrando globulos separados. Junta-se ainda mais mercurio em porção igual a metade da primeira, e mexido tudo um pouco mais, é levado em carros de mão para um tanque de lavagem, onde a amalgama metallica é separada da lama, espremida, dentro de saccos e moldada em fórmula de tijolos. Com esses tijolos faz-se uma especie de torre circular sobre uma peanha de cobre, pelo meio da qual se faz passar um tubo para conduzir os vapores do mercurio a um deposito de agua; a torre é coberta com uma campanula de ferro que

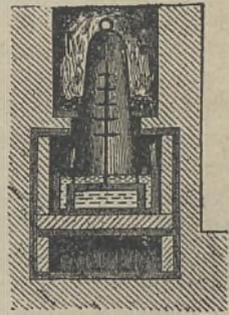


Fig. 69 — Distillação da amalgama de prata

assenta sobre a peanha de cobre, formando-se com tijolos e cimento uma fornalha onde se queima carvão vegetal durante vinte horas. O mercurio vaporiza-se, passa pelo tubo para o deposito de agua onde se conserva, e a prata fica no seu estado metallico.

Para a distillação

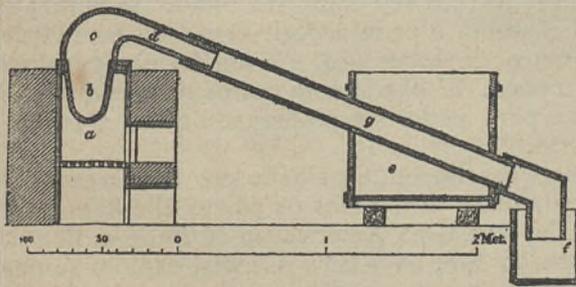


Fig. 70 — Apparelio para distillação da amalgama de prata

do mercurio empregam-se outros processos, segundo a quantidade de amalgama a tratar.

A amalgama é collocada em pratos sustentados n'um suporte vertical que se cobre com uma campanula de ferro, *fig. 69*, que assenta n'um deposito de madeira com agua corrente; a parte superior da campanula é aquecida circularmente com qualquer combustivel, vaporizando-se dentro o mercurio, que é logo condensado na agua.

O systema, porém, mais moderno e economico é, comtudo, o que acima se vê. Compõe-se de um cadinho de ferro *b*, *fig. 70*, onde se colloca o amalgame que uma fornalha *a* aquece e vaporisa, passando os vapores pela cupula *c* para o braço *d* e pelo tubo *g*, através de um deposito de agua fria *e*, para o recipiente *f*.

N'este apparelho podem-se distillar 200 kilos de amalgame em 5 horas.

A prata que fica depois da distillação tem ainda algum zinco, bismutho ou antimonio. Para eliminção d'estes corpos funde-se a prata de novo em um cadinho, e n'essa fusão formam-se os diversos oxydos que se apartam, quer em fumos quer em depositos, sobre a superficie da prata fundida.

A completa purificaçáo da prata pertence á ourivesaria e por isso não nos demoraremos mais no assumpto.

Devido á resistencia que a prata offerece á oxydação, applica-se este metal á confecção de artigos de luxo, ornamentação, cirurgia, etc., os quaes se deseja preservar da oxydação. Sendo o metal em si macio para resistir a grandes esforços, liga-se com algum cobre ou outro metal para ganhar alguma rigidez. Tambem é vulgar a sua applicação em camada galvanica sobre qualquer peça de metal de sufficiente resistencia.

OURO

O ouro é um metal precioso, facil de ser trabalhado, e completamente resistente á oxydação. De um amarello bonito, é susceptivel de ser polido, tomando então um brilho inconfundivel. E' o metal mais ductil e mais malleavel que ha; no seu completo estado de pureza é quasi tão molle como o chumbo, e póde reduzir-se a uma lamina de um millesimo de millimetro de espessura, e a um fio pesando tres milligrammas cada dez metros. E' ligado com outros metaes que elle adquire a rijeza sufficiente para poder ser empregado quer em moeda corrente, quer em joalheria.

O ouro é o metal mais geralmente espalhado por todo o mundo, embora em pequena quantidade. Em todos os paizes elle apparece, sendo dos mais ricos a California, na America do Norte, e o Brazil, Chili, Perú e o Mexico na do Sul; na Africa Central explora-se nas celebres minas do Transvaal, nos territorios portuguezes de Manica e Sofala, e na costa da Cafraria; em numerosas ilhas da Oceania e em toda a Australia; na Asia, encontra-se ouro no Japão, no Thibet e em Ceylão; na Europa, ha minas importantes na Hungria, etc. Foi celebre em Portugal a industria dos adiceiros, que lavavam as areias da costa da Caparica para extracção do ouro, no local ainda hoje conhecido pela designação da *Fonte do Ouro*.

O ouro nativo contém geralmente prata e cobre, embora em pequena quantidade, sendo o mais puro o que se encontra na Australia.

Este metal existe geralmente em filões de quartzo—*quartzo aurífero*—a profundidades variáveis, havendo algumas minas onde o quartzo é explorado em galerias abertas a mais de 1:000^m abaixo do nível do terreno.

Também se encontra o ouro em depósitos de alluvião, nos leitos dos rios ou nos seus antigos cursos, mais ou menos pulverizado e misturado com areias, algumas vezes em palhetas e outras em palhetas alongadas denominadas *pepitas*.

Extracção.—A forma mais primitiva e vulgar de extrahir o ouro contido nos alluviões é pela lavagem das areias auríferas, que se executa em pequenos pratos metallicos, como veremos adiante, constantemente agitados á mão n'um curso d'agua, ou emapparelhos denominados *berços*, muito usados tanto na California como na Australia.

O berço de lavagem é de madeira, e compõe-se de uma caixa de metro e meio, ou mais, de comprimento por metade de largura, assentando sobre rolos também de madeira *fig. 71*. A parte de trás é tres vezes mais alta do que a da frente, e tem na parte superior um taboleiro com uma rotula no fundo, onde se lançam as areias e terras auríferas, que a agua dissolve arrastando a terra o lodo e os corpos extranhos menos densos, deixando um deposito de areia preta e tenuissimas palhetas d'ouro. Continuando a lavagem com o maximo cuidado, a areia preta é arrastada pela agua, ficando só o ouro no fundo da caixa, onde ha uns canaes e travessas de retenção que o seguram, até que a operação seja terminada.

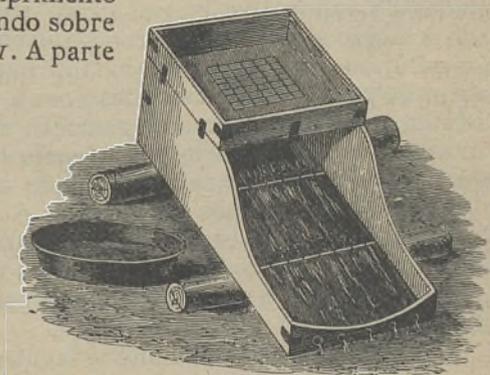


Fig. 71 — Berço para lavagem do ouro

Durante a lavagem a agua passa continuamente sobre as terras ou areias da alluvião, e o berço oscilla constantemente sobre os rolos.

A operação é repetida se o metal não ficou ainda completamente livre de terra ou areia, e em seguida é o ouro seccado ao sol e desembaraçado do pó n'uma corrente de vento.

Modernamente empregam-se grandes dragas montadas junto ás margens dos rios auríferos, ou n'elles navegando, as quaes levantando a areia do fundo a lavam e fazem passar pelo mercurio que retém o ouro, amalgamando-o.

Estas dragas trabalham em taes condições de economia que a industria, para ser remuneradora, basta que aproveite um decigramma de ouro por cada 1:000 kilogrammas de areias lavadas.

Na America do Sul as areias em que ha ouro são lavadas n'uma especie de bacia ou prato de ferro ou zinco. *fig. 72*, no fundo da qual se aglomera o ouro, que é mais pesado, e a areia, que é mais leve, sahe arrastada pela agua.



Fig. 72 - Bacia para lavagem do ouro

No districto da Zambesia, Africa portugueza, essa lavagem é feita em cabaças ou pratos de madeira pelos indigenas da região com o mesmo resultado. O ouro, depois de limpo, é encerrado em pequenos tubos feitos das pennas de pato, sendo á porção d'ouro contida em cada tubo que se chama *um matical*.

Nas regiões em que o ouro apparece encorporado nas rochas quartzosas, como no Transvaal e em Manica, é necessaria a trituração d'ellas para se poder extrahir aquelle metal. Essa operação torna-se muito dispendiosa porque exige o emprego de grandes baterias de pilões de ferro, movidos alternadamente por poderosas machinas de vapor. Ao mesmo tempo que o minerio é reduzido a pó sob a acção dos pilões, recebe um jacto d'agua que o arrasta para umas mezas oscillantes de amalgamação, onde o mercurio retém o ouro, deixando seguir as areias com a agua corrente. Como as areias sahidas das mezas de amalgamação ainda contém ouro que o mercurio não absorveu, são ellas depois tratadas pelo cyaneto de potasio, que dissolve ainda uma porção consideravel do precioso metal.

Em alguns pontos emprega-se o aquecimento do minerio ao rubro, sendo depois regado com agua fria para fragmentar, auxiliando-se assim muito a divisão dos pedaços da rocha.

No Mexico, e em alguns outros paizes, usa-se tambem o processo da amalgamação com o mercurio.

N'este methodo é o minerio lavado e britado, e em seguida moído em moinhos de pedra, semelhantes aos que são empregados para os cereaes. Depois de reduzido a terra o minerio—*pyrites de ferro aurifero*—é misturado com o mercurio, que se combina com o oiro formando a amalgama. D'esta fôrma não escapa particula alguma d'este metal que se não combine com a massa geral, abandonando o resto, que facilmente se póde separar, procedendo-se então á evaporação do mercurio emapparelhos especiaes.

N'um cylindro de ferro *A*, *fig. 73*, é aquecida a amalgama, que se colloca em pratos metallicos, sobrepostos *a*, e ligados a uma haste central.

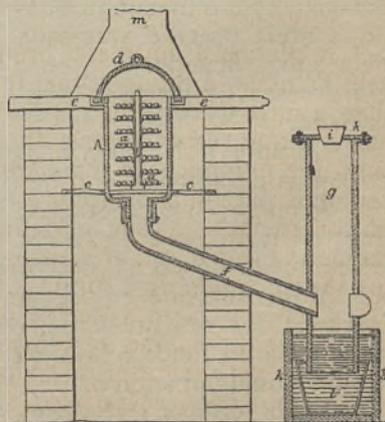


Fig. 73 - Apparelho para distillação da amalgama aurifera

O calor é fornecido pela combustão de carvão ou lenha que se queima sobre grelhas *c* á volta do cylindro. Os productos da combustão saem atravez do tampo *e* pela chaminé *m*. O cylindro é tapado com um tampo abaulado *d*, e no fundo entra um tubo *f* que conduz os vapores mercuriaes á camara *g*, tapada com um batoque *h*, condensando no tanque de ferro *K* em que se deita agua e juntando-se o metal na caixa *l* que se retira ao fim da operação.

Ha ainda outros processos menos importantes, para o apuramento do ouro, que julgamos desnecessario aqui mencionar.

Ensaio das ligas de ouro.—Como dissemos, o ouro puro é quasi tão molle como o chumbo, sendo necessario ligal-o com outros metaes para lhe dar a rijeza necessaria nas suas applicações praticas.

A maneira mais vulgar de determinar o valor de qualquer liga do ouro é com a pedra do toque. Esta pedra costuma ser um pedaço de basalto negro, ou mesmo ardozia.

Sobre ella faz-se um ou mais traços com o ouro que se quer examinar, e junto a esse traço fazem-se outros com diversos padrões de ligas numeradas. Passando sobre os traços um pouco de uma solução de 98 partes de acido azotico e duas partes de acido chlorhydrico, os traços tomam um tom verde, de maior ou menor intensidade segundo a quantidade de cobre que está misturado nas ligas, sendo pela comparação facil determinar qual essa percentagem, e por consequente o valor do ouro que se ensaia.

Ha ainda outro processo de ensaio denominado de *cupellação e dissolução*.

Este processo é mais minucioso e pertence á ourivesaria, de que aqui não tratamos.

PLATINA

A platina é um metal branco acinzentado, muito ductil e malleavel. Tambem é muito tenaz; um fio de 2 millimetros de diametro resiste a uma tração de 124 kilos. E' o metal de maior densidade que ha, e o que resiste a mais alto grau de calor. Esta circumstancia faz com que a applicação mais importante que se lhe dá seja o fabrico de cadinhos para supportarem a acção do fogo, servindo para a fuzão de outros metaes. A sua perfeita resistencia á oxydação, exposto ao ar humido, torna-o muito vantajoso na construcção de para-raios e muitos instrumentos de cirurgia e physica.

O nome platina deriva do hespanhol, e significa pequena prata ou pratinha, pela sua semelhança áquelle metal.

Data de 1735 a primeira observação do minerio de platina encontrado em Choco e Barbacoas na Columbia, America, sendo depois em 1748 estudado successivamente por Antonio Ulloa, Wood, Scheffler Wollaston e outros.

A platina encontra-se no estado nativo nas serras do Ural, na Russia, no Brazil, na ilha de Borneo, no Mexico, na California e na Australia, etc.

O minerio da platina encerra, além d'este metal como parte principal, cobre, ferro, ouro, prata, e uma liga dos metaes, cromio, iridio ruthenio e radio designada pelo nome de *osmioto de iridio*.

O apuramento da platina faz-se por dois processos, um chimico e outro metallurgico.

O processo chimico é um complicado trabalho de laboratorio com o emprego de varios acidos, cuja descripção não é propria para aqui.

O processo metallurgico conhecido pelo nome de Debray, que primeiro o empregou, funda-se na propriedade que o chumbo possui de dissolver todos os metaes do minerio da platina, com excepção do iridio e do ferro.

O processo consiste em fundir o minerio da platina n'um forno de reverbero, juntamente com um peso igual de galena ou sulphato de

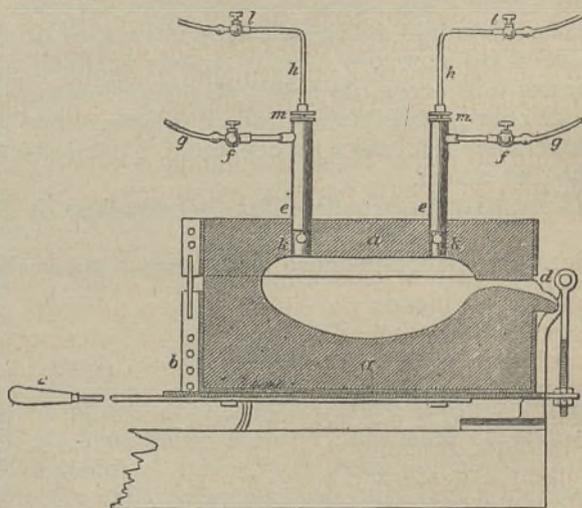


Fig. 74 — Forno para fundir minerio de platina

chumbo e um pouco de vidro. O ferro do minerio decompõe uma parte da galena, o enxofre gazonifica-se e o chumbo fica ligado á platina. Procede-se então á cupellação como no tratamento da prata pag. 78. O chumbo transforma-se em oxydo pela acção da corrente de ar quente, que não chega para a fuzão da platina, e é facilmente separado.

A fusão do minerio da platina obtem-se n'um forno especial aquecido pela chamma oxyhydrica, capaz de mais facilmente atingir a temperatura necessaria.

O forno, *fig. 74*, compõe-se de soleira e abobada, *a a*, feitas de

cal e ligadas por meio de duas barras de ferro cavilhadas *b* — Na abobada entram os dois maçaricos *e K e K*.

Pelos tubos de borracha *g g* entra nos maçaricos o gaz hydrogeneo, regulado pelas torneiras *f f* e pelos tubos *h h* entra nos mesmos o gaz oxygeneo regulado pelas torneiras *l, l*. Os productos da combustão dos gazes sahem pela abertura de descarga *d*. Logo que a fusão do metal se acha completa, despeja-se este para os moldes, levantando a alavanca *c*.

A platina é muito porosa e tem a propriedade de absorver os gazes e condensal-os, especialmente quando no estado esponjoso.

NICKEL

O nickel foi descoberto por Cronstedt, em 1751, n'um minerio chamado *Vupfernickel*.

Este metal apparece em varias especies de minerio: a *nicklina*, que se encontra em filões em Saxe, na Bohemia e Hesse, etc., a *pyrite magnetica nickelifera*; o *arsenio-sulfureto de nickel*, etc.

Junto com o nickel apparece vulgarmente o cobalto, metal de muito pouca importancia nas industrias metallurgicas, e que difficulta um tanto o isolamento do nickel.

O apuramento do nickel faz-se ustullando o minerio a uma temperatura baixa, mas sufficiente para oxydar o cobalto, e funde-se depois com areia e um alcali.

O cobalto reune-se na ganga ao mesmo tempo que se separa um regulo, formado pelo arsenio e nickel, com muito pouco cobre e ferro. Este regulo é purificado por successivas ustullações e fusões, e a massa que resulta é impregnada com acido sulfurico, que converte os oxydos em sulfatos.

Expulsa-se pelo calor o acido em excesso e trata-se o reziduo pela agua. Separa-se o ferro e o cobre juntando ao liquido carbonato de calcio muito dividido; precipita-se o oxydo de nickel pelo leite de cal. O precipitado é misturado com carvão em pó, moldado em cubos, e calcinado n'um cadinho.

O producto obtido encerra 73 a 98 por cento de nickel, e assim é entregue ao commercio.

O nickel é um metal branco como a prata e como ella inoxydavel pelo ar humido, muito ductil e malleavel. Um fio de nickel com 1 millimetro de diametro, supporta uma carga de 80 kilos.

As applicações do nickel são variadas. Tem servido para moeda corrente, e confecção de muitos artigos imitando a prata.

A sua applicação mais industrial, porém, é o revestimento de peças metallicas a que se queira dar uma apparencia limpa e brilhante, sem o inconveniente da oxydação. Chama-se ao processo *nickelagem*.

A nickelagem faz-se por meio da galvanoplastia sendo o sal empregado o sulfato duplo de nickel e de ammonia.

Prepara-se o banho dissolvendo á saturação em agua distillada quente, o sulfato de nickel e de amonio bem puro; a solução deve ficar ligeiramente acida.

Os objectos que teem de ser nickelados são primeiramente polidos e passados por uma solução quente de potassa caustica, lavados n'um banho de cyaneto de potassio, novamente lavados e mettidos no banho galvanico.

A corrente electrica é geralmente fornecida por uma machina dynamo-electrica.

Ao sahir do banho são as peças mettidas n'uma tina com agua fria, a seguir n'outra com agua quente, e por fim n'uma caixa com seradura de madeira.

Depois de bem seccas são polidas com cré, em escovas rotativas.

O acabamento é dado em discos girantes de feltro com cal fina sendo as peças depois bem limpas em discos de lã.

LIGAS DE METAES

Liga de metal é a combinação de duas qualidades de metaes feita com o fim de se obter certas propriedades que nenhum d'elles apresenta.

Quando se liga qualquer metal a outro, as propriedades do corpo que resulta não são, como seria natural, o intermedio das propriedades de ambos, mas sim propriedades novas e bem definidas. Muitas vezes a liga é mais dura que os metaes que a compõem; a densidade poderá ser superior ou inferior á media das densidades dos metaes empregados; em algumas combinações nota-se mesmo uma certa alteração de temperatura, como por exemplo na liga do potassio com o mercurio eleva-se um pouco a temperatura, e pelo contrario na liga da prata com o mesmo metal a temperatura desce um pouco.

Para se obter a mistura ou ligação dos differentes metaes na proporção desejada acerta-se, pelo peso, essa proporção, e depois de reduzidas ao estado de fusão, separadamente em cadinhos de barro refractario ou em fornos de reverbero, segundo a quantidade, é que são misturados, deitando-se sempre o de menor volume sobre o de maior.

Para impedir a oxydação dos metaes á sua superficie durante a fusão, cobre-se esta com uma camada de carvão em pó, ou n'alguns casos, borax pulverisado.

Quando alguns dos metaes empregados é volatil, como por exemplo o zinco ou o mercurio, conta-se com isso empregando nas quantidades um pequeno excesso para compensar a perda por volatilisação.

As ligas são sempre mais fusiveis que o metal de menor fusibi-

lidade que n'ellas entra e muitas vezes fundem a temperaturas mais baixas do que o mais fusivel d'esses metaes.

A dureza é sempre superior n'uma liga, á dos metaes n'ella empregados considerados isoladamente, assim por exemplo a liga monetaria è mais dura que a da prata e o cobre n'ella empregados. O chumbo, sendo isoladamente um metal molle, torna mais rijos alguns metaes com que se combina. O bronze torna-se mais duro se lhe juntarmos um pouco de zinco, que isoladamente é um metal de pouca rigeza.

Os metaes quando são combinados em ligas, perdem um pouco da sua tenacidade, densidade e malleabilidade. O ouro por exemplo que é muito malleavel, torna-se duro e quebradiço quando se lhe junta chumbo.

As ligas em que entra qualquer metal volátil são decompostas pela acção do calor, que n'ella diminue a percentagem do metal que se volatilisa.

A oxydação de uma liga metalica é em geral mais difficil do que a dos metaes n'ella empregados.

Como se vê a liga de metaes dá origem a um corpo differente dos seus componentes, podendo esse corpo ser amoldado a variadas applicações, segundo a afinação que se der á sua composição.

Ao estudo das combinações de metaes se deve pois a origem de alguns corpos mais adequados ás nossas exigencias, e que a natureza não criou, embora nos tenha fornecido os elementos para a sua composição.

Os metaes compostos mais geralmente empregados na nossa metallurgia, são o bronze e o latão, não contando outras combinações de menor importancia como o metal de typo, o metal inglez, o metal de chumaceiras, o metal de canhão, o estanho de espelho, e as differentes soldas e amalgamas.

Estudaremos apenas o bronze e o latão por serem as combinações mais empregadas, e de mais variadas especies, apresentando as outras ligas em tabella explicativa das suas composições.

BRONZE

O bronze é a combinação do cobre com o estanho que forma uma liga de grandes vantagens: é pouco oxydavel, muito fuzivel, prestando-se optimamente para toda a especie de moldação, muito rija, podendo ser trabalhada facilmente á lima e ao torno.

O bronze foi o primeiro metal que o homem empregou industrialmente. Foi no periodo historico denominado a *idade da pedra*, que o bronze começou a ser utilizado no fabrico de diversos utensilios, e o seu emprego generalisou-se tanto, que a pedra ficou substi-

tuida pelo novo metal iniciando-se um outro periodo historico que se denominou *idade de bronze*.

Os vestigios interessantissimos das aldeias chamadas *lacustres* que o Dr. Keller foi descobrir e estudar nos lagos da Suissa, fornecem dados valiosos para a reconstituição da historia do bronze. Em seguida ao desenvolvimento do emprego do ferro, diminuiu o do bronze que ficou desde então substituído, em grande parte, pelo ferro e aço, especialmente no fabrico de utensilios de corte e de guerra, não deixando comtudo de ser utilizado em variados artigos de ornamentação e de luxo.

O bronze prestava-se muito bem para o fabrico de armas de guerra por ser susceptivel de enrijar muito, tomando qualidades semelhantes ás do aço temperado. O modo de temperar o cobre ou dar-lhe rizeza é comtudo o inverso do que se emprega com o aço, isto é, aquecendo-o e deixando-o arrefecer gradualmente, toma maior rigidez; se pelo contrario fôr bruscamente arrefecido com agua, torna-se mais brando.

Na transição do emprego da pedra afeiçoada, para o emprego do bronze, moldado e trabalhado, houve certamente um grande progresso artistico de manufactura, progresso que ainda se desenvolveu mais com os conhecimentos graduaes do desenho e bom gosto, não só na forma, como nos labores dos objectos de luxo, dos quaes alguns vestigios ainda chegaram ao nosso tempo e se admiram n'alguns museus.

O bronze foi tambem, e ainda hoje é, muito empregado em moeda corrente, juntamente, mais tarde, com o oiro e a prata, havendo, reunidas em collecções de numismatica, moedas de remotissima data.

Em 1650 era importantissima a industria do bronze, havendo grandes fundições como se vê na Estampa VIII.

N'aquelle tempo eram as officinas muito visitadas na occasião das fundições, por pessoas da primeira classe social, com o fim de presenciarem o spectaculo digno de ser admirado.

Em 1744 fundia-se em Lisboa a maior obra de bronze que se tem feito em Portugal e uma das mais importantes até alli em todo o mundo conhecido: a estatua equestre d'el-Rei D. José que toda a gente admira no Terreiro do Paço.

Esta obra foi dirigida pelo engenheiro militar Bartholomeu José da Costa.

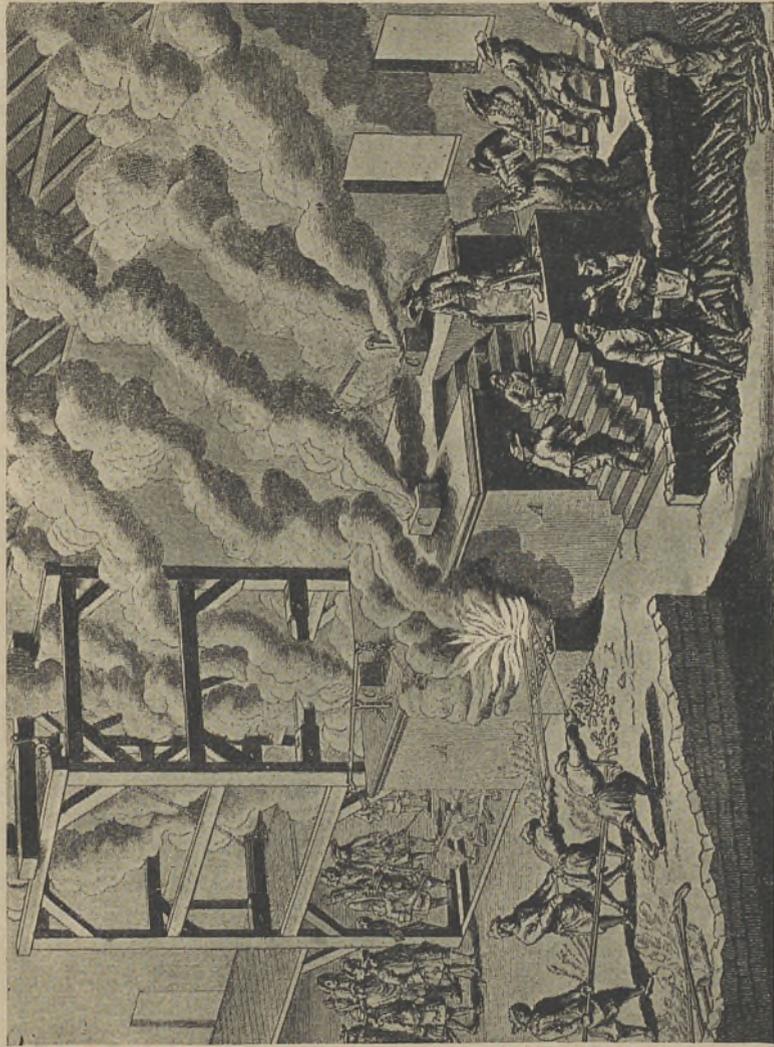
Entrou no forno um volume de bronze que pesou 2656 arrobas e gastou 28 horas a derreter, e 8 minutos a correr para dentro do molde, em um só jacto.

A estatua mede 21 palmos de altura, desde o chão até a cabeça do monarcha, e ficou com uns 500 quintaes de bronze e uns 100 quintaes de ferro, empregado na armação interior.

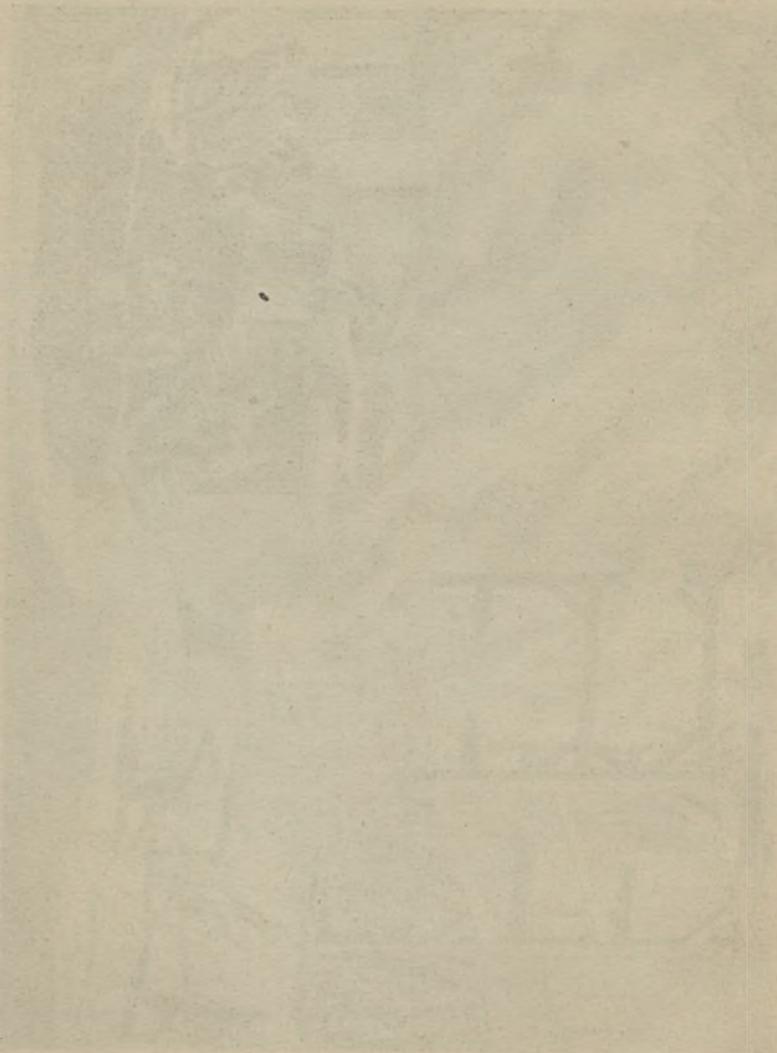
Modernamente este genero de trabalho é feito com muito menor peso de bronze por ser muito mais delgada a espessura da parede, que é devidamente escorada pelo esqueleto interior.

METALLURGIA

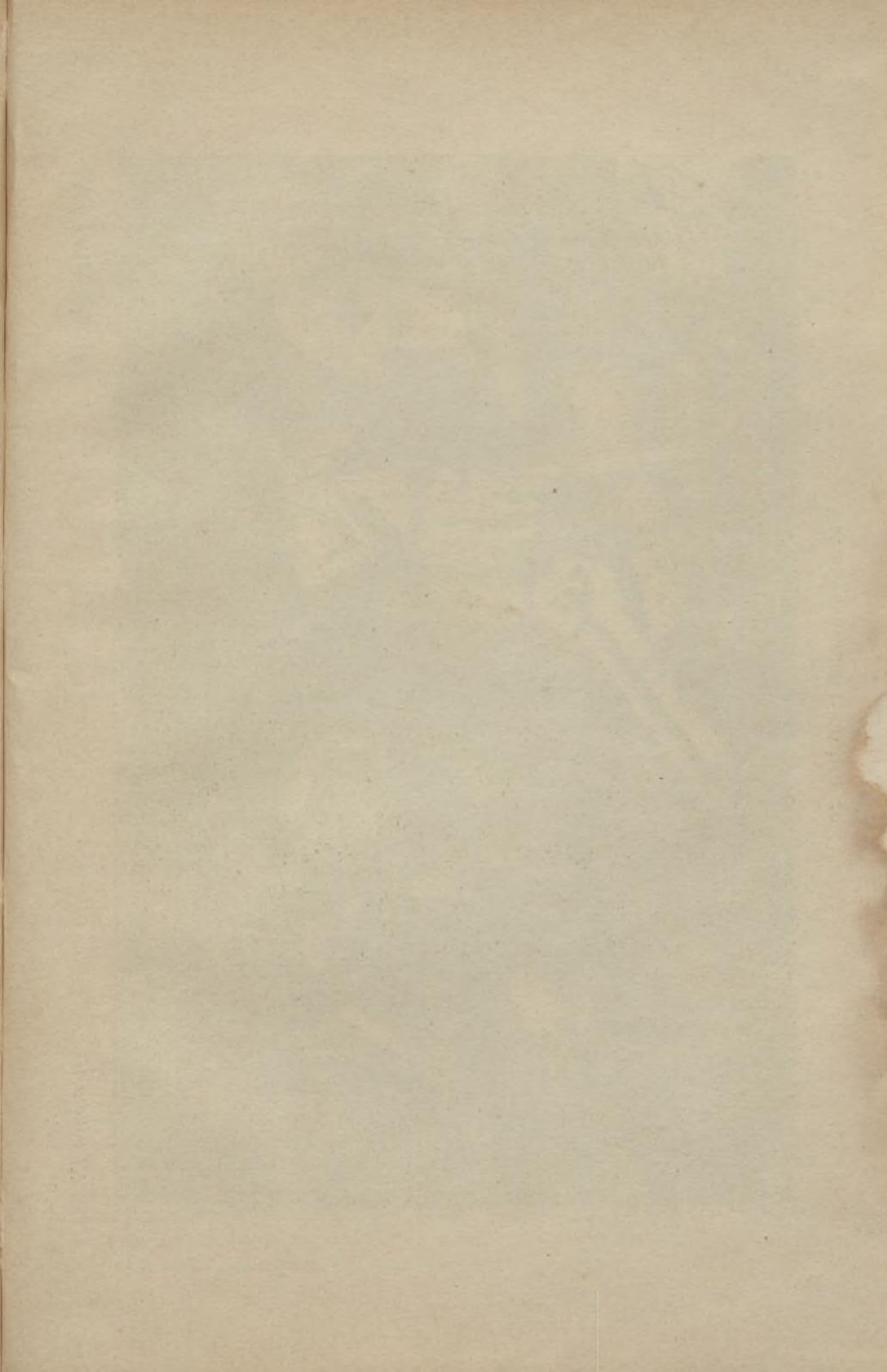
Estampa VIII



Fundição de Bronze em 1650



ALBION JAGGER





Primitiva fundição do bronze

A moldação pôde ser em gesso, areia ou ferro.

Primitivamente, porém, moldava-se em pedra, talvez por estar então mais em voga o trabalho da pedra, tendo chegado ainda até nós vestígios d'essa moldação. A Estampa IX mostra uma officina de utensílios de bronze fundido no periodo da *idade de bronze*. Ao fundo está o forno de fundição do metal, e no primeiro plano a moldação, ou enchimento do molde, e a abertura d'este e exaúe da peça fundida.

O bronze é hoje empregado no fabrico de moeda corrente, artilharias, sinos, chumaceiras e muitos outros artigos mais expostos á acção da humidade, attricto ou choque.

A' liga do cobre e estanho tem a sciencia moderna addicionado outros corpos para obter certas qualidades, segundo as exigencias, como o zinco, o antimónio, phosphoro, etc.

Para a purificação tambem se tem ultimamente empregado o aluminio com apreciaveis vantagens.

Esta combinação tem servido tambem para o fabrico de utensílios e serviços de mesa, devido á sua bella apparencia depois de polida. Pela sonoridade que adquire o bronze d'aluminio, tambem é utilizado para instrumentos musicaes.

As variantes na composição do bronze vão indicadas na tabella respectiva, onde se pôde facilmente apreciar o effeito dos diferentes elementos empregados.

LATÃO

O latão é uma liga de cobre e zinco na proporção de 2 para 1 isto é, duas partes de cobre e uma de zinco approximadamente e segundo o fim a que é destinado.

O primeiro processo empregado para o fabrico do latão era fundir o cobre granulado juntamente com a calamina, minerio do zinco, e um pouco de carvão, tudo n'um cadinho coberto. O zinco reduzido do minerio pela acção do carvão, em vez de se vaporizar, combinava-se com o cobre e formava-se o latão, em estado de fuzão no fundo do cadinho.

Hoje emprega-se o zinco no seu estado metallico, fundindo-o n'um cadinho e juntando lhe gradualmente o cobre fragmentado.

Facilita-se muito a combinação dos dois metaes se lhe addicionarmos um pouco de latão partido velho.

O emprego do latão é muito importante, devido á sua resistencia á oxydação, para o fabrico de torneiras, valvulas, ligações para mangueiras, tudo, emfim, destinado a ficar em contacto com a agua ou outro liquido. E facilmente polido tomando um aspecto brilhante, e pôde ser trabalhado ao torno, augmentando-se-lhe a proporção do cobre e addicionando-se-lhe um pouco de chumbo.

O latão tambem se emprega em folha ou chapa, para o que tem a necessaria malleabilidade.

Muitas outras combinações se faz com os differentes metaes para diversos fins, como:

Metal branco —contra fricção, para chumaceiras, sobre o qual póde bastante tempo trabalhar qualquer veio, sem muito sensivel gastamento.

Metal inglez ou *electro* —com que se fabrica um sem numero de artigos de mesa e mais usos. Imita por muito tempo a prata, e é susceptivel de tomar um polimento brilhante.

Metal typo —com que se fabrica os caracteres de imprensa. Reune as qualidades especiaes para o fim a que é destinado, como rijeza, fusibilidade e pouco peso.

Todas as soldas necessarias á ligação de diversos metaes. Amalgamas diversas pela incorporação do mercurio em varios metaes.

Pela tabella de ligas que em seguida apresentamos, se póde estudar quaesquer d'essas combinações mais usuaes á metallurgia corrente.

Ao terminar este trabalho, consignamos o nosso desejo de que elle possa servir de esclarecimento geral sobre materia prima metallica, áquelles a quem interessar o seu conhecimento e que poderão buscar instrucção mais detalhada em outros livros d'esta bibliotheca contendo as especialidades dos diversos officios.

INDICE

| | Pag. |
|--|------|
| Definições | 3 |
| Propriedades dos metaes | 3 |
| Brilho | 4 |
| Tenacidade | 4 |
| Malleabilidade | 4 |
| Ductibilidade | 4 |
| Densidade | 5 |
| Fusão | 5 |
| Elasticidade | 5 |
| Conductibilidade | 6 |
| Ferro | 7 |
| Estado natural | 8 |
| Minerio do ferro | 8 |
| Extracção do ferro | 9 |
| Methodo catalão | 10 |
| Inconvenientes do methodo catalão | 12 |
| Methodo dos altos fornos | 13 |
| Origem | 13 |
| Altos fornos | 14 |
| Calcinação do minerio do ferro | 18 |
| Ferro guza ou de primeira fusão | 18 |
| Ferro coado branco | 19 |
| Ferro coado cinzento ou pardo | 20 |
| Ferro coado negro | 20 |
| Ferro coado, pedriz ou apedrado | 20 |
| Afinação do ferro coado | 20 |
| Afinação do ferro pelo carvão de madeira | 22 |
| Afinação do ferro pelo carvão mineral, puddlagem | 24 |
| Martelagem | 28 |
| Laminagem | 29 |
| Fabricação da chapa de ferro | 31 |
| Fabricação do arame de ferro | 33 |
| Aço | 35 |
| Preparação do aço | 35 |
| Aço natural | 35 |
| Aço puddlado | 36 |
| Aço Siemens e Martin | 36 |
| Aço Bessemer | 38 |
| Aço de cementação | 42 |

| | |
|--|----|
| Aço fundido..... | 44 |
| Forno para a fusão do aço..... | 44 |
| Fabricação de rails..... | 46 |
| Modificação do aço..... | 47 |
| Efeito do carbono..... | 47 |
| Efeito do silicio..... | 49 |
| Efeito do enxofre..... | 50 |
| Efeito do phosphoro..... | 50 |
| Efeito do manganéz..... | 50 |
| Efeito do chromo..... | 50 |
| Efeito do tungsteno ou wolfran..... | 50 |
| Cobre..... | 51 |
| Minerio do cobre vermelho..... | 51 |
| Minerio do cobre negro..... | 52 |
| Minerio do cobre indigo..... | 52 |
| Pyrite de cobre..... | 52 |
| Cobre de Peacock..... | 52 |
| Minerio pardo de cobre..... | 52 |
| Malachite..... | 52 |
| Malachite azul ou azurite..... | 52 |
| Apuramento do cobre..... | 52 |
| Cobre nativo..... | 52 |
| Fusão no forno de reverbero..... | 53 |
| Afinação do cobre..... | 53 |
| Refinação..... | 54 |
| Tratamento do minerio de cobre..... | 54 |
| Efeito de materias estranhas sobre a qualidade do cobre..... | 57 |
| Efeito do estanho..... | 57 |
| Efeito do phosphoro..... | 57 |
| Efeito do arsenico..... | 58 |
| Estanho..... | 58 |
| Preparação mecanica..... | 58 |
| Calcinação ou ustulação do minerio..... | 56 |
| Lavagem do minerio calcinado..... | 59 |
| Fusão do minerio preparado..... | 59 |
| Refinação do estanho ou afinação..... | 60 |
| Zinco..... | 62 |
| Blenda..... | 62 |
| Zinco vermelho..... | 62 |
| Calamina..... | 62 |
| Processo inglez para extrahir o zinco..... | 63 |
| Processo belga para extrahir o zinco..... | 64 |
| Processo silesiano para extrahir o zinco..... | 65 |
| Laminagem do zinco..... | 67 |
| Chumbo..... | 67 |
| Galena..... | 67 |
| Minerio branco ou cabonato de chumbo..... | 67 |
| Fusão da galena..... | 67 |
| Fusão das escorias..... | 70 |
| Refinação do chumbo..... | 70 |
| Refinação do chumbo argentifero..... | 71 |
| Aplicações do chumbo..... | 73 |
| Mercurio..... | 74 |
| Extracção..... | 74 |
| Aluminio..... | 76 |
| Prata..... | 77 |
| Apuramento da prata..... | 78 |

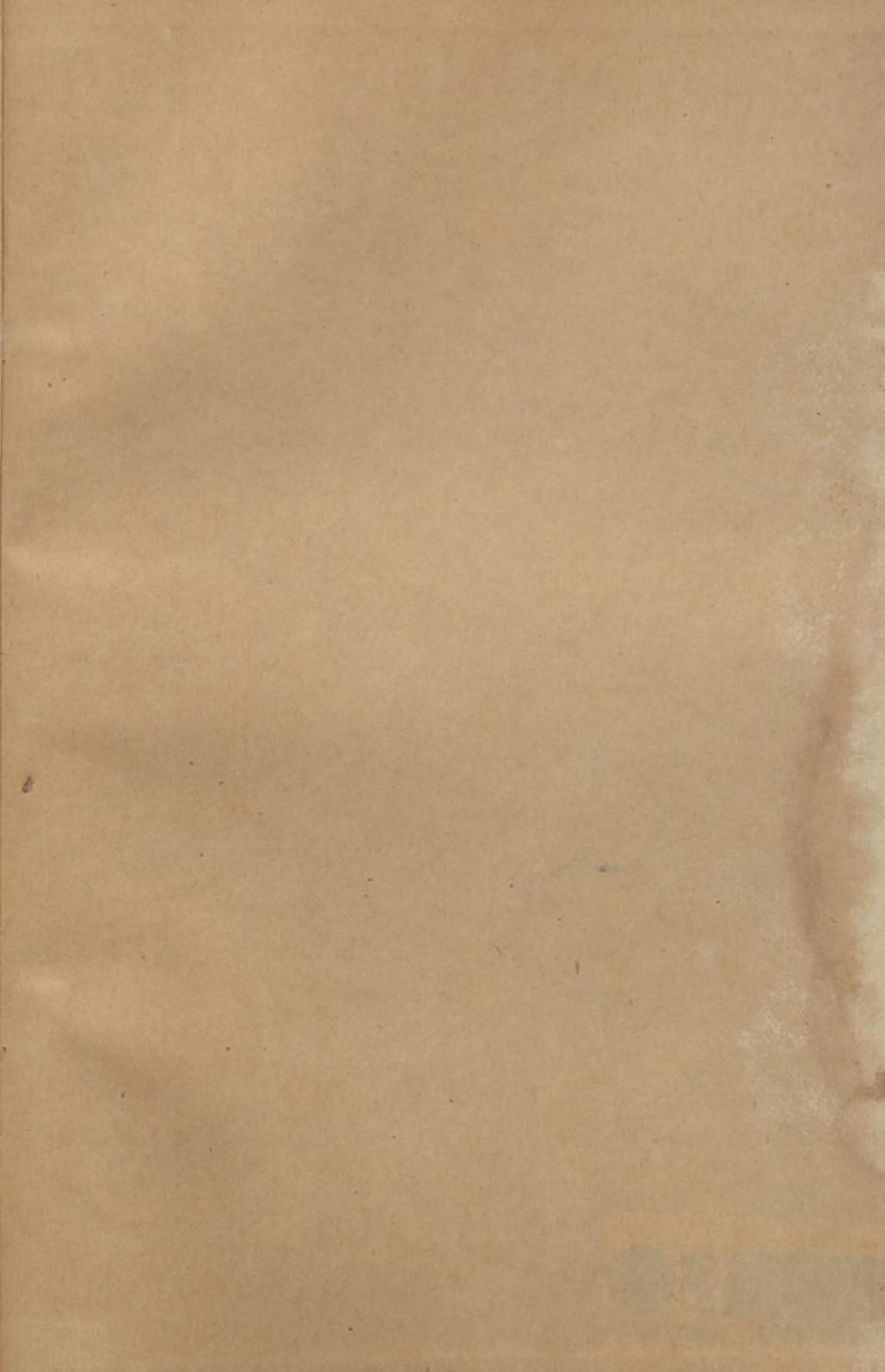
| | Pag. |
|--|------|
| Cupellação da prata | 78 |
| Ustullação da prata | 79 |
| Amalgamação da prata a quente | 80 |
| Amalgamação da prata a frio | 80 |
| Ouro | 82 |
| Extracção do ouro | 83 |
| Ensaio das ligas do ouro | 85 |
| Platina | 85 |
| Nickel | 87 |
| Ligas de metaes | 88 |
| Bronze | 89 |
| Latão | 91 |
| Metal branco | 92 |
| Metal inglez ou electro | 92 |
| Metal typo | 92 |
| Tabella das ligas metallicas mais usuaes | 93 |

COLLOCAÇÃO DAS ESTAMPAS

| | | |
|--|--|----|
| FRONTISPICIO — Forno primitivo de metallurgia. | | |
| I | Forno indigena na região do Nyassa | 10 |
| II | Forno catalão | 12 |
| III | Forno de puddlagem | 26 |
| IV | Laminadores | 30 |
| V | Fabricação do aço Bessemer | 40 |
| VI | Fabricação de rails | 46 |
| VII | Peneiro da lavagem do estanho | 59 |
| VIII | Fundição de bronze em 1650. | 90 |
| IX | Primitiva fundição de bronze | 91 |

FIM DA METALLURGIA





N.º 49
Tab. 2
Est. 9
Sala 10



RÓMULO



CENTRO CIÊNCIA VIM
UNIVERSIDADE COIMBRA

1329705264



M
P