

**BIBLIOTECA
DE
INSTRUÇÃO PROFISSIONAL**

**M A N U A L
D O
F E R R E I R O**



**LIVRARIA BERTRAND
LISBOA**

S. A
Est. _____

Tab. _____

N^o _____

5

48

Univ. de Córdova 1955
Est. 1 Tab. 5 N.º 48



Est. 1. Tab. 5 N.º 48

MANUAL DO FERREIRO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

PHYSICS DEPARTMENT
5712 S. DICKINSON ST.
CHICAGO, ILL. 60637

Biblioteca de Instrução Profissional

FUNDADA POR
TOMÁS BORDALO PINHEIRO



COMPRA

Manual do Ferreiro

5.^a EDIÇÃO

196

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO NACIONAL
MUSEU NACIONAL DA CIÊNCIA
E DA TÉCNICA



MUSEU NACIONAL DA
CIÊNCIA E DA TÉCNICA
RÓMULO DE CARVALHO

N.º 196

RC
MNCT



73
MAN

LIVRARIA BERTRAND
73, Rua Garrett, 75
LISBOA

EDITORA PAULO DE AZEVEDO, L.^{DA}
RIO DE JANEIRO — S. PAULO
BELO HORIZONTE

REPUBLICA PORTUGUESA
MINISTÉRIO DA AGRICULTURA
E RESSORTOS



Composto e impresso na
IMPRESA PORTUGAL-BRASIL
R. da Alegria, 30—Lisboa

N.º 196

Manual do Ferreiro

CAPÍTULO I



Definições e noções gerais sobre o ferro, o aço e os combustíveis

Chama-se *maleabilidade* à propriedade que se encontra mais ou menos desenvolvida em certos corpos e em virtude da qual, pela acção de forças exteriores, as suas partículas se deslocam, escorregando umas sobre as outras de maneira a produzir-se uma mudança de forma que se mantém ainda que aquelas forças deixem de actuar sobre o corpo.

Esta propriedade, que em certos metais se acha muito desenvolvida, é aproveitada para o seu trabalho, obtendo-se de uma peça em bruto outra com forma diferente e definitiva, por meio de deformações sucessivas convenientemente graduadas.

Pode-se dizer, de uma maneira mais restrita, que a maleabilidade é a propriedade que possuem os metais de, sob a acção do calor e da martelagem, poderem tomar forma diversa da primitiva.

A esta forma de trabalhar os metais, e que se baseia no aproveitamento da sua maleabilidade, chama-se **forjar**.

Na *fundição* também se dá o fenómeno de as partículas metálicas escorregarem umas sobre as outras, até que um obstáculo se oponha a esse movimento, mas esse escorregamento produz-se em virtude da

acção do próprio peso, enquanto que, para *forjar*, é indispensável o emprego de forças exteriores, como sejam o choque produzido pela pancada dada com um martelo, a compressão em uma prensa hidráulica, etc.

As oficinas especialmente destinadas para nelas se executarem as operações de forjar chamam-se *officinas de ferraria*; aos operários que forjam, *ferreiros*; e aos operários que auxiliam os ferreiros no seu trabalho, *ajudantes de forja*.

O ferro

O ferro é incontestavelmente o metal mais útil de que o homem pode dispor, assim como o que mais pròdigamente se encontra espalhado na natureza. As diferentes operações a que tem de ser sujeito desde que sai da mina até adquirir as propriedades e formas sob as quais se apresenta no mercado, encontram-se descritas no volume *Metalurgia*, desta *Biblioteca*, cuja consulta reputamos de grande utilidade.

No estado em que é utilizado pela indústria o ferro não é um metal puro, visto que é sempre acompanhado por várias substâncias com as quais se achou em contacto, seja no seu estado natural, seja durante as diferentes operações a que foi submetido. Essas substâncias que se encontram no ferro e que todas mais ou menos influem nas suas propriedades, são: o *carbone*, o *silício*, o *manganês*, o *fósforo*, o *arsénico*, o *enxofre*, etc.

O ferro que o ferreiro utiliza para os seus trabalhos é o *ferro maleável* ou *ferro laminado*, que resulta da afinação, martelagem e laminagem do ferro gusa ou coado, operações estas que o tornam maleável a quente ou a frio, mas sem a propriedade de adquirir têmpera.

A estrutura natural do ferro é cristalina ou granular, e se aparece com o aspecto fibroso é porque a ciência e a indústria, com os múltiplos e poderosos recursos de que dispõem, determinam a transformação dos grânulos em fibras, visto que nesta última forma o ferro apresenta mais desenvolvidas certas propriedades que o tornam preferível para grande número de trabalhos. Por aqui se vê que, pelo exame da estrutura do ferro, se pode reconhecer o grau de desenvolvimento de algumas das suas propriedades, como sejam, por exemplo, a *tenacidade* e a *ductilidade*.

Assim, um ferro cuja estrutura seja granulada e em que as moléculas sejam bem perceptíveis, é rijo, difícil de trabalhar e resistente ao atrito, pelo que deve ser preferido para aros de rodas, veios, etc. O ferro de estrutura fibrosa é mais macio e maleável do que o precedente, oferecendo maior resistência aos esforços de tracção e compressão, pelo que deve ter a preferência para hastes em êmbolo, tirantes e outras peças de máquinas, escoras, correntes, etc.

Em quatro qualidades distintas se pode dividir o ferro maleável:

- O *ferro macio*, que só quebra a quente;
- O *ferro rijo*, que quebra a frio;
- O *ferro muito bom*, que não quebra nem a quente nem a frio;
- O *ferro ordinário*, que quebra tanto a quente como a frio.

Julgado pela sua aparência, será melhor ferro o que mostrar o granulado da sua estrutura mais fino e brilhante, o que mostrar as fibras mais ligadas e com a cor cinzenta-clara, finalmente o que não mostrar manchas de oxidação, falhas ou interposição

de escórias ou quaisquer outras substâncias estranhas.

Ainda para a classificação do ferro se divide este em quatro grupos ou qualidades, na distinção das quais se emprega o seguinte processo:

Colhem-se amostras das mesmas dimensões que se furam a frio empregando um punção de aço levemente cónico e examina-se a forma como essas amostras suportam aquela operação.

O melhor ferro, ou *ferro número 1*, suporta bem a experiência, mostrando os bordos do furo bem nítidos e na sua parede a estrutura fibrosa bem nítida e homogénea.

O *ferro número 2* também suporta bem a experiência, mas é mais macio e fibroso do que o número 1, e a sua estrutura mais lamelar do que filamentosa, mostrando fendas pequenas a separar as fibras. Para caldear, este ferro deve ser aquecido a um grau de calor inferior ao necessário para caldear o número 1.

O *ferro número 3* é mais rijo e tenaz do que o número 4; é mais difícil de furar a punção e os bordos do furo já não se apresentam nítidos como precedentemente. A sua estrutura é granular, fina, regular e de cor cinzenta levemente azulada com um brilho metálico muito pronunciado.

O *ferro número 4* é muito macio, não suporta a experiência e fende, mostrando uma estrutura de um granulado muito grosseiro, com facetas grandes e angulares de cor cinzenta-clara muito brilhante.

A qualidade do ferro varia não só com a sua composição química, mas também por efeito das acções mecânicas a que é submetido.

Assim, em virtude de uma mudança rápida de temperatura, da acção do magnetismo, choques violentos e sucessivos, dilatação das moléculas suspensa de repente, podem modificar-se de todo as qualidades do ferro.

Algumas causas de transformação explicam-se da seguinte forma: Os poros do ferro enchem-se de certos gases cujos átomos estão sujeitos a leis muito diferentes daquelas a que estão sujeitos os átomos metálicos. Então, se, por exemplo, aquecermos uma barra de ferro, haverá duas dilatações distintas na massa geral, do que resultará desequilíbrio na relação entre as moléculas metálicas e gasosas e daí modificação ou destruição da ductilidade, pelo que o ferro se tornará muito quebradiço, sendo necessário dar-lhe um bom calor e activar pela martelagem (*atarracar*) a contracção resultante do arrefecimento, para poder recobrar a ductilidade primitiva.

Pela mesma razão um arrefecimento súbito do ferro fortemente aquecido produzirá idênticos resultados, tornando necessário o mesmo tratamento ou, pelo menos, o *recozimento* do ferro, operação esta que se pratica aquecendo-o, para depois o deixar esfriar lentamente.

A martelagem a frio, estreita os poros e coloca as moléculas em tais circunstâncias de tensão que o ferro enrija e torna-se muito friável.

A vibração, por qualquer forma que se exerça, desenvolve extraordinariamente a cristalização e algum tanto a magnetização, tendo a experiência mostrado que barras de ferro submetidas a frequentes vibrações perdem a sua estrutura fibrosa, tornando-se magnetizadas e granulares e, portanto, quebradiças. Assim se explica o facto vulgar de se quebrarem sem causa aparente os eixos de carruagens, mostrando a fractura um granulado grosseiro, quando na escolha do material houve cuidado em procurar o melhor e mais próprio, que é precisamente o de estrutura fibrosa.

O choque contínuo, embora leve, é também quase sempre causa de mudança da estrutura e portanto da qualidade do ferro, razão por que se recomenda ao ferreiro que não queira aperfeiçoar a obra que

acabou de forjar, dando-lhe marteladas suaves e repetidas sobre a bigorna quando o ferro já está frio, visto que isso lhe faz perder muito da sua tenacidade.

O contacto da água ou do vapor de água basta para magnetizar o ferro e, como tal, para transformar a sua estrutura de fibrosa em granular.

O grau de afinidade entre o ferro e o oxigénio, sendo muito desenvolvido, pode também ser causa de modificações nas suas qualidades.

Se expusermos à acção do ar, do sol ou da chuva, um pedaço de ferro ao rubro, observa-se que ele rapidamente se oxida, separando-se da superfície do metal camadas decompostas conhecidas pelo nome de *carepas*. Essa facilidade com que o ferro se oxida a quente explica a necessidade de reduzir o mais possível o número de calores a dar a uma peça.

Examinemos agora, uma por uma, as diversas propriedades do ferro cujo estudo mais particularmente interessa o ferreiro:

Densidade. — A densidade é a relação entre o peso da unidade de volume de um corpo e o peso de igual volume de água destilada. A densidade do ferro é muito variável, podendo todavia considerar-se a densidade média igual a 7,78 ou seja 7,78 vezes o peso da água destilada.

Fusibilidade. — É a propriedade que têm os metais de se fundirem ou derreterem sob a acção do calor. A temperatura de fusão do ferro laminado é 1.500° a 1.600° centígrados, bastando todavia uma temperatura de 1.000° a 1.200° para poder ser caldeado.

Segundo a cor que o ferro toma pela acção do calor, assim se pode avaliar com muita aproximação a temperatura a que ele se encontra, como as

experiências a que se tem procedido cabalmente demonstram. Assim, à cor

rubro nascente	corresponde a temperatura de	500°
» sombrio	» » » »	625°
cereja nascente	» » » »	700°
» claro	» » » »	800°
laranja escuro	» » » »	900°
» claro	» » » »	1.000°
rubro branco	» » » »	1.100°
» » brilhante ou a caldear	corresponde a temperatura de	1.200° a 1.300°.

Uma das propriedades mais úteis do ferro é o tornar-se mole e pastoso e portanto dúctil a uma temperatura muito inferior à da fusão, pelo que pode ser facilmente forjado ao rubro cereja e caldeado ao rubro branco.

Quando a temperatura está próxima da fusão, o ferro torna-se cristalino e muito difícil de forjar.

Dureza. — A dureza é a propriedade que possuem os metais de se deixarem riscar por outros corpos. Depende das substâncias que com o ferro se acham misturadas e da temperatura a que está submetido.

Assim a um metal mais rico em carbone ou em silício corresponde maior dureza. A um grau de calor mais elevado corresponde um metal menos duro.

Embora o carbone torne o ferro mais duro, é todavia indispensável que ele contenha uma certa percentagem daquela substância, pois que o ferro absolutamente puro é tão macio que pouca resistência oferece a ser riscado. Essa percentagem de carbone oscila em geral entre 0,033 e 0,050 no ferro laminado.

Tenacidade. — É a resistência que os metais oferecem à rotura pela tracção ou distensão. Assim

como todas as outras propriedades, a tenacidade, que no ferro é muito desenvolvida, também varia com as substâncias estranhas que se encontram misturadas no ferro, com a sua estrutura e com as variações de temperatura.

Ductilidade. — É a faculdade que possuem os metais de se deixarem reduzir a fios ou arames delgados, na fieira. Esta propriedade acha-se muito desenvolvida no ferro e é tanto maior quanto mais puro for o metal.

Uma fractura que mostrar fibras alongadas e contínuas é indício de um metal que facilmente se dobra e puxa à fieira. Pelo contrário, se a fractura mostrar a estrutura granular e interrompida, isso será indício de pouca ductilidade.

Maleabilidade. — Esta propriedade, assim como a precedente, acha-se muito desenvolvida no ferro, e como é no seu aproveitamento que se baseia o trabalho de forjar, vamos estudar mais detidamente as causas que nela influem.

Influência da composição química. — À proporção que vai aumentando a percentagem de *carbone* em combinação com o ferro, vai diminuindo a sua maleabilidade, podendo até esta propriedade desaparecer de todo, como acontece no ferro fundido que contém pelo menos 0,2 % de carbone, enquanto que o ferro maleável ou ferro forjado apenas contém 0,05 a 0,1 % daquela substância.

O *silício* e o *manganés* exercem no ferro o mesmo efeito que o carbone, mas de uma forma muito mais atenuada.

A *influência do fósforo* é muito mais acentuada, visto que à temperatura ordinária é o corpo que mais contribui para reduzir a maleabilidade do ferro, sendo bastante que o ferro contenha 0,10 % de fósforo, para se tornar extremamente friável, isto

é, quebradiço a frio. Daqui resulta que quanto mais considerável for a percentagem de carbone, mais reduzida deverá ser a percentagem de fósforo.

O *enxofre*, cuja acção no ferro é muito atenuada pela presença do manganés, faz com que o metal se torne extremamente friável a quente, bastando para isso que, na sua massa, aquele corpo se encontre na proporção de 0,05 %.

Do exposto se deduz que quando o ferro é pouco maleável a quente em relação ao grau em que aquela propriedade se acha desenvolvida no mesmo metal a frio, é porque contém uma percentagem de enxofre muito considerável; quando o mesmo metal é pouco maleável a frio, desenvolvendo-se extraordinariamente aquela qualidade a quente, é porque o ferro contém muito fósforo; finalmente, quando o ferro é relativamente pouco maleável, tanto a quente como a frio, é porque contém muito fósforo e muito enxofre, a não ser que contenha muito carbone, o que então se reconhece por adquirir outras propriedades, como a têmpera e outras que veremos quando tratarmos do ácido.

Influência da densidade. — A não ser por alterações na composição química, a densidade do ferro pode diminuir pela interposição de escórias ou outros corpos estranhos, ou ainda pela existência de *chochos* (espaços vazios) na massa metálica. Em qualquer destes casos a coesão das moléculas sofre alterações, e, como tal, a resistência e portanto a maleabilidade do metal diminuem, tornando-se este inconveniente tanto mais sensível quanto menor for a secção da peça metálica que consideramos.

Influência da temperatura. — A maleabilidade do ferro aumenta com a elevação de temperatura, podendo o ferro ser aquecido a uma temperatura tanto mais elevada quanto menor for a sua percentagem em carbone. Todavia, quando o ferro atinge uma temperatura inferior à correspondente ao rubro nas-

cente, torna-se extremamente friável, podendo *abrir*, ou fracturar-se fàcilmente, razão por que o ferro não deve ser trabalhado pelo ferreiro senão com uma temperatura superior à que corresponde àquella coloração, muito principalmente quando se reconheça que contém muito enxofre, cuja influência deixa de se sentir ao rubro branco.

Influência do trabalho preparatório. — A influência do trabalho mecânico executado a frio, faz-se sentir por uma redução na maleabilidade do metal. Todavia o metal readquire a primitiva maleabilidade, se é aquecido a uma temperatura conveniente. Para o ferro esta temperatura deve ser superior a 500°, a que corresponde o rubro nascente.

O aço

O aço não é pròpriamente um metal distinto do ferro, mas sim um estado particular deste, devido à proporção em que é feita a sua combinação com o carbone, resultando um produto com algumas das propriedades do ferro coado e do ferro maleável mas tendo outras que lhe são próprias e que o tornam tanto ou mais precioso do que o ferro no seu relativo estado de pureza.

Os processos empregados para se obter o aço encontram-se descritos na *Metalurgia* desta *Biblioteca*, cuja leitura insistimos em recomendar.

Definindo, diremos que o *aço* é um produto intermédio entre o ferro gusa ou coado e o ferro maleável, quer seja extraído directamente do minério (*aço natural*), quer seja o resultado da descarburização do ferro coado ou da carburação do ferro maleável.

É muito difícil, se não impossível, de precisar quando um produto deixa de ser ferro e passa a ser aço e vice-versa, mas na prática admite-se que

O aço é um metal proveniente da afinação do ferro, com maior ou menor grau de ductilidade, mas susceptível, quando aquecido ao rubro e em seguida mergulhado em qualquer líquido refrigerante, de adquirir *têmpera*, tornando-se muito duro para poder cortar o ferro e o aço não temperado.

Esta propriedade de adquirir *têmpera* é para muitos a propriedade característica do aço, mas outros há que consideram como aço certos produtos que, não podendo adquirir *têmpera*, ou pelo menos uma *têmpera* apreciável, são incapazes de caldear directamente sem a intervenção de um fundente, que pode ser o ferro ou outras substâncias.

O aço tem a cor branca pouco brilhante, fractura granulada e homogénea de grão tanto mais miúdo e compacto quanto melhor for a qualidade do produto.

A estrutura do aço é perfeitamente característica e, principalmente quando temperado, assemelha-se muito à prata, sendo difícil distinguir o granulado à vista desarmada.

Assim como o ferro, o aço pode ser cortado e trabalhado a quente, devendo contudo tomar-se certas precauções para se evitar a sua descarburização.

Pelo que acaba de ver-se, o aço abrange uma série de produtos que pelas suas qualidades e composição formam uma cadeia, cujos extremos são respectivamente o ferro gusa e o ferro maleável, sendo a percentagem de carbone que determina as diferentes gradações.

A classificação do aço baseia-se na variedade dos processos empregados para o produzir. Assim, temos o *aço natural*, *puclado*, de *cementação*, *fundido*, e o *aço macio*, nome por que é designado algum aço obtido pelos processos Bessemer, Siemens Martin e derivados.

O *aço natural*, cuja fractura cristalina é das mais pronunciadas, obtém-se tratando directamente o mi-

nério (quando este contém muito manganés), ou então afinando o ferro coado pelo processo catalão. Emprega-se para construção de ferramentas agrícolas, molas para carros e cutelaria ordinária.

O aço *puhlado* é o resultado do tratamento das mesmas substâncias, mas em forno especial (Vide *Metalurgia*). O aço *puhlado* é muito sonoro e a sua fractura é cristalina e uniforme. Tem sobre o aço natural a vantagem de adquirir a têmpera mais facilmente, empregando-se na manufactura do mesmo género de artefactos.

O aço de *cementação* é obtido quando se submetem à acção de alta temperatura, em fornos especiais, barras de ferro juntamente com várias substâncias ricas em carbone. Este aço é muito friável e a sua fractura mostra um granulado grosseiro, às vezes muito poroso.

O aço de *cementação* é também conhecido por *aço de bolha*, por mostrar à superfície muitas empoas ou bolhas. A parte mais acerada, e portanto mais rija, está à superfície, o que faz com que seja preferido para carris e outros géneros de trabalhos que precisam de satisfazer àquela condição. Caldeando com relativa facilidade, é empregado para calçar ferramentas de ferro, como os cavaletes e bigornas, malhos, picões, etc.

A qualidade do aço de *cementação* depende da qualidade do ferro empregado para o produzir, sendo os ferros da Suécia os que melhores aços produzem.

Aço fundido. — Fundindo pedaços de aço vulgar em fornos especiais, obtém-se um metal perfeitamente igual e homogéneo que toma aquela designação e cujo conjunto de propriedades é função das propriedades dos aços naturais ou de *cementação* submetidos ao referido tratamento.

Antes de submetido ao trabalho de forja, o aço fundido assemelha-se na sua estrutura ao ferro fun-



Oficina de ferraria

dido, sendo igualmente branco, brilhante e esponjoso; depois de forjado, esse aspecto modifica-se, tornando-se de um granulado muito fino e igual.

O aço fundido emprega-se para ferramentas de corte, cunhos, órgãos de máquinas, peças de artilharia e em todos os trabalhos delicados e de precisão.

O *aço macio*, que quase por completo tem substituído o ferro forjado na construção de peças para máquinas, etc., é obtido pelos processos já indicados e cuja descrição se pode ver na já citada *Meta-lurgia*.

Como o seu nome indica, é um metal muito macio, maleável e homogêneo, não adquirindo têmpera, o que lhe dá a preferência para certos trabalhos, como caldeiras de vapor, etc., mas não podendo suportar choques nem calores sucessivos sem que de todo se modifiquem as suas propriedades, tornando-se rijo e quebradiço.

Em virtude de não adquirir têmpera, o aço macio é também designado por *ferro homogêneo*.

Além dos aços comuns acima indicados, há ainda outros conhecidos pela designação de *aços especiais*, que se obtêm pelo adicionamento de certas substâncias em proporções convenientes.

Os aços especiais são de emprego mais restrito, sendo os mais empregados os seguintes:

O *aço cromado*, que depois dá têmpera adquire uma tal dureza que corta e fura o aço *Wolfram* ou tungstênico; emprega-se para ferramenta de corte não sujeita a choques.

O *aço Wolfram-Holtzer*, o *aço Titânico*, *Infernal*, etc., que são tão rijos que não precisam de ser temperados para cortarem os outros metais. Sendo excessivamente difíceis de trabalhar em virtude da sua grande dureza, são empregados em ferramentas de formas muito simples que possam ser fabricadas

sem a intervenção de trabalho mecânico, como ferros de torno, escopros, etc., que depois de forjados podem ser acabados à mó de esmeril.

Os aços *manganés*, *tungsténico*, *níquel-Hervey-Krupp*, etc., são também aços especiais, mas de emprego tão limitado (couraças e projecteis, material fixo de caminhos de ferro, etc.) que apenas os indicamos.

Passemos agora em revista as propriedades do aço, assim como fizemos para o ferro:

Densidade. — É muito variável, dependendo da pureza; aumenta por efeito da martelagem e diminui por efeito da têmpera. Geralmente está compreendida entre 7,7 e 7,9.

Dureza. — Cresce na razão directa da percentagem de carbone, embora esta percentagem não tenha um valor absoluto, visto que, quanto mais puro for o aço, maior quantidade de carbone deverá conter para conservar o mesmo grau de dureza, sem fazer perder ao metal algumas das outras propriedades.

Facilidade em caldear. — A facilidade com que o aço pode caldear diminui na razão directa do seu grau de carburação.

Tenacidade. — O maior ou menor grau de tenacidade do aço depende do seu estado molecular e do grau de maleabilidade. Quanto mais maleável o aço for, maior será o seu grau de tenacidade.

Esta propriedade varia também com a circunstância de o aço estar ou não temperado e ter ou não ter sido recozido.

Elasticidade e flexibilidade. — Não constituem uma propriedade especial; mas são consequência do conjunto de propriedades que o aço possui, variando

com o maior ou menor grau de desenvolvimento dessas propriedades.

A elasticidade de um corpo é tanto maior quanto mais facilmente esse corpo retoma a forma e a extensão que uma força exterior lhe tinha feito perder.

A flexibilidade é um estado do aço dependente da forma e das dimensões que a fabricação lhe impuser.

Por outras palavras, a elasticidade é própria da matéria e varia com o maior ou menor grau em que certas propriedades nela estão desenvolvidas; pelo contrário, a flexibilidade é maior ou menor e portanto a rotura mais ou menos fácil, segundo as formas da fabricação e não segundo as qualidades da matéria.

Maleabilidade. — Quando tratámos da maleabilidade do ferro vimos que a composição química tinha muita influência no desenvolvimento dessa propriedade, traduzindo-se o aumento da percentagem do carbone por uma redução na maleabilidade. Ora não sendo o aço um metal distinto do ferro, mas sim um estado particular deste, caracterizado pelo acréscimo da percentagem de carbone, é evidente que a maleabilidade do aço deverá ser inferior à do ferro homogéneo, como de facto acontece.

Todas as outras causas que influem na maleabilidade do ferro influem também e por forma idêntica na maleabilidade do aço, devendo ainda ter-se em consideração para este último a influência da têmpera.

Influência da têmpera. — O efeito da têmpera sobre o aço traduz-se por uma redução na sua maleabilidade e um aumento na sua dureza e elasticidade, tornando-se a dureza tanto maior quanto mais elevada for a percentagem de carbone.

Se depois de ter sido temperado o aço volta a ser trabalhado ao rubro, como consequência da tem-

peratura elevada a que se acha submetido perde a têmpera e com ela todos os efeitos que lhe forem consequência, readquirindo todas as propriedades primitivas.

Classifica o comercial

  de Inglaterra, Alemanha, França e Suécia que importamos o ferro e o aço, cuja indústria de produ o entre nós não existe, pois, a não ser algum aço em quantidades mínimas para uso dos próprios produtores, todo o ferro e aço que consumimos nos vem do estrangeiro.

Da Suécia a importa o de ferro   muito pequena, por ser quase toda a excelente produ o dessa origem absorvida pela indústria inglesa, que a transforma em óptimo aço. Vende-se,   certo, uma qualidade de bom ferro, conhecida por *ferro da Suécia* ou *ferro sueco*, mas quase todo esse ferro   originário da Alemanha.

Quanto   classifica o comercial do ferro,   entre nós rudimentar ssima, não se podendo ter a certeza de que o material que adquirimos   o mais apropriado para a manufactura da peça que desejamos construir.

A não ser o ferro denominado *ordinário* ou *inglês*, com certeza muito ordinário, os outros ferros designados por *ferro sueco*, para o de melhor qualidade, e *ferro de coroa*, para a qualidade média, podem ou não satisfazer, visto dentro desses dois grupos serem tantas as variedades que só por acaso se poderá acertar.

Se para o ferro a classifica o   rudimentar, para o aço ainda   pior, pois só   designado no mercado por *aço macio* ou *ferro homog neo*, *aço de bolha* e *aço fundido*; ora sabendo-se que só em aço fundido se fabricam tantas variedades quantos os fins a que ele   destinado (como se vê na tabela abaixo), ha-

vendo aço especial para brocas, aço para escopros, aço para corta-frios, etc., etc., vê-se o embaraço em que deve estar quem precisa adquirir esse material e tem para o designar apenas o termo vago de *aço fundido*.

Por esta razão muitos industriais adquirem os materiais de que precisam para a sua indústria directamente nos centros produtores, especificando o fim a que os destinam, certos de que assim obtêm um produto satisfazendo por completo as condições exigidas pela natureza do trabalho a produzir.

Classificação e emprego do aço fundido

Percentagem de carbone	Emprego
0,5 a 0,6	Canos para espingardas, baionetas, foices e molas.
0,6 a 0,8	Martelos, sabres e serras.
0,8 a 1,0	Navalhas, buris, escopros e outras ferramentas grossas para cortar metais.
1,0 a 1,1	Brocas, limas, caçonetes e outras ferramentas médias para cortar metais.
1,1 a 1,2	Buris de gravador e outras ferramentas delicadas para corte de metais.

Esta classificação é a geral, mas cada fabricante tem ainda outra mais extensa, subordinada ao fim a que o produto é destinado.

A classificação dos aços Bessemer e Siemens Martin baseia-se também na percentagem de carbone e no destino do artefacto a produzir, como se vê na tabela seguinte:

Classificação do aço Bessemer e Siemens Martin

Designação	Carbone	Emprego
1 — ferro homogéneo ...	0,05 a 0,10	Onde se empregava o ferro da Suécia.
2	0,10 a 0,15	Pregos, peças de pequenas dimensões, forjadas à mão ou moldadas.
3	0,15 a 0,20	Construções metálicas, enxadas, pás e outras ferramentas agrícolas.
4	0,20 a 0,25	Chapas, cantoneiras e outros aços perfilados.
5	0,25 a 0,30	Molas para carros, trabalhos vulgares de forja, vigamentos metálicos.
6	0,30 a 0,35	Carris, aros de rodas, eixos de carruagens.
7	0,35 a 0,45	Cutelaria.
8	0,45 a 0,55	Ferramentas de mineiro, limas e forcados.
9	0,55 a 0,65	Órgãos de máquinas, molas, foices, espingardas, etc.
10	0,65 a 0,80	Molas e ferramentas muito delicadas.

Quanto à forma, a nossa classificação, que tem por base a forma da secção transversal e as dimensões, é muito extensa e completa, como se pode ver pela *fig. 1*.

Além daquelas formas de secção, empregam-se também vulgarmente o ferro e o aço em chapa, cuja secção, como a da barra, é rectangular, mas em que a largura é muito maior que a espessura, donde resulta grande superfície e pequena espes-

sura. Há ainda o ferro em grossos paralelepípedos, chamados blocos ou lingotes.

As dimensões do ferro e do aço são tomadas em polegadas e suas fracções, ou em milímetros, tendo-se esta última forma tornado mais geral nos últimos tempos.

Essas dimensões, além do comprimento, são tomadas com referência à secção, da seguinte forma:

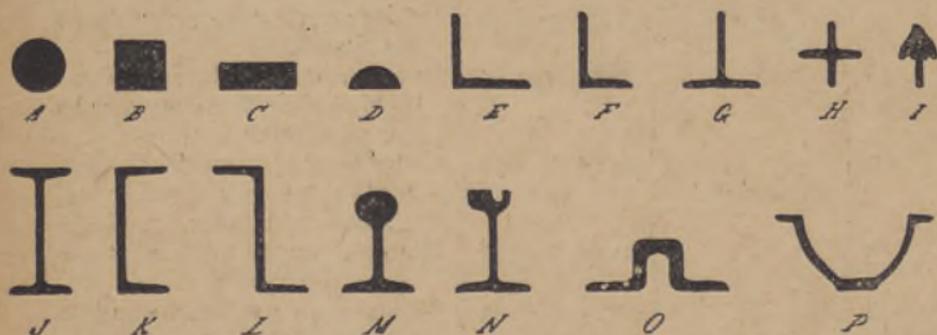


Fig. 1 — Formas mais vulgares das secções do ferro e do aço

A, varão — B, vergalhão — C, barra — D, barra de meia-cana — E, cantoneira — F, cantoneira de abas desiguais — G, ferro ou aço em T — H, ferro ou aço cruciforme — I, ferro pinázio — J, ferro ou aço em duplo T — K, ferro ou aço em U — L, ferro ou aço em Z — M, N, e O, carril — P, calha ou algeroz.

Varão, diâmetro; *vergalhão*, lado do quadrado; *barra*, largura e espessura; *barra de meia-cana*, flecha e corda; *cantoneira*, largura da aba e espessura; *cruciforme*, largura da aba e sua espessura; *pinázio*, espessura da aba; *em T* ou *em duplo T*, largura dos banzos, da alma e espessura; *em U*, idem; *em Z*, idem; *carril*, forma e peso por metro corrente; *calha*, comprimento.

Exame do ferro e do aço

Ferro. — *Exame directo.* — Pelo exame da fratura podem tirar-se algumas conclusões com refe-

rência às qualidades do ferro, conquanto esse exame não seja dos mais fáceis, principalmente à vista desarmada. Por isso deve sempre ser feito com o auxílio de uma lente, em lugar bem iluminado e logo após a produção da fractura.

A cor característica do ferro é, como já vimos, cinzenta-clara, com brilho metálico muito pronunciado, mas essa cor varia com a procedência do minério empregado.

Assim o ferro será tanto melhor quanto mais claro e baço ou quanto mais escuro e brilhante, e tanto pior quanto mais claro e brilhante ou escuro e baço; a cor azulada e brilhante é indício de ter o ferro sofrido uma temperatura muito elevada que o queimou; a cor parda e sem brilho indica um ferro de má qualidade, que quebra fàcilmente, quer a frio quer a quente.

A fractura angulosa e lamelar é indício de mau ferro, assim como a fractura facetada e filamentosa mostra um ferro que foi mal afinado e pouco martelado.

O resultado da observação directa em caso nenhum pode ser tomado como concludente, e para bem se conhecer o ferro são indispensáveis outras experiências, tanto a frio como a quente.

Experiências a frio.—A experiência mais rudimentar consiste em atirar violentamente de uma altura de 2 metros, sobre uma laje, um plano ou suécia, um pedaço de ferro a experimentar, depois de reduzida a sua secção a não mais de um decímetro quadrado. Se quebrar deve considerar-se como impróprio para trabalhos de forja e como tal ser imediatamente posto de parte. Se não quebrar prossegue-se nas experiências, para o que se lhe faz a escopro ou corta-frio um entalhe transversal em toda a sua periferia, entalhe tanto mais fundo quanto maior for a secção do bocado que serve à experiência.

Coloca-se em seguida o ferro apoiado sobre o cavalete e sobre um molde ou pedaço de barra, de modo que a parte sangrada ou entalhada fique em vão; bate-se sobre essa parte com um martelo ou malho, fazendo curvar o ferro até encostar ao cavalete, volta-se do outro lado e repete-se a mesma operação, e assim tantas vezes quantas as necessárias para se produzir a fractura. Quanto maior for o número de pancadas ou, antes, quanto maior for a dificuldade em conseguir aquelle resultado, tanto melhor se portará o ferro sob a acção do calor.

As experiências descritas, que são as mais vulgares, por isso que qualquer as pode realizar, devem todavia antepor-se, como de resultados mais seguros, as experiências realizadas em aparelhos próprios para determinar a resistência do ferro sob a acção de diversos esforços, como sejam tracção, torção, compressão, etc., aparelhos estes cuja manipulação não é da competência do ferreiro.

Experiências a quente. — Estas experiências têm por fim a observação da forma como se comporta o metal sob a acção do calor e são variáveis para cada perfil, como vai ver-se.

Varão, vergalhão e barra. — Corta-se um pedaço tirado ao acaso de um molho de ferro da mesma procedência e qualidade e aquece-se à forja até ao rubro branco; atingido este grau de calor leva-se o ferro para cima do cavalete e volta-se no mesmo sítio em ângulo recto, alternadamente para um e outro lado. Quando estas operações se possam realizar mais de quatro vezes num só calor, o ferro é de boa qualidade para trabalhos de forja e tanto melhor quanto mais elevado for aquelle número.

Outra experiência especial para a barra e o vergalhão consiste no seu aquecimento, também ao rubro branco, e em lhe abrir a punção dois furos de diâmetro igual a metade da largura da barra ou vergalhão e distantes um do outro cerca de 1 cen-

tímetro. Se enquanto esta experiência se pratica, o ferro abre (fende), deve considerar-se impróprio para trabalhos de forja.

Cantoneira. — De entre o feixe de cantoneiras a experimentar toma-se uma ao acaso, à qual se corta

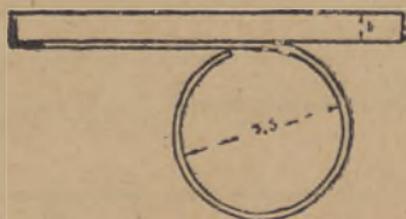


Fig. 2

um pedaço que deve ser aquecido ao rubro branco, para se separarem as duas abas, uma das quais se curva a formar uma coroa circular de diâmetro interno igual a 3,5 vezes a largura da aba, como se vê na *fig. 2*.

Outro pedaço cortado a outra cantoneira, tirada também ao acaso, deve ser igualmente aquecido,

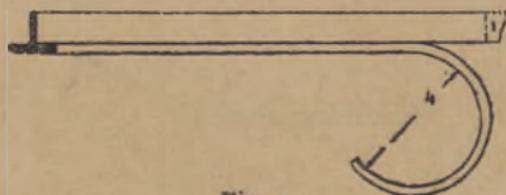


Fig. 3

para, pela acção do martelo, as abas se unirem, sobrepondo-se e em seguida se abrirem até ficarem no mesmo plano.

Para se poder considerar a cantoneira própria para ser trabalhada à forja é necessário que estas experiências se realizem sem que ela fenda.

Ferro em T, duplo T e em Z. — Aquece-se ao rubro branco um pedaço tomado nas condições que

anteriormente foram indicadas para a cantoneira e separaram-se em certa extensão os banzos da alma.

Curvam-se em seguida os banzos em arco de círculo, como mostra a *fig. 3*, de modo tal que o seu diâmetro seja igual a quatro vezes a largura da alma.

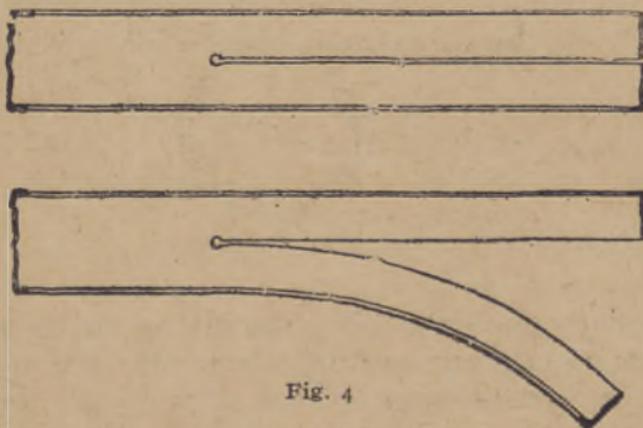


Fig. 4

Ao ferro em duplo T fender-se-á longitudinalmente a frio a alma, em certa extensão, terminando o corte por um furo, como se vê na *fig. 4*, para o corte não se poder prolongar. Leva-se em seguida

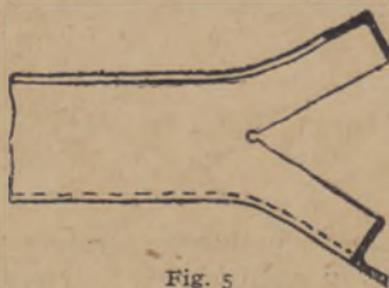


Fig. 5

essa parte ao fogo até chegar ao rubro e abre-se uma das pontas até formar com a outra um ângulo de 45° .

Ao ferro em Z fende-se longitudinalmente a alma, como anteriormente foi dito para o ferro

em T, terminando também a fenda por um furo, *fig. 5*. Cada uma das partes assim separadas será voltada para fora até fazer com a linha média da alma um ângulo de 45° , ficando assim as duas partes separadas, a 90° uma da outra.

Ao ferro em chapa, aquece-se um pedaço de chapa ao rubro branco e dobra-se em ângulo recto, num e noutro sentido, como indicamos para a experiência das barras.

Quanto maior número de vezes se puder fazer esta operação sem que a chapa mostre fendas, melhor será a sua qualidade.

Aço.—As experiências mais concludentes que sobre o aço se podem executar e que servem para nos guiar na sua escolha, são sem dúvida as que se realizam com aparelhos especiais que nos indicam o grau de resistência à compressão, tracção, flexão e choque¹.

Entretanto outras há que, conquanto não sejam de absoluta confiança, merecem todavia as nossas atenções.

Como regra geral deve admitir-se que o aço muito barato é sempre de má qualidade, sendo preferível pagar um pouco mais caro, quando pretendemos construir ferramentas ou peças de execução difícil e cuidada, a empregar, nessas construções, um material mais barato, quase sempre de qualidade medíocre ou inferior, susceptível portanto, em vista dos defeitos de origem, de causar acidentes durante

¹ Além das experiências citadas, as quais têm por fim reconhecer a qualidade do metal pelo seu estudo físico, outras há cujas indicações são absolutamente seguras e rigorosas e que resultam do estudo químico do mesmo metal; essas experiências, porém, não é ao ferreiro que compete realizá-las, dependendo de conhecimentos e instrumentos especiais, pelo que apenas as indicamos.

a construção, ou durante o funcionamento dessas peças, com prejuízo de tempo e dinheiro.

Exame directo. — Proceder-se-á à fractura de uma amostra do aço a experimentar e examinar-se-á a aparência dessa fractura, tendo em vista os seguintes princípios:

A estrutura dos aços de boa qualidade deve deixar ver um granulado fino, redondo, mais baço do que brilhante.

Os aços de melhor qualidade são de cor cinzenta-clara e de um granulado tão fino e miúdo que se torna pouco perceptível à vista desarmada. Estes aços não suportam fàcilmente calores e recozimentos repetidos.

Uma superfície exterior bem lisa e unida é indício de estrutura uniforme e homogénea.

Um som vibrante, cristalino e prolongado produzido por uma pancada dada no aço, indica boa qualidade.

Ao contrário, um som pouco claro e abafado indica má qualidade do metal.

Provas a quente. — Aquecendo ao rubro branco o aço macio, se ele for de boa qualidade poderá ser puxado a formar barras delgadas num só calor, sem que mostre fendas. Poderá também ser martelado sem que se produza fractura, depois de aquecido ao rubro e mergulhado em água fria.

As outras experiências dependem da natureza do trabalho a efectuar e assim terão por fim examinar o grau de maleabilidade, a maior ou menor facilidade com que o aço se pode caldear, como adquire e se comporta com a têmpera, etc.

Combustíveis

Os combustíveis empregados pelo ferreiro nos seus trabalhos são a hulha, o coque, o carvão de madeira e, em algumas regiões, o petróleo.

Na operação de forjar é a hulha o combustível quase exclusivamente empregado, servindo o coque apenas para aquecimento de grandes peças em forjas e fornos especiais e o carvão de madeira para recozer aço e para trabalhos muito miúdos e delicados.

A hulha utilizada nas forjas, ou, como se diz vulgarmente, o *carvão de forja*, é a hulha gorda, que ordinariamente importamos de Inglaterra.

Esta espécie de hulha, que produz muito bom coque, é negra, brilhante, de estrutura lamelar, muito dura, compacta e friável. Pela acção do fogo torna-se pastosa, aglutinando-se e formando o que os ferreiros chamam *lapas*, que são abóbadas resistindo à acção do ar comprimido através do algaraviz, as quais têm por fim concentrar todo o calor sobre o metal metido no interior do fogo. A boa hulha para trabalhos de forja não deve conter enxofre ou pirites metálicas.

A sua densidade é aproximadamente 1,30 e o poder calorífico 7.000 a 7.500 calorias.

O consumo da hulha por hora de trabalho varia com a qualidade do combustível, maneira como o fogo é conduzido, forma e grandeza do objecto a aquecer e a temperatura a que esse objecto deve ser aquecido.

Em geral podem considerar-se razoáveis os seguintes valores:

Trabalhos muito pequenos	1 ^{kg}	a 1 ^{kg} ,250
Trabalhos em que a secção de metal a aquecer não excede 2 ^{cm} ²	2 ^{kg}	a 3 ^{kg}
Trabalhos em que a secção de metal a aquecer não excede 10 ^{cm} ²	3 ^{kg} ,250	a 4 ^{kg} ,500
Trabalhos grossos de forja	7 ^{kg}	a 9 ^{kg}

O *coque* emprega-se, como dissemos, em fornos e forjas especiais para aquecimento das peças de



grandes dimensões, que necessitam uma temperatura muito elevada e é, como se sabe, um resíduo da destilação da hulha. É cinzento, poroso, leve e sonoro. Para trabalhos de forja deve procurar-se coque não contendo fósforo ou enxofre, sendo portanto preferível, ao coque vindo das fábricas de gás, o coque metalúrgico obtido em fornos especiais, porque, além de não conter aquelas substâncias, é menos duro e friável.

A densidade do coque metalúrgico é 1,4 e o seu poder calorífico 7.600 a 8.000 calorias.

O *carvão de madeira* é destinado ao recozimento de metais e para o forjamento de peças delicadas e de pequenas dimensões, como instrumentos de precisão, cutelaria, etc., em que são para reear os efeitos da oxidação.

O carvão de madeira mais próprio para estes trabalhos é o obtido com madeiras não muito duras, as quais produzem carvão denso, compacto e não sujeito a crepitar.

Para recozer deve-se escolher carvão mais macio e friável; para forjar o mais duro e compacto.

O seu poder calorífico está compreendido entre 6.500 e 7.000 calorias, sendo a sua densidade 1,2.

Petróleo. — O emprego do petróleo como combustível utilizável nas diferentes operações metalúrgicas data de alguns anos apenas, mas em vista dos resultados obtidos parece tender a generalizar-se.

Nas forjas para aquecimento do ferro e do aço, que é onde primeiramente foi experimentado, nota-se não só que o metal é mais rapidamente aquecido, como também que ao ser retirado do fogo vem muito mais limpo de impurezas do que em uma forja vulgar queimando hulha, ou carvão de madeira.

Não é o petróleo empregado para iluminação que se utiliza para alimentação das forjas, mas sim o

*mazute*¹, que é um resíduo que se forma nas retortas em que é destilado o petróleo bruto.

O *mazute* é um líquido negro e espesso, cuja densidade oscila entre 0,900 e 0,935.

Tendo um poder calorífico superior ao da hulha (cerca de 10.700 calorias), queimando sem deixar resíduos, permitindo que com facilidade se regule a combustão, um quilograma de *mazute* equivale na prática a 1^{kg},500 ou 1^{kg},750 de boa hulha.

Segundo os dados que temos à vista, em igualdade de circunstâncias a economia resultante do emprego do *mazute* como combustível nas forjas anda por cerca de 30 %.

CAPÍTULO II

Ferramenta

A operação de *forjar* consiste em aquecer o metal para em seguida o *puxar* (estender, adelgaçar), *encalçar* (engrossar), *caldear* (ligar directamente pedaços separados), *cortar*, *furar*, etc., dando-lhe a forma e as dimensões desejadas.

Pode-se forjar de várias maneiras, a saber:

à *mão*, quando todo o trabalho é esboçado e concluído pela acção do martelo e de outras ferramentas de mão, ou sob martelos a vapor ou mecânicos, só se empregando moldes para alisar as superfícies;

à *máquina*, ou *moldado*, quando o metal é comprimido por meio de pancadas de um corpo muito

¹ Do francês *mazout*.

pesado, entre formas ou moldes, de onde sai concluído, ou ainda quando é comprimido entre cilindros, de onde também sai com a forma final;

à *prensa hidráulica*, quando o metal é tratado como uma substância plástica que é obrigada a

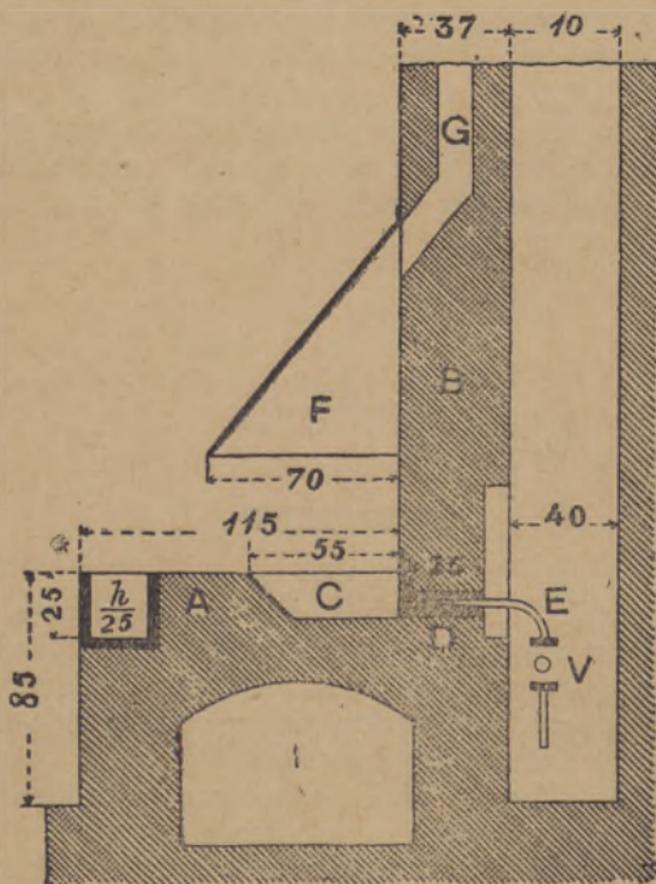


Fig. 6 — Forja fixa

adquirir a forma de determinados moldes ou formas, sob o esforço contínuo de uma pressão hidráulica.

Pelo que temos dito acerca da operação de forjar se vê que o que o ferreiro tem a fazer ao metal

para o poder trabalhar é, em primeiro lugar, aquecê-lo, o que se pratica numa fornalha especial, denominada *forja*, *fixa* ou *portátil*, ou para as grandes massas num *forno*.

A *forja* fixa é montada na oficina de um modo permanente, e pode ter um ou mais fogos, sendo preferível a *forja* de um só fogo, por permitir ao ferreiro o livre acesso em torno dela, trabalhando assim mais à vontade.

A *forja* fixa na sua forma mais vulgar, *fig. 6*, é uma construção rectangular *A*, de tijolo, alvena-

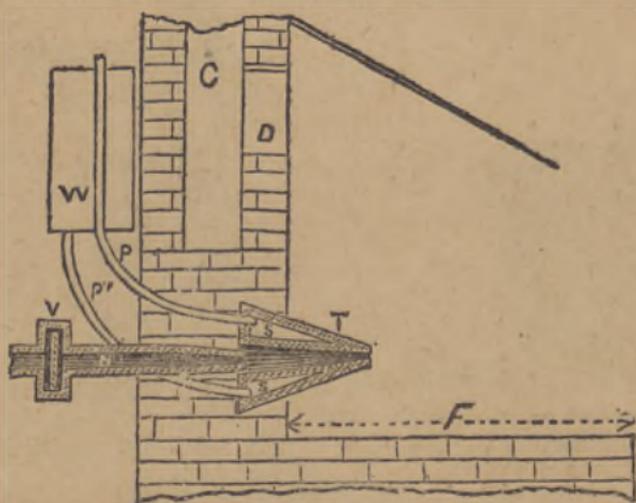


Fig. 7 — Algaraviz

ria ou ferro, que pode ser maciça, mas a que em geral, para economizar material, se deixa ficar inferiormente um espaço oco *I*, utilizável para depósito de carvão.

A superfície superior, ou de trabalho, é côncava, sendo a parte mais funda o *depósito* *C*, no qual se conserva o fogo.

Dentro deste depósito abre-se o *alcaraviz*, ou *algaraviz* *D*, destinado a fazer incidir no meio do

fogo o ar comprimido através do *conduto do vento E*, que se liga ao algaraviz atravessando o muro *B*.

Sobre o depósito acha-se a *cúpula F*, cujo fim é guiar os produtos da combustão para a *chaminé G*.

Em *h* acha-se uma *caldeira* ou *pia*, destinada a conter água fria para arrefecer a ferramenta e a obra, ou molhar o carvão.

O algaraviz era primitivamente formado por um cone de barro refractário, que foi substituído pelo



Fig. 8 — Forja portátil



Fig. 9 — Forja portátil

ferro fundido, e, como este tende a ser queimado pela acção do fogo, emprega-se mais recentemente uma disposição, *fig. 7*, em que a parte oca do algaraviz se acha em comunicação, pelos tubos *PP'*, com o depósito *W*, cheio de água. O espaço *S* conserva-se, em virtude da diferença de nível, cheio de água que, aquecendo, sai pelo tubo *P*, enquanto outra mais fria desce pelo tubo *P'*, mantendo-se assim uma circulação contínua de água que preserva o algaraviz.

As dimensões de uma forja fixa são as geralmente indicadas em centímetros pelas cotas da

fig. 6, devendo notar-se que o algaraviz não abre no fundo do depósito *C*, mas sim a cerca de 40 milímetros acima, para que o jacto de ar não incida sobre o metal a aquecer, mas sim aproximadamente 20 a 30 milímetros abaixo dele.

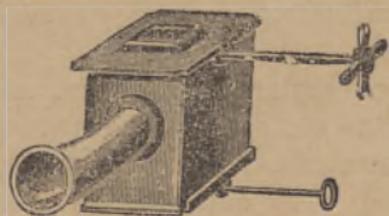


Fig. 10 — Algaraviz

A *forja portátil*, *fig. 8*, é formada por uma armação de ferro *A*, que serve de suporte ao depósito *D*, onde se abre o algaraviz, o qual se acha directamente ligado ao conduto de vento. Sob o depósito está montado o fole ou a ventoinha que servem, como adiante veremos, para produzir o jacto de ar necessário para activar a combustão.

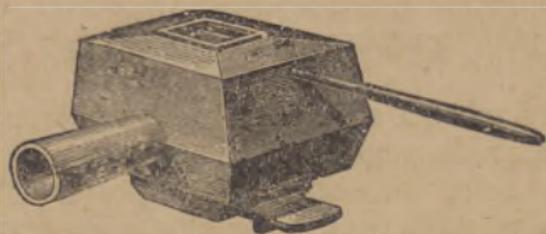


Fig. 11 — Algaraviz

Este tipo de forja, como o seu nome indica, tem a vantagem de, com facilidade, se poder transportar para qualquer lugar, sendo portanto de dimensões inferiores às das forjas fixas.

O fole, em vez de estar a descoberto e, por-

tanto, sujeito a frequentes avarias, é protegido, *fig. 9*, nos tipos mais recentes, por um resguardo de ferro.

Forjas especiais.—Para aquecimento de peças de grande volume e peso, há nas grandes oficinas de ferreiro forjas especiais rectangulares ou circulares, cuja diferença capital consiste na disposição do algaraviz.

Este é então formado por uma caixa de ferro fundido, *figs. 10 e 11*, onde se abre o conduto do vento, caixa montada a meio da forja, e de onde o ar sai num só jacto volumoso e vertical, ou em dois jactos convergentes, como na *fig. 12*, ou ainda o conduto de vento termina por um tubo curvado em forma de anel concêntrico com a forja, de onde saem vários jactos de ar, o que permite manter uma grande superfície de fogo, igualmente activo.

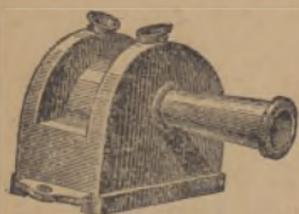


Fig. 12 — Algaraviz de dois jactos

Quando o combustível empregado é o resíduo da destilação do petróleo conhecido por *mazute*, a forja tem uma forma inteiramente diferente, como se pode ver pela comparação entre as *figs. 6 a 9 e 13 e 14*.

A *fig. 13* mostra a disposição adoptada para uma forja circular de pequenas dimensões.

Sobre o solo, ou sobre um suporte não muito alto, eleva-se um cilindro de chapa de ferro, interiormente guarnecido com tijolo e barro refractário de forma a deixar ao centro e a toda a sua altura um *depósito* circular com cerca de 0^m,10 de diâmetro. Este depósito é aberto na parte superior e fechado no fundo por uma *porta* de charneira, *h*, também protegida com barro refractário.

O ar comprimido por uma ventoinha, como nas forjas a carvão, vem pelo respectivo *conduto d* e

atravessando o *registo*, que lhe regula a entrada, passa para o *algaraviz* *c*, cujo diâmetro anda por $0^m,05$.

À entrada do *algaraviz* acha-se um *tubo* *c*, recurvado, como se vê na figura, e que termina exteriormente em forma de funil. É por meio desse tubo que o *mazute*, vindo por *f*, é introduzido na forja, regulando-se o seu consumo pela manobra da *torneira* *i*.

O *mazute*, misturando-se no *algaraviz* com o necessário volume de ar, pulveriza-se e, no depósito,

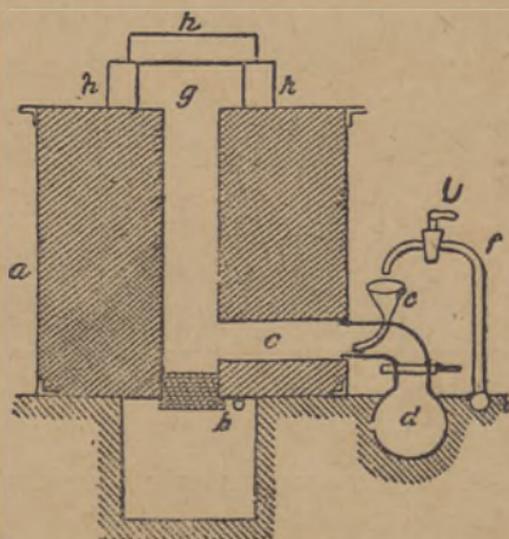


Fig. 13 — Forja circular a petróleo

ao contacto com qualquer corpo em ignição inflama-se, saindo por *g* uma chama branca, de altura variável, com a intensidade que se pretende dar à combustão, a qual se regula manobrando convenientemente os registos de vento e de saída do combustível.

A boca do depósito tapa-se com tijolos refractários sobrepostos, *h h h*, deixando entre eles o es-

paço *g* preciso para a introdução da peça a que se pretende dar calor.

As escórias e outras impurezas que caem para o fundo do depósito, fazem-se passar para um fosso ou para debaixo da forja, quando, a intervalos mais ou menos longos, se abre a tampa *b*.

A *fig. 14* mostra uma forja rectangular, de dimensões médias, na qual podem trabalhar simul-

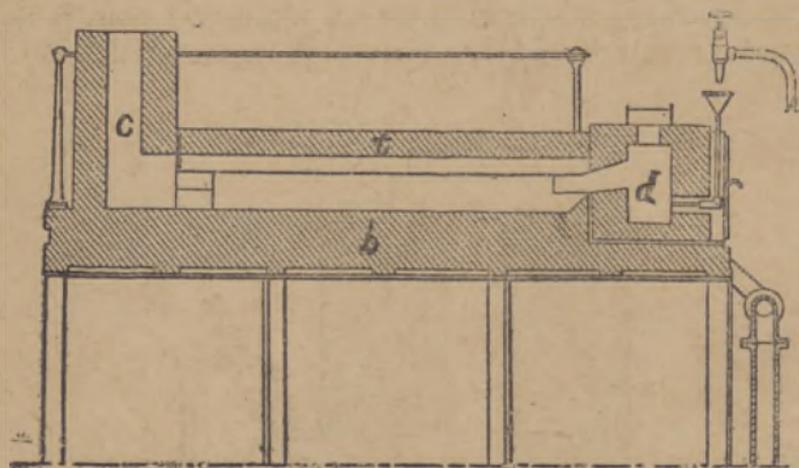


Fig. 14 — Forja para queimar mazute

tâneamente 6 operários e em que o combustível empregado é também o *mazute*.

Sobre um *suporte* de chapa e cantoneira de ferro está uma *base b*, de tijolo e barro refractário, cuja espessura regula por cerca de $0^m,12$ a $0^m,15$.

O *tecto t*, afastado cerca de $0^m,15$ de *b*, apoia-se por forma rígida só aos cantos, tapando-se as aberturas laterais apenas com tijolos refractários sobrepostos, entre os quais se deixam abertos os espaços precisos para que os ferreiros, que trabalham nessa forja, possam introduzir as peças a que devem dar calor. O espaço compreendido entre a *base b* e o *tecto t* constitui o depósito, cujas dimen-

sões são cerca de 1^m de comprimento por 0^m,90 de largura. Em um dos extremos do depósito acha-se a *chaminé c*, por onde os produtos da combustão são conduzidos para o exterior.

No extremo oposto está o *algaraviz d*, de ferro fundido, paredes duplas e forma cilíndrica. O *alga-*



Forja de 3 algaravizes para aros de rodas e outras peças de grande diâmetro

raviz tem três aberturas; uma na parte superior, para acender os fogos e para a sua limpeza e inspeção, outra lateral e voltada para o depósito, por onde sai o *mazute* inflamado e, finalmente, a terceira, diametralmente oposta à segunda, onde está o pul-

verizador; este é formado por um tubo de maior diâmetro, por onde se faz a admissão do ar comprimido pela ventoinha, dentro do qual se abre outro tubo de menor diâmetro para a admissão do *mazute*, como se vê na figura.

Para se acender a forja introduz-se no *algaraviz* d uma porção de estopa ou trapo, embebido em petróleo, ao qual se lança fogo, abrindo-se depois os registos de vento e de passagem do *mazute* cujo débito se regula pelas respectivas torneiras ou válvulas reguladoras.

O *mazute*, em contacto com o ar comprimido, pulveriza-se e, de mistura com este, inflama-se ao chegar ao contacto com a chama da estopa que arde no *algaraviz*.

A chama produzida, muito longa e intensa, dirige-se para a chaminé, aquecendo as paredes do depósito até as tornar incandescentes.

Regula-se então a passagem do ar e do petróleo até se obter uma chama branca que passa sobre o leito da forja, onde se aquecem os objectos aí expostos à sua acção, saindo depois os produtos da combustão para a chaminé.

A pressão de ar mais conveniente em uma forja deste sistema é de 50^{mm}, medidos num manómetro de água, e o consumo de *mazute* cerca de 18 a 19 quilogramas por hora.

O aquecimento do metal na forja obtém-se, como se sabe, introduzindo-o entre o carvão em combustão, isto é, entre um corpo que, combinando-se com o oxigénio do ar, produz luz e calor.

Ora para que o calor produzido seja bastante intenso, é necessário que o ar atmosférico, que vai combinar-se com o combustível, vá animado de uma certa velocidade e tenha a intensidade conveniente.

O volume de ar necessário para alimentar uma forja vai de 0^m,030 por minuto, nas forjas peque-

nas, a $2^{\text{m}},500$ nas de maiores dimensões, devendo em qualquer dos casos a sua pressão à saída do algaraviz estar compreendida entre $0^{\text{m}},150$ a $0^{\text{m}},200$ de altura de uma coluna de água de 1^{cm^2} de secção.

Para uma forja de dimensões médias, a potência computada como necessária para obter estes resultados é de 1 cavalo a 1,25 por cada 10 forjas, contando com as perdas devidas ao atrito, fugas, etc.

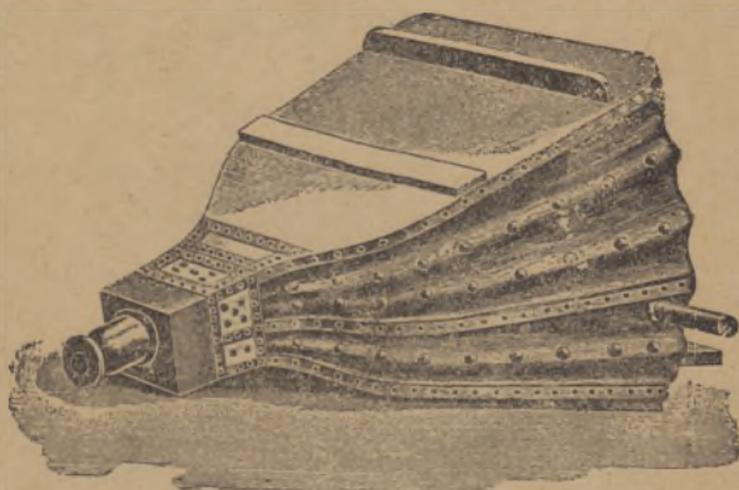


Fig. 15 — Fole

Para se conseguirem os resultados atrás indicados, empregam-se os foles, figs. 15 e 16, ou as ventoinhas, fig. 17.

Nas instalações pequenas, sobretudo, é o fole duplo, fig. 16, o mais geralmente empregado.

Consta de três pranchas de madeira, t, t, t , recortadas em forma de pêra, que servem de armação aos dois panos de couro que lhes estão pregados. Ficam assim formados dois compartimentos g e h , separados pela prancha média, os quais comunicam entre si quando estiver aberta a válvula l . A prancha central é fixa e as outras duas oscilam em torno de a e c .

Pela acção dos pesos p p a prancha inferior afasta-se da média e o ar, entrando por d , preenche o espaço h , compreendido entre elas.

Se em seguida puxarmos pelo *manípulo* A , fazemos com que, por intermédio do *tirador* K , da *vara* M e do *pendural* T , a prancha inferior se aproxime da média, o que faz com que a válvula d fe-

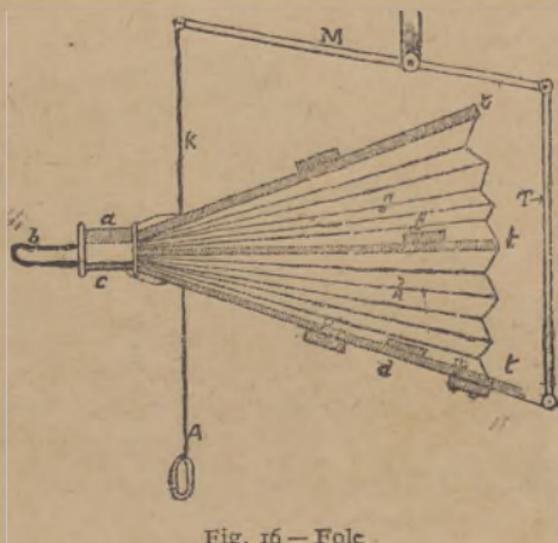


Fig. 16 — Fole

che, e o ar, assim comprimido, abra a válvula l e passe para o comprimento superior g .

A prancha superior afasta-se então da prancha média, até que, deixando a inferior de comprimir ar, por descer em virtude de ser abandonada à acção dos pesos p p , o outro peso colocado sobre a prancha superior fá-la baixar, comprimindo para a forja, através do conduto b , o ar contido em g , do que resulta haver um jacto contínuo.

A prancha média fixa-se à parede, ou a uma armação de madeira, por uma disposição apropriada às circunstâncias em que se faz a montagem.

Nas forjas portáteis, *fig 8*, emprega-se um fole

cuja disposição é inteiramente semelhante ao anteriormente descrito, sendo porém as pranchas circulares e denominando-se as forjas assim dispostas, *forjas de cochicho*.

Os foles têm o inconveniente de serem caros e de caras custarem as suas reparações que, por mais cuidado que haja em ensebar o couro, são sempre relativamente frequentes, inconveniente tanto mais

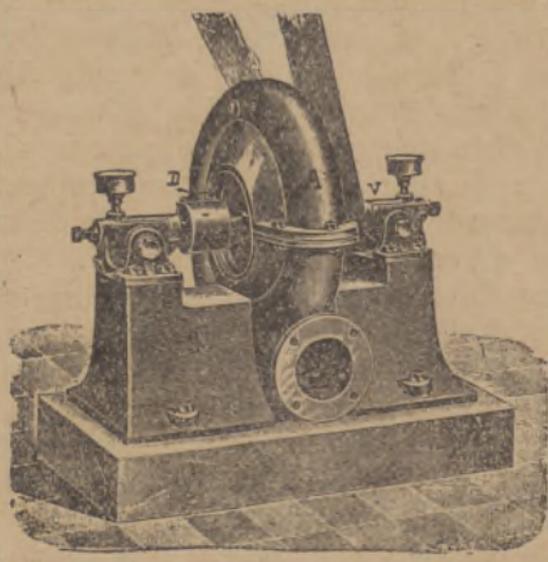


Fig. 17 — Ventoinha

para considerar quanto maiores forem as dimensões do fole. Por tal razão, só nas forjas isoladas e pequenas instalações são hoje empregados, sendo de uso corrente nas grandes oficinas, e até em algumas forjas isoladas, as ventoinhas, que são muito mais económicas, menos sujeitas a avarias e ainda com a vantagem de mais facilmente se regular a pressão da corrente de ar que vai activar a combustão sobre a forja.

As ventoinhas mais vulgares, *fig. 17*, são formadas por uma caixa *A*, de ferro fundido ou de chapa,

de forma circular, ligada a um suporte que se fixa ao terreno.

Ao centro da caixa *A* está montado o veio *V*, tendo em um dos seus extremos um tambor *T* para lhe ser transmitido o movimento de rotação por meio de correia. Sobre esse veio e dentro da caixa, está montada uma roda de pás *D* que gira juntamente com o veio *V*. Dando movimento de rotação ao veio *V*, a roda *D* move-se e o ar que está dentro da caixa, sendo animado do mesmo movimento circular contínuo, sai, em virtude da força centrífuga, pelo canal *C* para o conduto de vento das forjas. Produz-se assim dentro da caixa *A* uma rarefacção ao centro, pelo que o ar se precipita para ela pelas aberturas indicadas em *D*, e uma compressão na periferia, resultando o ar sair animado de uma certa velocidade e pressão, pelo conduto *C*.

Desse conduto geral, ou *colector*, parte para cada forja uma ramificação especial, tendo junto ao algaraviz uma válvula ou torneira chamada *registro*, *V*, *fig. 6*, que permite regular a passagem do ar.

Nas grandes instalações é principalmente a *ventoinha Root* a mais geralmente empregada. Construída em obediência ao mesmo princípio do aproveitamento da força centrífuga, é formada por uma caixa muito larga, atravessada transversalmente por dois eixos horizontais e paralelos, aos quais, por meio de adequada transmissão, é dado movimento de rotação. As pás, em número de duas para cada eixo, e a toda a largura da caixa da ventoinha, vistas de um dos topos, assemelham-se a um *S* muito aberto, atravessado pelo veio, sendo a sua posição relativa regulada de forma que o plano, passando pelo eixo de uma pá, fique perpendicular ao eixo da pá montada sobre o outro veio.

As ventoinhas são também empregadas em alguns tipos de forjas portáteis; neste caso o movimento é transmitido manualmente pelo ajudante de

ferreiro a um volante de grande diâmetro, o qual por sua vez, e por intermédio de uma correia ou corrente sem fim, o transmite a um tambor pequeno no veio da ventoinha.

Para a condução do fogo serve-se o ferreiro das ferramentas seguintes, *fig. 18*: *chegadeira A*, que, como o seu nome indica, serve para chegar o fogo

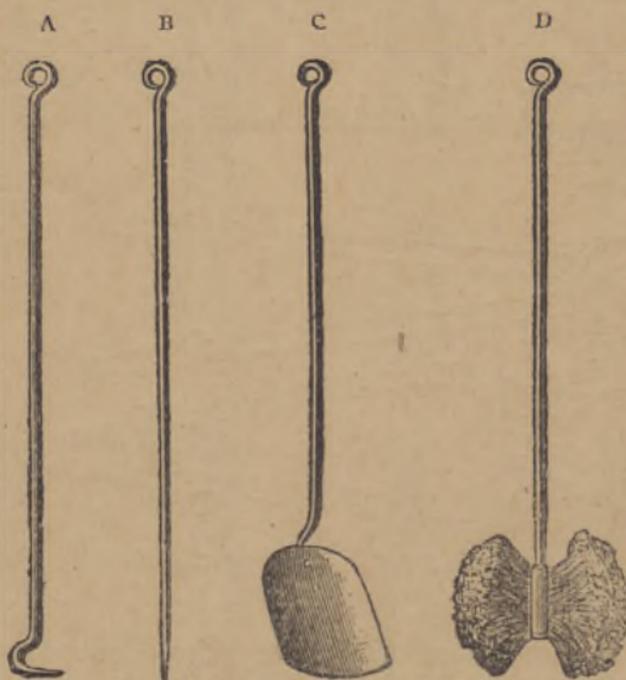


Fig. 18 — *A*, *chegadeira* — *B*, *espelão* — *C*, *pá de bater* — *D*, *estopeiro*

sobre o trabalho; o *espelão B*, que serve para desenchar a boca do algaraviz e levantar a escória; a *pá de bater C*, para comprimir por meio de pancadas o carvão, quando o ferreiro acende ou arranja a forja; o *estopeiro D*, para molhar ou apagar o carvão sobre a forja.

Além destas ferramentas, que ordinariamente são feitas pelo ferreiro e se conservam sobre a forja,

empregam mais uma *enxada* e uma *pá*, de formas vulgares, as quais servem para amassar o carvão e para o conduzir para a forja.

Quando a peça que se pretende forjar é de dimensões tais que não permite que o ferreiro lhe pegue directamente, serve-se então das tenazes, alicates ou alicatões que se mantêm apertados por meio de um S, M, ou argola, N, que se aplica às pernas

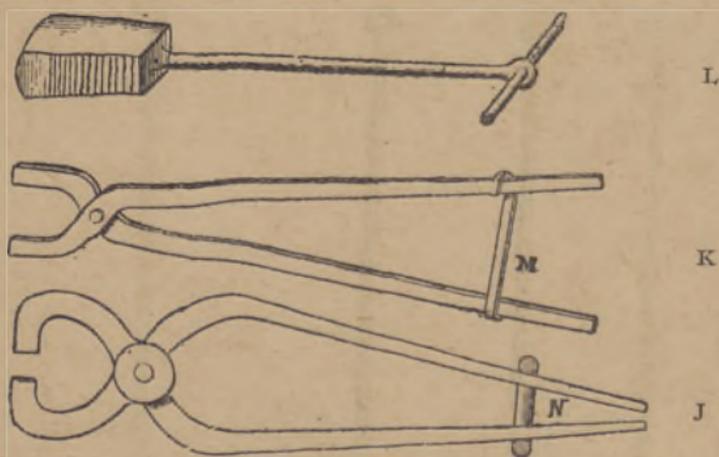


Fig. 19—J e K—alicates; L—presa

da tenaz, impedindo que ela se abra, como se vê em J e K, fig. 19. A forma da boca das tenazes é que serve de base à sua nomenclatura, figs. 19 e 20, e varia com a grandeza e forma do trabalho a executar. A presa L, fig. 19, é, como se vê, formada por um varão ou barra de ferro que se caldeia à peça que vai ser trabalhada quando esta é pesada e curta, e que assim se mantêm até o trabalho estar quase concluído. Ainda para facilitar o seu manejo, a presa é ordinariamente terminada em forma de cruzeta, como se vê na figura, chamando-se *broca* ou *travessão* à peça de ferro ou madeira que entra no *olhal* da presa.

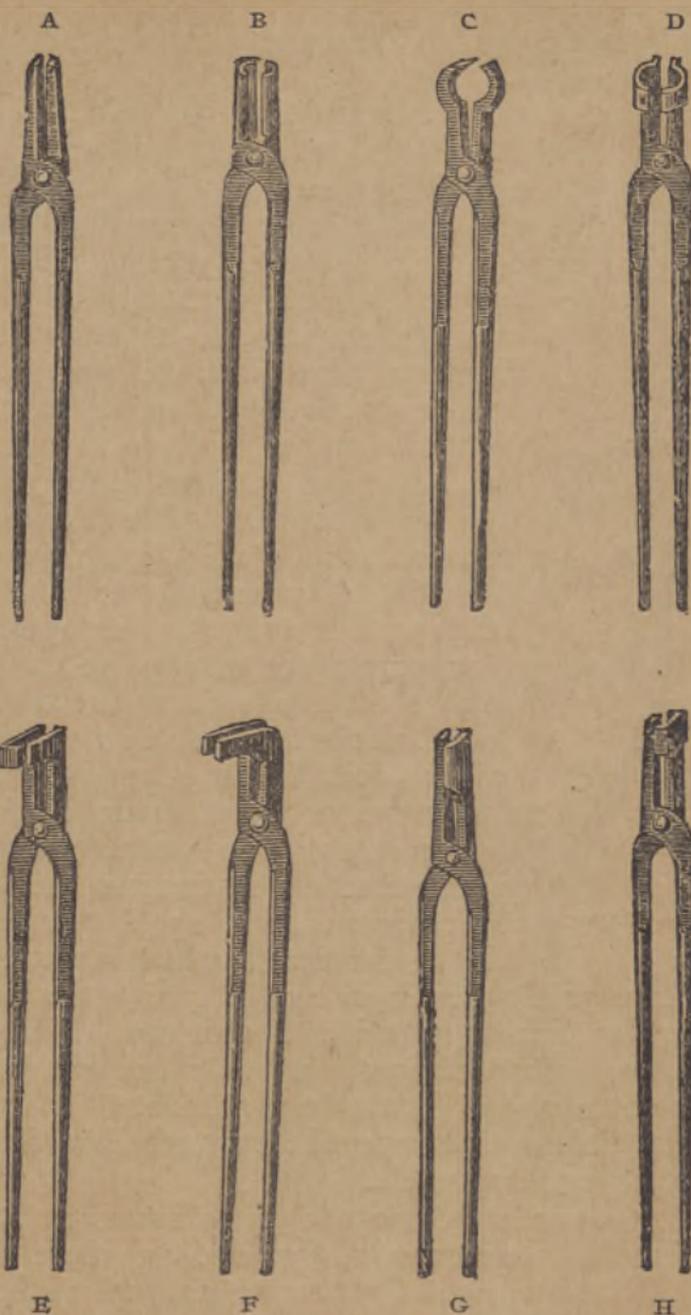


Fig. 20 — A, tenaz direita — B, tenaz de canal — C, tenaz de garganta — D, tenaz de boca-de-lobo — E, tenaz de boca-de-sapo — F, tenaz torta — G e H, tenazes de caixa.

Nas tenazes, *fig. 20*, deve considerar-se a boca, o eixo e as pernas.

Adquirem-se ordinariamente no mercado, embora o ferreiro deva estar habilitado a fabricá-las.

Para servir de apoio, ao extremo livre da peça a trabalhar, quando esta é muito comprida e está metida na forja, serve a *preguiça*, *fig. 21*, cuja altura se pode regular, fazendo correr a haste no suporte e apertando na altura conveniente o parafuso de pressão.



Fig. 21 — Preguiça

O *cavalete*, *fig. 22*, é formado por uma massa de ferro calçado de aço, de peso variável entre 80 e 160 quilogramas, sobre a qual o ferreiro apoia o metal para ser trabalhado. A superfície de trabalho ou *praça* é rectangular, bem plana e terminando por uma parte em forma de cone, a que se chama *chifre*. Ordinariamente vêm-se no cavalete dois furos, um quadrado, que serve de encabadouro a várias ferramentas, e o outro redondo, para sobre ele se furar o metal.

A *bigorna*, *fig. 23*, é uma espécie de cavalete, ordinariamente de peso entre 50 e 75 quilogramas, o qual tem a parte rectangular muito reduzida e com um chifre de cada lado, ambos cónicos, ou então um em forma de cone e outro em forma de pirâmide.

É especialmente empregada em trabalhos delicados, como cutelarias, etc.

Tanto o cavalete como a bigorna assentam sobre um cepo de madeira rija, *fig. 24*, que deve ficar com a fibra no sentido vertical e ao qual se fixam de maneiras diversas.

O cepo tem ordinariamente uma parte enterrada no solo, para lhe dar mais estabilidade.

Ferramentas de mão para bater o ferro.—Estas ferramentas são os *martelos A e B, fig. 25*, manejados pelo ferreiro e as *marretas C e D* ou os ma-

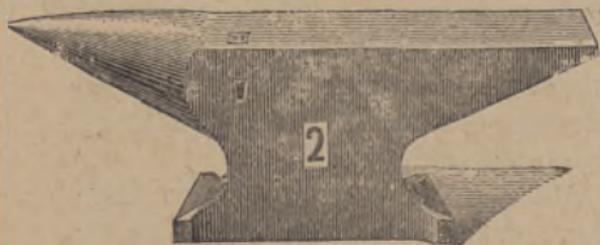


Fig. 22 — Cavalete

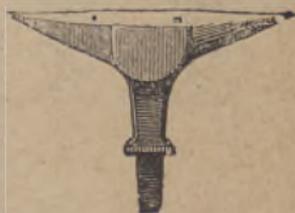


Fig. 23 — Bigorna

lhos *E e F, fig. 26*, manejados pelo ajudante ou malhador.

Os martelos são massas de ferro calçadas de aço,

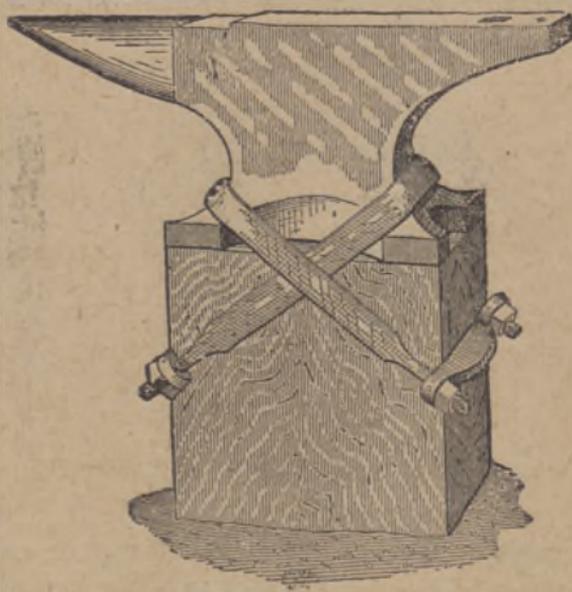


Fig. 24 — Cavalete e cepo

tendo a forma que se vê na figura e com o peso de 3 a 4 quilogramas. A meio têm um furo ou *olho*,

para entrada do cabo, sendo um dos extremos terminado por uma superfície plana (*pancada* ou *praça*) e o outro por uma superfície esférica (*bola*) ou em forma de cunha (*pena*).



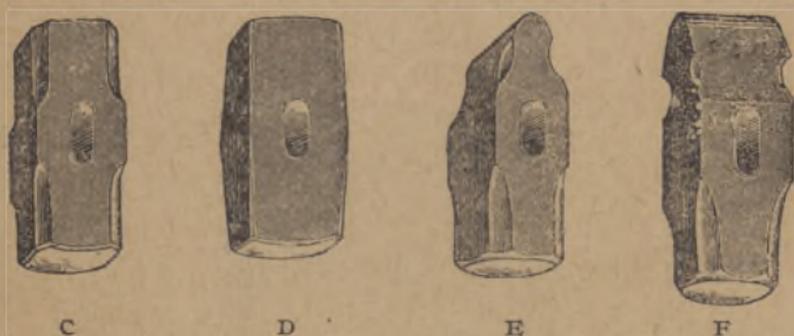
A

B

Fig. 25 — Martelos

Os cabos dos martelos são de madeira rija e sem nós, de secção elíptica, e têm de comprimento 40 a 50 centímetros.

As marretas e malhos são também maças de ferro calçadas de aço, de peso variando entre 5 e 8 quilogramas, com um *olho* para entrar o cabo; os extremos são de forma simétrica, isto é, com duas pancadas, nas marretas *C* e *D*, e uma pancada de um lado e uma bola ou pena do outro, nos malhos *E* e *F*. O cabo é de madeira, da mesma forma e qualidade que o do martelo e de comprimento de cerca de um metro.



C

D

E

F

Fig. 26 — *C* e *D*, marretas — *E* e *F*, malhos

Ferramentas de corte. — Ordinariamente estas ferramentas são feitas pelo próprio ferreiro e de aço temperado junto ao corte; são encavadas num cabo, ou vergueiro de madeira (à excepção da ferramenta que se fixa ao cavalete, punções e rompedeiras de mão); os cabos ou vergueiros devem satisfazer às

mesmas condições que os cabos dos martelos e dos malhos. Embora com menos frequência, encavam-se também estas ferramentas em vergueiros de arame de ferro.

No primeiro caso, o vergueiro entra no *olho* aberto na parte mais grossa da ferramenta. Se o vergueiro é de ferro, é formado por um pedaço de arame de 6 a 10 milímetros de diâmetro que se fixa à ferramenta enrolando-o em torno de uma garganta aberta a meia altura daquela, unindo-se-lhe e torcendo-se-lhe as pontas em seguida.

Os vergueiros de madeira são os preferidos, por permitirem que a ferramenta seja manejada com mais firmeza.

Para cortar o metal empregam-se as seguintes ferramentas, *fig. 27*:

A, punção de mão. — Serve para fazer furos circulares de pequeno diâmetro, ou só para assinalar o lugar dos furos. É feito de um bocão de aço em varão, ou sextavado, com cerca de 30 centímetros de comprimento e com uma das pontas metida em redondo, levemente cônica e temperada. Quando o furo que se pretende abrir tem diâmetro igual ou superior ao diâmetro do furo do cavalete, coloca-se a obra sobre a *alfeça*, *fig. 28*, formada por um bloco de ferro com um furo a meio, escolhendo-se aquela que pelo diâmetro do furo mais convenha. Se a secção do furo, em vez de circular, tem outra qualquer forma, emprega-se então a *rompedeira*, em tudo semelhante ao punção, salvo a secção da parte a entrar no metal que deverá ter a forma e as dimensões desejadas para o furo. Também muito semelhante ao punção de mão é a *broca*, cujo fim é manter a forma dos furos abertos no metal e que, pela sequência do trabalho, se deformariam; para isso enfia-se no furo quando o metal se retira da forja e aí se conserva até tornar a aquecer.

B e C são *punções de vergueiro* diferindo do pun-

ção de mão em terem um furo ou *olho*, para enfiar o vergueiro por onde se empunham, e serem mais reforçados, por isso que servem para dar furos de maior diâmetro.

D, corta-frio.— Serve para cortar a frio o metal e é formado por um pedaço de vergálhão de aço, tendo a meio o olho para o vergueiro e um dos lados puxado em forma de cunha, com o corte em ângulo obtuso. Esta parte é temperada e a outra apenas

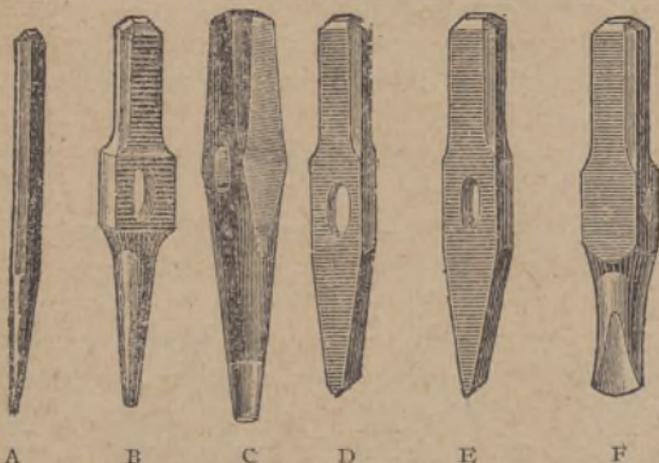


Fig. 27 — A, punção de mão — B e C, punções de vergueiro — D, corta-frio — E, talhadeira — F, goiva

puxada levemente em cone e formando a *cabeça*. Tendo que sofrer pancadas muito violentas, esta ferramenta deve ser muito reforçada.

E, talhadeira.— Tem a mesma forma que o corta-frio, sendo apenas menos reforçada e com o corte em ângulo agudo; serve para cortar o metal a quente.

F, goiva.— Tem a forma da talhadeira, mas o corte, curvado em arco de círculo, serve para cortar a quente as partes arredondadas.

A *fig. 29* indica, respectivamente, a *talhadeira*, *E*, a *goiva*, *F*, e o *corta-frio de cavalete*, *G*, fer-

ramentas que têm a forma aproximada ou igual à ferramenta de vergueiro, mas com uma espiga para entrar no encabadouro do cavalete e aí se fixarem. Servem para cortar o metal quando este tenha de



Fig. 28 — Alfeça



Fig. 29

sofrer cortes dos dois lados, interpondo-se então entre o corte da ferramenta de cavalete e a de vergueiro.

Para alisar as superfícies empregam-se várias ferramentas, *fig. 30*, conforme essas superfícies são planas, côncavas ou convexas.

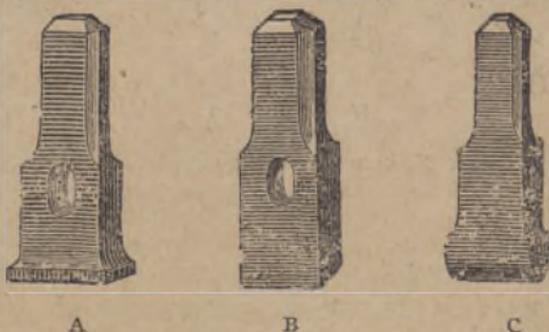


Fig. 30 — A, alisador — B, assentador quadrado — C, degolador

Para as superfícies planas emprega-se o *alisador A*, mais vulgarmente conhecido pelo nome de *flauta* (corrupção da palavra inglesa *flating* que significa alisar), ou *assentadores*, de forma diversa conforme o feitio da peça a trabalhar, sendo o

assentador quadrado, *B*, mais especialmente destinado para fazer ou alisar as partes rebaixadas; para as superfícies côncavas e também para puxar o metal servem os *degoladores C*; para as superfícies convexas, ou ainda de formas especiais, utilizam-se os *moldes* e os *contramoldes*, *fig. 31*.

A *embutideira*, *fig. 32*, serve para alisar ou moldar calotes esféricas, troncos de cones, etc., e assim

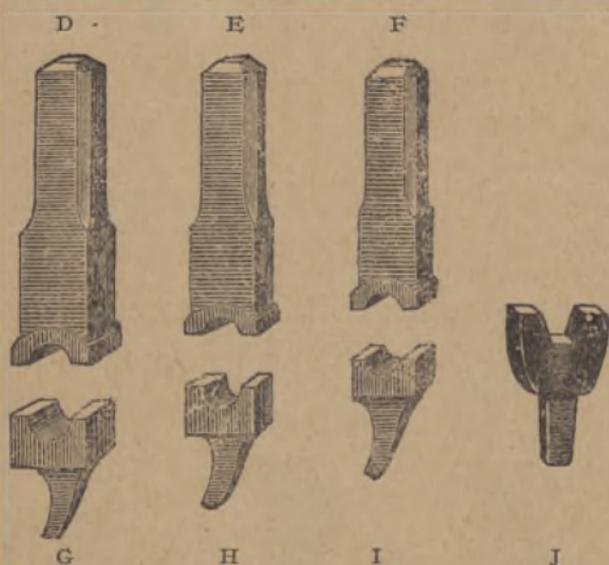


Fig. 31 — *D*, *E* e *F*, contramoldes redondos — *G*, *H* e *I*, moldes redondos — *J*, molde sextavado

como as ferramentas acima indicadas, com exceção dos moldes, faz-se de vergalhão de aço ou de ferro calçado de aço, tendo a meio um olho para entrada do vergueiro; uma das suas extremidades tem a forma apropriada ao fim a que se destina e a outra é levemente arredondada e cônica, formando a cabeça, sobre a qual se aplicam as pancadas do malho.

Os moldes têm a forma apropriada para a *praça* ficar igual ao contramolde, mas com uma espiga

para se fixarem ao *encabadouro* do cavalete. Quando o diâmetro ou espessura da peça a moldar é de pequenas dimensões, empregam-se correntemente os *moldes de mola*, em que o molde e o contramolde de ferro calçado de aço estão ligados aos dois ramos de uma mola, como se vê em *K*, fig. 33.

A *suécia*, fig. 34, é formada por um bloco de ferro fundido com as dimensões aproximadas de $0^m,50 \times 0^m,50 \times 0^m,12$, onde estão abertos moldes de



Fig. 32
Embutideira

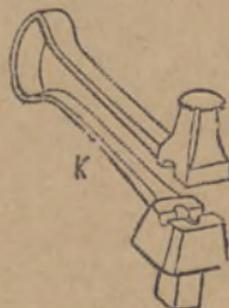


Fig. 33 — Molde
de mola

várias formas e dimensões como se vê na figura, podendo portanto servir como molde, como *craveira* ou como alfeça.

Empregam-se ainda outras *suécias* de várias formas e dimensões (*cônicas*, *esféricas*, etc.), conforme o resultado que se pretende obter, como, por exemplo, as *suécias redondas*, formadas por um tronco de cone, as quais servem para dar a forma circular a aros ou anéis, etc.

A *craveira*, fig. 35, tem a forma de uma palmatória com um ou mais furos ao centro, e serve para calibrar espigas, para alisar a face de baixo das cabeças de parafusos, cavilhas, etc., ou ainda para lhes servir de apoio quando se pretenda encaixá-las ou moldá-las.

O ferreiro executa os seus trabalhos segundo as indicações de um desenho, de uma cêrcea ou de um modelo, sendo em geral o desenho traçado sobre

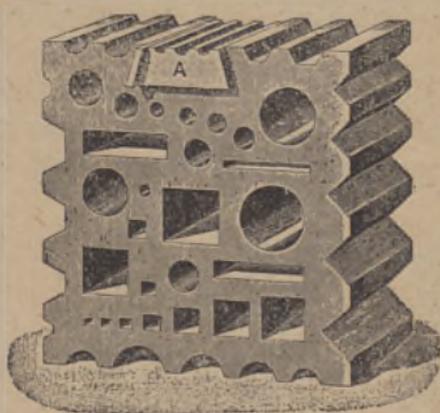


Fig. 34 — Suécia

uma tábua, ou antes sobre uma chapa de ferro, que tem sobre a tábua a vantagem de permitir que se lhe sobreponha o trabalho, quando se quer estabelecer a comparação.

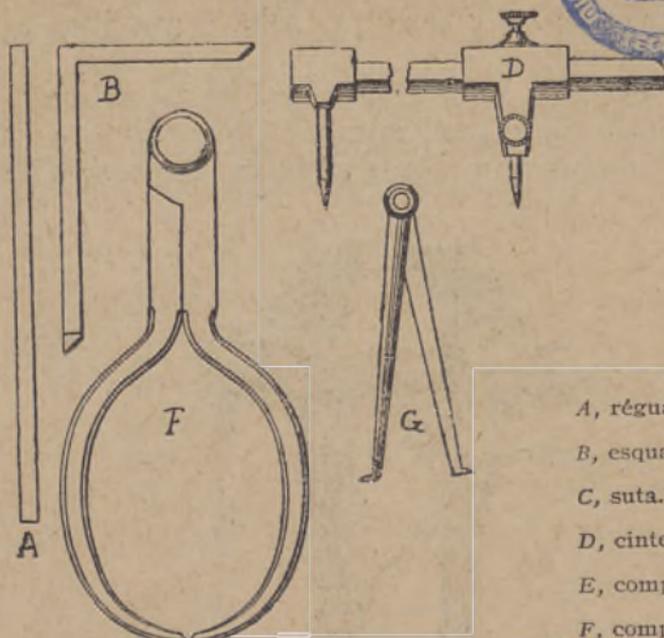
Para tirar medidas serve-se de um metro, ou de uma escala inglesa e de réguas, esquadros, sutas, compassos e cintel, *fig. 36*, ferramentas estas que devem ser muito simples e que não necessitam de grande precisão.



Fig. 35 — Craveiras

Além das ferramentas indicadas é vantajoso que em toda a oficina de ferraria haja

um rebolo para aguçar ferramenta e tornos, *fig. 37*, em número variável com a importância da oficina. Os tornos empregados nas oficinas de ferreiro são muito mais reforçados do que os empregados pelos serralheiros e fixam-se a um cepo semelhante ao cepo do cavalete.



- A, régua.
- B, esquadro
- C, suta.
- D, cintel.
- E, compasso direito.
- F, compasso de volta.
- G, compasso de pernas.

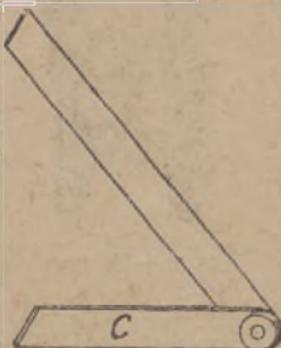
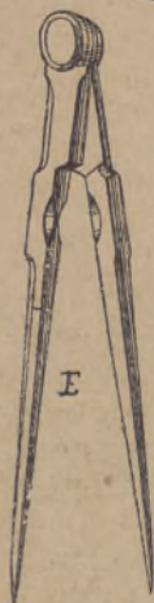


Fig. 36 — Ferramentas de medição e verificação

Além disso não têm haste, como se vê na figura, e a parte mais baixa encosta ao solo, o que lhes dá mais estabilidade.

Quando as peças a forjar atingem pesos e dimensões consideráveis, claramente se vê que, tanto para o seu aquecimento como para poderem ser trabalha-

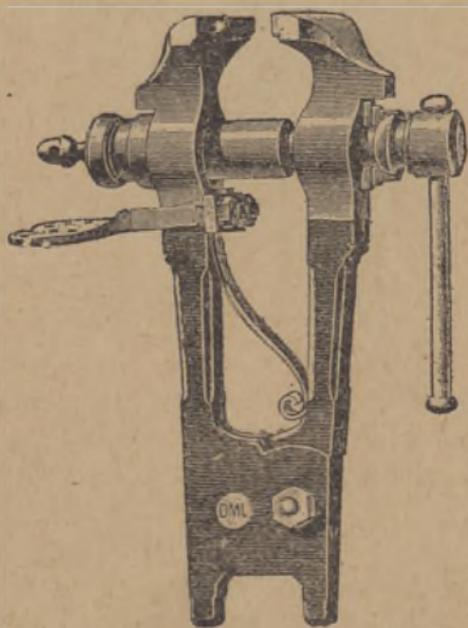


Fig. 37 — Torno

das, não bastam as forjas nem as outras ferramentas que até aqui temos descrito.

Empregam-se então fornos e ferramentas especiais, como martelos-pilões, etc., que só nas grandes oficinas bem montadas se encontram e as quais vamos descrever sumariamente.

Para o aquecimento, recozimento ou cementação, empregam-se fornos de vários sistemas, sendo o mais vulgar o *forno de revérbero*, fig. 38, perfeitamente semelhante ao forno de pudlagem.

Quando nas oficinas há altos fornos, aproveitam-

-se os gases perdidos desses aparelhos, para o aquecimento dos fornos de revérbero, para esse fim especialmente dispostos.

Outra disposição económica consiste no aproveitamento dos gases da combustão operada nos fornos de revérbero para o aquecimento dos geradores de vapor empregados nas mesmas oficinas.

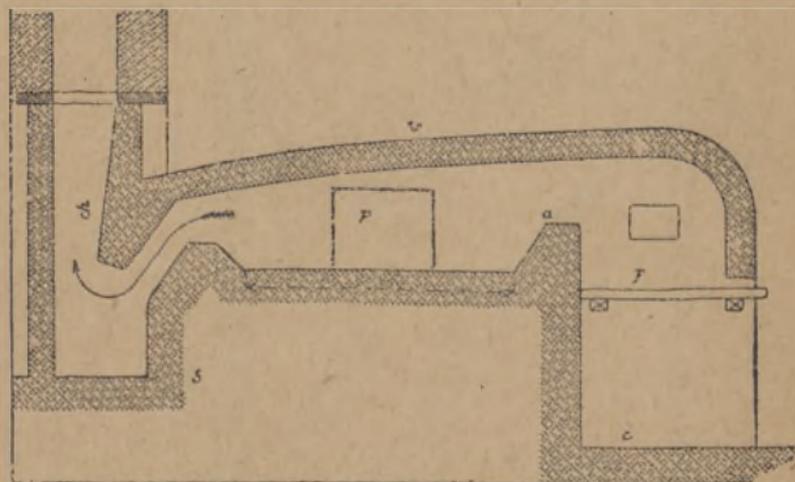


Fig. 38 — Forno de revérbero

F, fornalha — c, cinzeiro — a, muro — P, porta — ch, chaminé

O combustível queimado nos fornos é geralmente a hulha e o coque, conquanto se empreguem também outros combustíveis sólidos ou gasosos.

Para o transporte e manobra das grandes peças forjadas empregam-se os *guindastes* e as *pontes rolantes*, manobradas a braço ou por meio de um motor a vapor, hidráulico ou eléctrico.

Os guindastes são montados junto às paredes e nesse caso chamam-se *guindastes murais*, fig. 39, ou ainda montados ao centro da oficina, podendo dar uma volta completa em torno da sua coluna, e então tomam o nome de *guindastes radiais*, fig. 40.

A ponte rolante, fig. 41, pode deslocar-se de um

extremo a outro da oficina e o seu carro deslocar-se de extremo a extremo das longarinas da ponte, em-

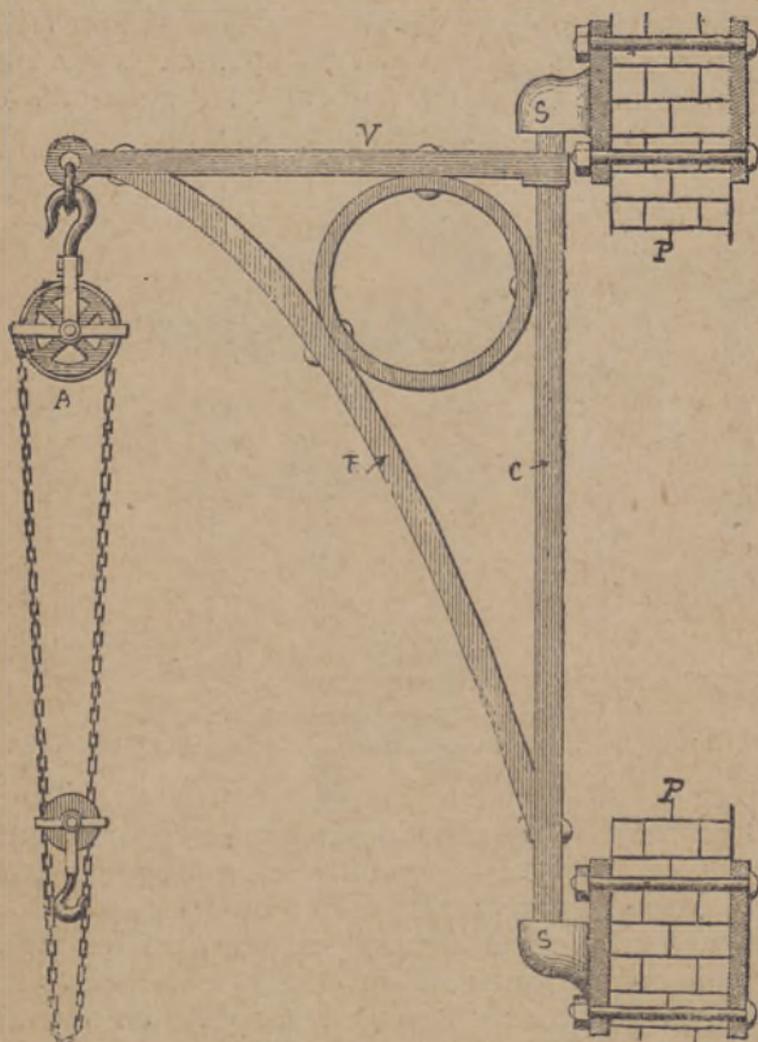
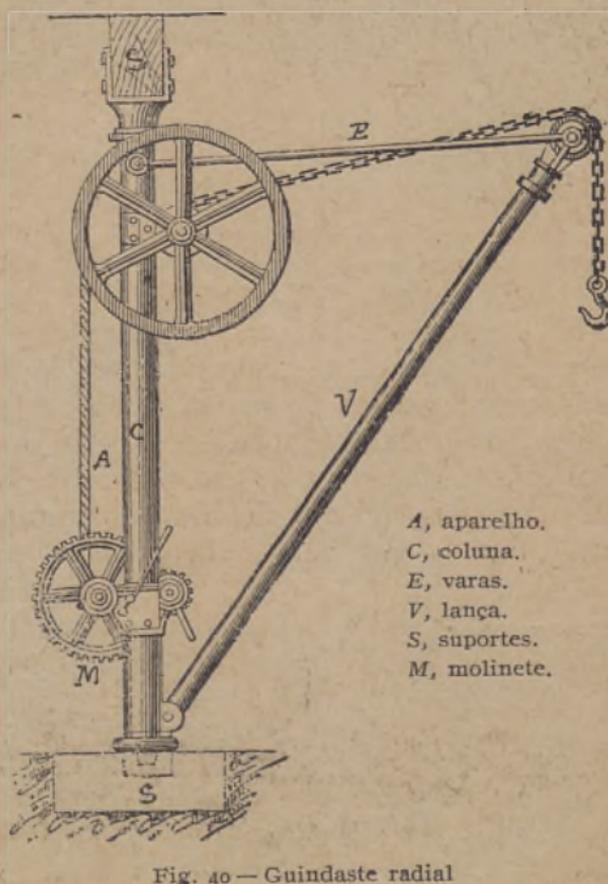


Fig. 39 — Guindaste mural
P, parede da oficina — *S*, chumacciras-suportes — *C*, coluna
 — *V*, vara — *E*, escora — *A*, aparelho

pregando-se, para a execução das manobras, todo o género de motores, manuais, a vapor, hidráulicos ou eléctricos.

Todos os aparelhos de que acabamos de tratar apenas servem para transportar as grandes massas metálicas da porta do forno para a máquina-ferramenta e vice-versa, tornando-se portanto necessário o emprego de outro aparelho, que pegando aí na



massa metálica a vá meter dentro do forno ou, inversamente, a tire do forno para a colocar sob o guindaste ou ponte rolante.

Desses aparelhos, de que há grande variedade de tipos, dá ideia a fig. 42, que representa uma máquina hidráulica de enfornar.

É montada sobre o solo de forma que a pá *p* fique à altura da porta dos fornos, por sua vez dispostos em arco de círculo com o centro no eixo do aparelho de enfornar. Este é manobrado facilmente

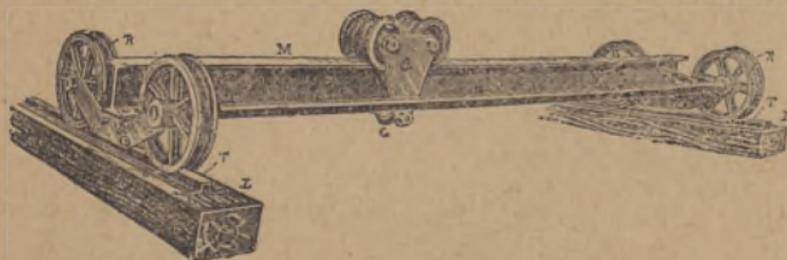


Fig. 41 — Ponte rolante

L, longarinas do trilho — *M*, longarinas da ponte — *C*, carro
— *T*, trilho ou carril — *R*, rodado

por um operário que se coloca sobre a ponte *A*, onde estão as alavancas de manobra.

Estando a pá *p* recolhida, faz-se, por meio do motor *D*, girar todo o aparelho em torno do seu eixo, por forma a ficar a pá por debaixo do guindaste ou da ponte rolante, que sobre ela depõem a peça a

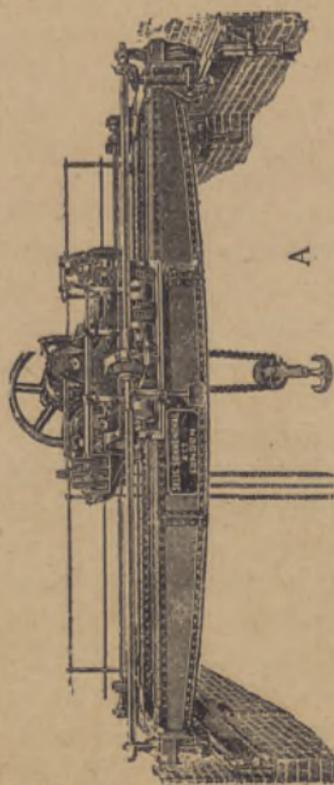


Fig. 42 — Máquina de enfornar

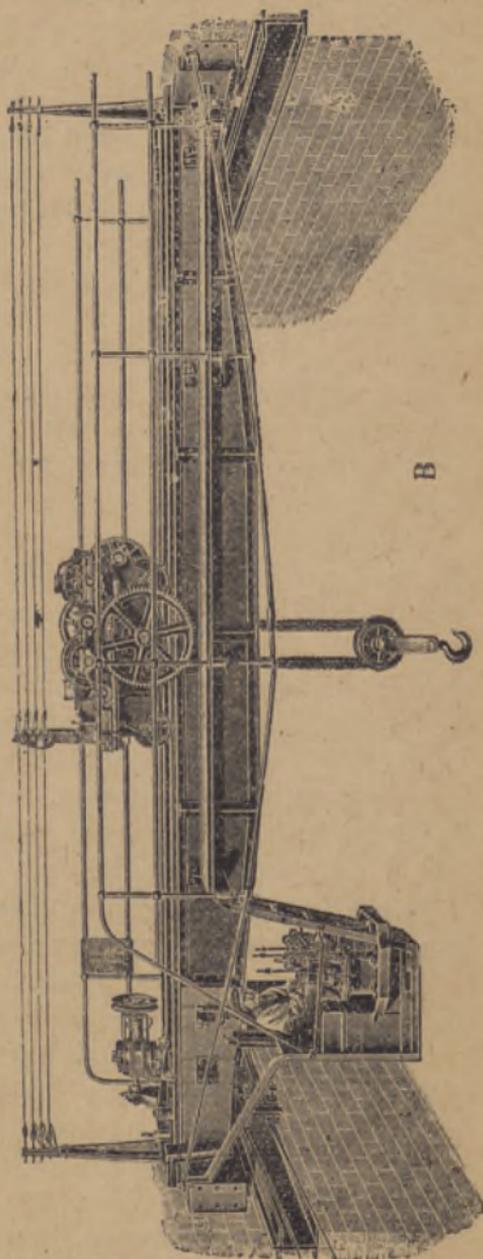
que se pretende dar calor. Faz-se girar novamente o aparelho até a pá ficar em frente da porta do forno e fazendo funcionar o motor *E* a sua haste *H*, saindo do respectivo cilindro, obriga a pá *P* a entrar no forno, onde vai depor a peça a aquecer.

A — Ponte rolante movida a vapor.

B — Ponte rolante movida por um motor eléctrico.



A



B

Com estes aparelhos convenientemente dispostos manobram-se grandes massas metálicas com muita rapidez, empregando pouco pessoal.

A grande revolução na indústria do ferro data, como se sabe, do aparecimento dos martelos a vapor, cujo emprego é hoje corrente, embora não seja exclusivo, pois em concorrência com eles se empregam outros tipos de martelos mecânicos.

Todavia, é o martelo a vapor o mais perfeito, sendo grande a variedade de tipos empregados, quer nos detalhes da sua construção quer nas suas dimensões. Está, porém, essa construção por tal forma estudada que com o seu auxílio se executam não só os mais rudes trabalhos, como a martelagem de ferro coado, mas também os mais delicados, como a execução de instrumentos cirúrgicos, etc.

O martelo de vapor na sua forma vulgar consta de um suporte *S*, *fig. 43*, sobre o qual está montado um cilindro *C* semelhante ao das máquinas de vapor, ordinariamente com distribuidor cilíndrico, ao qual o movimento é transmitido à mão ou automaticamente. Dentro desse cilindro move-se um êmbolo *E*, a cuja haste *H* está ligada uma massa de ferro *M*, que, pelo choque, vai actuar sobre o metal colocado em cima de um *tais*, montado por forma que o seu eixo coincida com o eixo do cilindro.

Nos antigos modelos o vapor era empregado apenas para fazer subir o êmbolo, levantando a massa a que ele está ligado; actuava portanto só da parte de baixo do êmbolo e por isso se chamavam de *simples efeito*. Nos modelos mais recentes e mais geralmente adoptados, o vapor actua pelos dois lados do êmbolo e por isso se chamam de *duplo efeito*.

O vapor actuando do lado de fundo levanta o êmbolo e a massa *M* como no primeiro caso e, actuando do lado oposto, aumenta a velocidade da queda e a energia da pancada.

As bases de assentamento ou fundações, sobre as

quais devem ser montadas estas máquinas-ferramentas, têm grande importância no funcionamento do aparelho, e por isso devem ser feitas com o máximo cuidado. As duas condições principais a que devem satisfazer, são: reunirem grande solidez e grande elasticidade, para assim suportarem sem perigo os choques bruscos a que estão sujeitas.

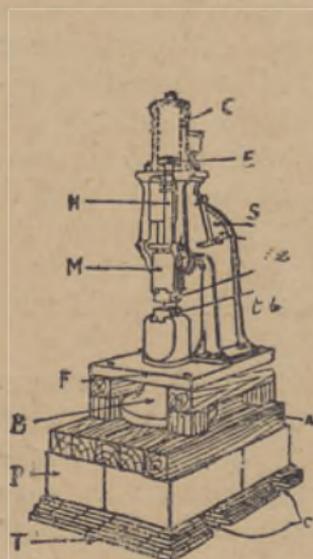


Fig. 43 — Martelo-pilão a vapor

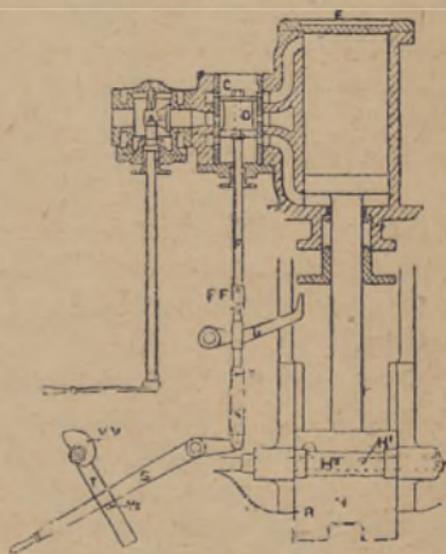


Fig. 44 — Detalhe de um martelo-pilão de movimento à mão

Essas fundações são ordinariamente formadas, *fig. 43*, na parte mais funda por uma camada mais ou menos espessa de tijolo *T*, com os claros, *C*, precisos para a passagem dos parafusos de fixação. Sobre o tijolo assentam grossos blocos de pedra ou betão *P* e sobre estes uma ou mais ordens de malhais de madeira de pinho, *A*, aos quais se fixa o *suporte de tais*. A estes malhais sobrepõem-se ainda outros até ao nível do solo, e sobre estes assenta o *estrado F*, fixado a todo o sistema por meio de parafusos. Sobre o *estrado F* está o *suporte S*, ao qual se fixa o aparelho.

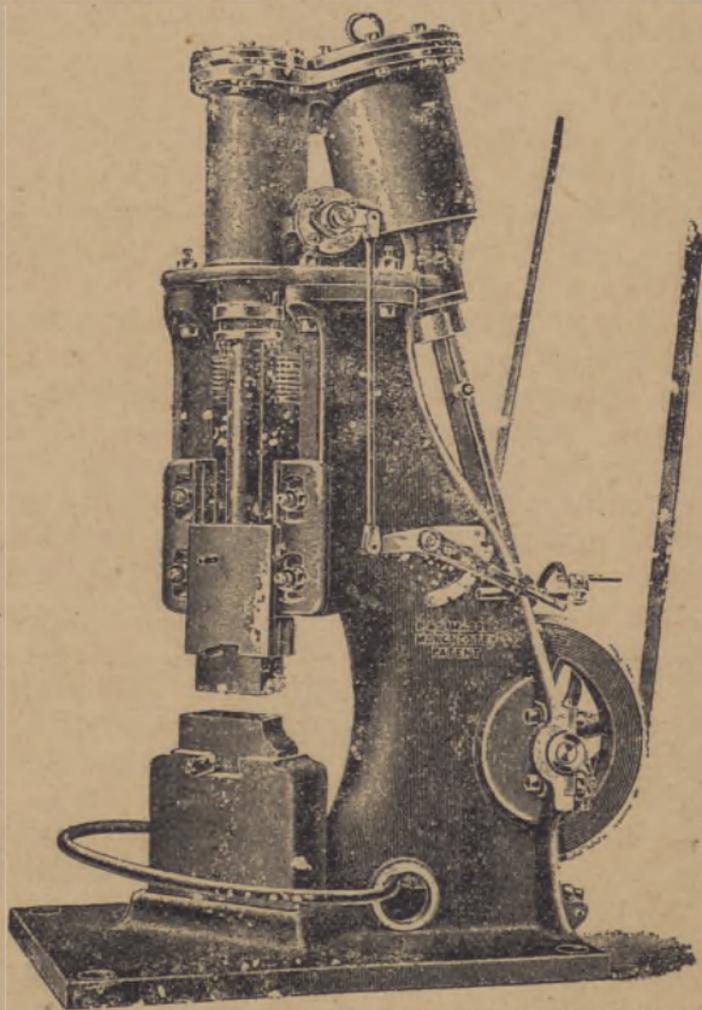
Nos martelos-pilões de vapor de 750 quilogramas, e daí para cima¹, a distribuição faz-se por formas diferentes segundo os construtores (quase sempre exclusivamente à mão) mas todas tão semelhantes entre si, dando a *fig. 44* ideia de como essa operação se executa.

Seja *E*, *fig. 44*, o cilindro com o respectivo êmbolo e *H* a massa guiada no seu movimento pelas guias laterais H^1 e H^2 ; *C* é a caixa do distribuidor e dentro dela se move a válvula distribuidora cilíndrica *D*, cuja haste *F* articula com o tirante *X*, articulado por sua vez ao extremo do braço da alavanca de manobra *S*. Nas costas da caixa do distribuidor *C* está montada a válvula de garganta *A*, manobrada com o auxílio de uma haste muito comprida, com um manípulo perto da alavanca de manobra.

Se quisermos pôr o aparelho a funcionar, abrimos a válvula *A* e purgamos o cilindro, seguindo todas as prescrições usuais para deitar a andar uma máquina de vapor. Levanta-se em seguida a alavanca *S* até encostar a *V V*, o que obriga a descer a válvula distribuidora *D*; como a admissão de vapor se faz pelas arestas interiores da válvula, o vapor passará pelo respectivo canal de admissão para o lado inferior do êmbolo (*lado do fundo*), obrigando-o portanto a subir juntamente com a massa *H*; quando esta, seguindo no seu movimento, vai encontrar a alavanca *U*, arrasta-a consigo, e como essa alavanca articula com o tirante *X*, a válvula *D* é obrigada a subir, fechando o canal de

¹ Por martelo de vapor de *n* quilogramas entende-se um martelo cuja massa *M*, com todas as partes que lhe estão ligadas, pesa *n* quilos, o que não quer dizer que a energia da pancada tenha esse valor, visto que ela depende, além do peso de *M*, da pressão do vapor, da área do êmbolo e da altura da queda.

admissão que estava aberto, pelo que deixa de entrar vapor para a parte inferior do êmbolo muito antes de este chegar ao fim do seu curso; tem esta



Martelo-pilão pneumático de 150 quilogramas

disposição não só a vantagem de aumentar o rendimento do aparelho, como também de evitar o perigo de um choque violento do êmbolo de encontro à

tampa, quando a posição da alavanca de manobra não fosse invertida a tempo.

Se pretendermos que o martelo-pilão funcione como sendo de simples efeito, introduz-se nos furos da corrediça *T* a cavilha *W* que limita a descida da alavanca de manobra, e portanto da válvula distribuidora, só a uma fracção do seu curso total, do que resulta o conservar-se fechada a admissão do lado da tampa e aberta a evacuação do lado do fundo quando a alavanca *S* estiver encostada a *W*, pelo que o êmbolo cairá simplesmente por efeito da gravidade.

Se, pelo contrário, se deseja aumentar a energia da pancada, faz-se com que o vapor actue pelo lado de cima do êmbolo, isto é, que o martelo-pilão funcione como sendo de duplo efeito; para isso basta tirar a cavilha *W*, o que permite fazer descer a alavanca de manobra até à sua posição extrema na respectiva corrediça *T*, pois que a essa posição corresponde outra na respectiva válvula distribuidora, em que a evacuação está aberta do lado do fundo e a admissão aberta do lado da tampa.

Nos martelos-pilões de vapor, de peso superior ao acima indicado, a distribuição está disposta ordinariamente para ser feita à vontade, à mão ou automaticamente.

Para isso pode empregar-se a disposição indicada na *fig. 45*, a qual, como a da *fig. 44*, é do sistema *Massey*, um dos mais empregados.

A haste *F*, da válvula distribuidora, articula com a alavanca *Q* por uma forma inteiramente idêntica à anteriormente descrita e manobrando-se essa alavanca tem-se, como naquele caso, a distribuição à mão.

Para a distribuição ou funcionamento automático serve o balanceiro *J*, oscilando em torno de *O*. A posição normal desse balanceiro é determinada pela acção da mola *L* que actua no extremo do seu braço

menor, o qual em *K* articula com o tirante da válvula.

Abrindo a válvula de garganta *A*, como pela acção da mola *L* a válvula distribuidora *D* está descida, o canal de admissão do lado do fundo acha-se

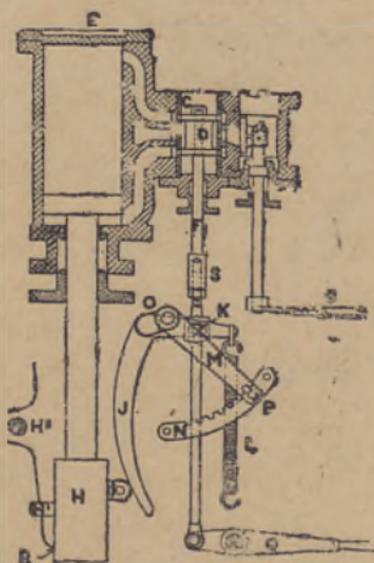


Fig. 45

Detalhe de um martelo-pilão
de movimento automático

aberto e por ele passa o vapor que vai obrigar o êmbolo a subir.

Subindo a massa *H*, o esbarro *I* que a ela está fixado vai encostar ao braço *J* do balanceiro e, vencendo a resistência oposta pela mola antagonista *L*, obriga-o a oscilar em torno de *O*.

Então, por efeito da acção do balanceiro, a válvula distribuidora *D* sobe, abrindo a evacuação do lado do fundo e a admissão do lado da tampa, pelo que o martelo cai, libertando da acção do esbarro o balanceiro; actua então livremente a mola *L*, que faz descer *D*, abrindo a admissão do lado do fundo,

pelo que o êmbolo torna a subir, para em seguida cair, e assim sucessivamente.

Para regular a altura da queda e portanto a energia do choque serve a guia *M*, cuja posição na corredeira *N P* faz com que o balanceiro *J* seja encontrado

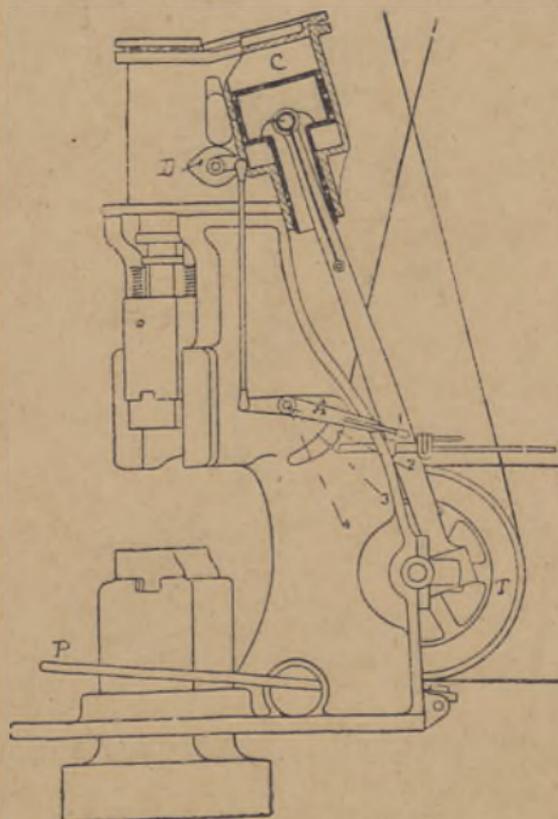


Fig. 46 — Martelo pneumático

pelo esbarro *I* mais cedo ou mais tarde, e assim a inversão da posição da válvula distribuidora, e portanto a queda, se faça mais ou menos rapidamente.

Outro tipo de martelos-pilões também muito empregado e com grandes vantagens, é o dos *martelos pneumáticos*.

Também neste género de martelos se encontram vários tipos, mas pela descrição do tipo *Masseý* se vê a maneira como eles funcionam.

A disposição das fundações, suportes, etc., é em tudo semelhante à do martelo de vapor, mas tendo a mais, por detrás do cilindro motor, um cilindro compressor de ar *C*, *fig. 46*. Entre os dois cilindros fica um distribuidor de torneira *D*, manobrado por uma alavanca *A*, que pode ocupar qualquer das posições indicadas pelos números 1, 2, 3 e 4.

Por intermédio de uma correia ou de um motor especial, é dado movimento de rotação ao tambor *T*, montado sobre um veio com uma manivela, na qual articula o pé do tirante que transmite movimento ao êmbolo de compressor *C*. Em vez do movimento à válvula ser transmitido pela alavanca *A*, pode ser transmitido por um pedal *P*, dependendo isso da maneira de combinar as alavancas.

Com o aparelho em repouso a alavanca *A* deve estar em 2, o que corresponde a uma posição da válvula distribuidora, *fig. 47*, em que os dois lados do êmbolo do compressor estão em comunicação, passando o ar pelos canais *A A* livremente de um para outro lado sem entrar no cilindro motor.

Fazendo passar a alavanca de manobra da posição 2 para 3 fecha-se o canal *A* e estabelece-se a comunicação com o lado do fundo do cilindro motor, pelo que o respectivo êmbolo sobe.

Mudando a posição da alavanca para 1, a posição da válvula faz com que o ar passe do lado da tampa para o lado do fundo do cilindro compressor, quando a compressão se está fazendo do lado da tampa, e do lado do fundo do compressor para o mesmo lado do cilindro motor quando a compressão se faz do lado do fundo, o que obriga o martelo a conservar-se levantado enquanto a alavanca estiver nesta posição 1.

Colocando a alavanca de manobra na posição 4, a compressão far-se-á para o lado da tampa do cilindro motor e a aspiração do lado do fundo, *fig. 48*, do mesmo cilindro, pelo que o êmbolo desce, dando-se o choque.

Como se vê, estes martelos assemelham-se muito no seu funcionamento aos martelos-pilões de vapor e, embora a sua força não passe além de certos li-

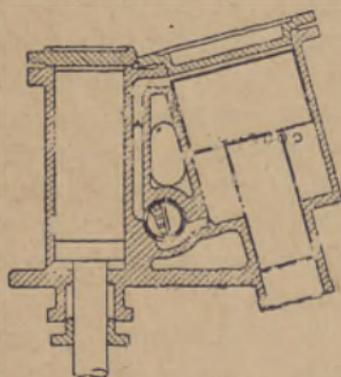


Fig. 47 — Detalhe de um martelo pneumático

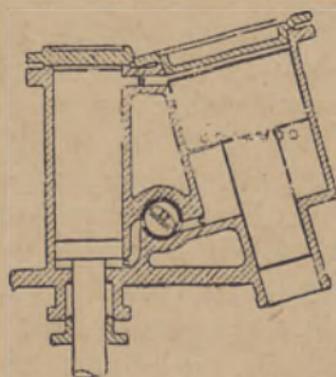


Fig. 48 — Detalhe de um martelo pneumático

mites, o seu emprego tende a generalizar-se cada vez mais, substituindo a pouco e pouco os martelos de vapor de igual força.

Nos martelos de vapor o número de pancadas por minuto oscila, em geral, entre 150 e 400 e o peso da massa M e as partes que a ela estão ligadas, entre 25 e 5.000 quilogramas para os usos vulgares, empregando-se ainda massas de maior peso em alguns casos especiais.

Nos martelos pneumáticos o número de pancadas varia entre os mesmos limites, mas o peso da massa é que não excede 700 a 800 quilogramas.

Os outros tipos de martelos-pilões mecânicos, mais geralmente empregados, pertencem a três grupos: os *martelos de correia*, os *de prancha* e os *de*

mola, dos quais o primeiro é o mais simples e o último o mais completo.

Nos *martelos de correia*, *fig. 49*, um suporte-base *S*, formado por um pesado e sólido bloco de

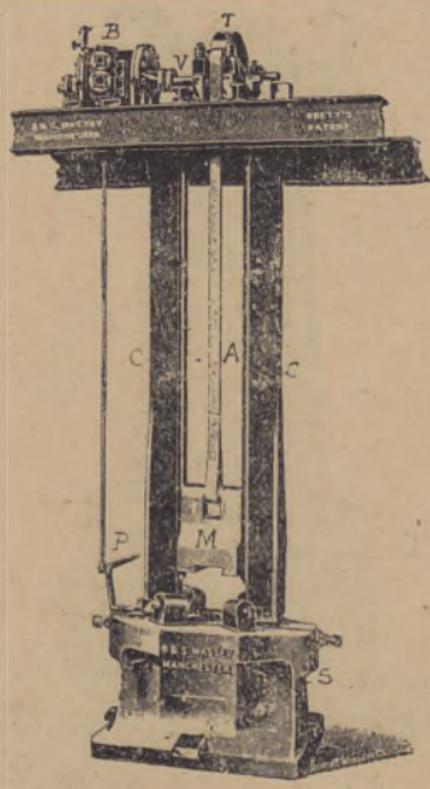


Fig. 49 — Martelo de correia

ferro fundido, serve de apoio a duas colunas *C C*, que sustentam os suportes do motor *B*, veio *V* e tambor *T* de transmissão do movimento. A massa *M* sobe entre as duas colunas que lhe servem de guia. Uma correia *A* liga-se, nos seus extremos, de um lado à massa *M* e do outro ao tambor *T*. Manobrando a alavanca *P*, faz-se funcionar o motor *B*, que, transmitindo movimento de rotação ao tambor *T*, faz com que a correia *A* se enrole sobre ele,

elevando a massa M . Quando esta chegar à altura desejada, inverte-se a posição da alavanca P , o motor deixa de actuar e a massa M , abandonada à acção da gravidade, cai.

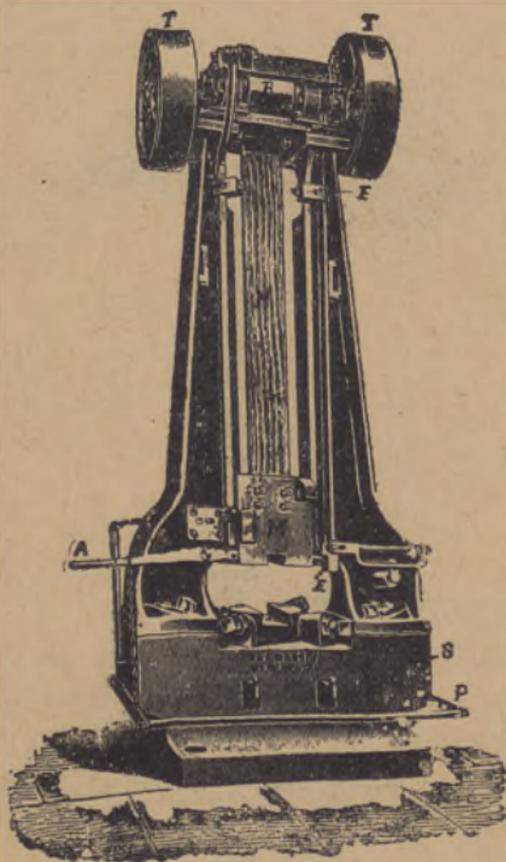


Fig. 50 — Martelo de prancha

O motor indicado na *fig. 49* é um motor especial, sistema *Brett*, de fácil manobra, funcionamento rápido, e sobretudo de grande simplicidade em todos os seus órgãos.

Qualquer outro tipo de motor pode, porém, ser empregado, assim como se pode também aproveitar o movimento de qualquer veio de transmissão para,

por meio de disposições adequadas, como por exemplo: correias, rodas de fricção, etc., se obter o movimento desejado do tambor *T*.

O peso da massa *M* destes martelos varia entre 25 e 2.000 quilogramas, a máxima altura da queda

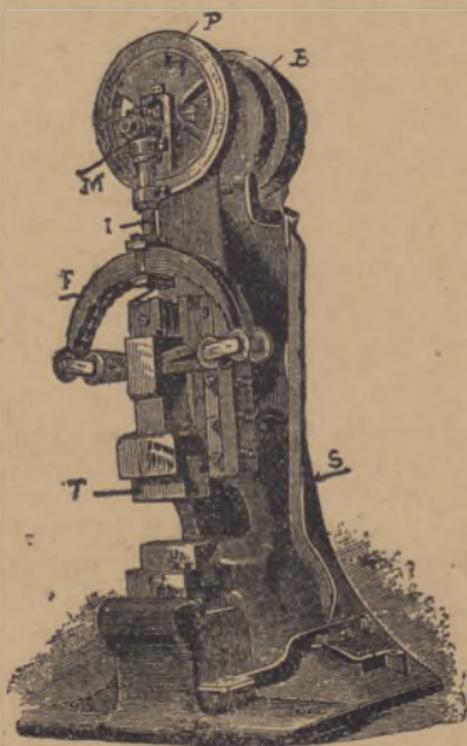


Fig. 51 — Martelo de mola

é de 2^m,5, e o número de pancadas, que depende do tipo de motor empregado, não excede em geral 200 por minuto.

O *martelo de prancha*, fig. 50, é formado também por um suporte sólido, base *S*, sobre o qual se fixam os dois suportes de coluna que sustentam o aparelho de transmissão de movimento e servem de guias ao movimento da massa *M*. O movimento é transmitido por meio de uma correia a um dos

tambores *T* que o transmite por sua vez a dois roletes *R*, de superfície rugosa e de eixos paralelos, que uma disposição especial pode fazer aproximar ou afastar, conforme se manobra a alavanca *A* ou o pedal *P*. Entre os dois roletes passa a prancha *H*, ligada num dos extremos à massa *M*. Manobrando a alavanca ou o pedal, os roletes são apertados de encontro à prancha, obrigando-a a subir juntamente com a massa *M*, que lhe está ligada; afastando os roletes, a massa, abandonada à acção da gravidade, cai. A aproximação e o afastamento dos roletes podem ser feitos à mão pela citada alavanca

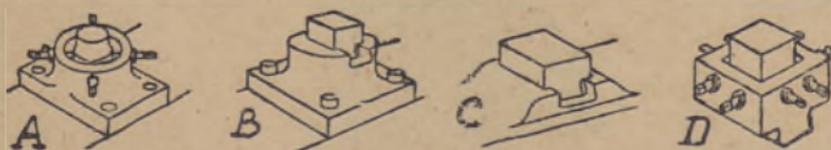


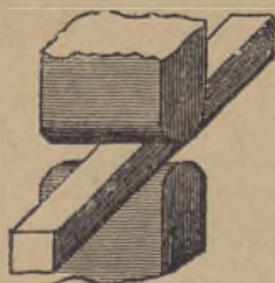
Fig. 52 — Diferentes formas de *tais* para martelos-pilões

ou pedal, ou automaticamente pela conveniente disposição dos dois esbarros *E E*, encontrados pela massa *M* no seu movimento.

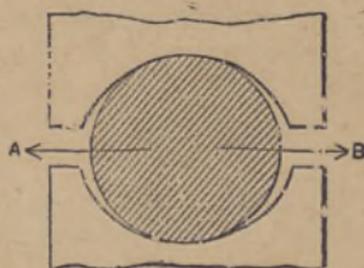
O peso destes martelos oscila entre 75 e 1.000 quilogramas, a altura máxima da queda é 5 metros e o número de pancadas pode ir até 200, o máximo, por minuto. Todavia acima de 750 quilogramas estes aparelhos tornam-se pouco manejáveis.

Os *martelos de mola*, fig. 51, são formados por um suporte *S*, em cima do qual está montado o veio de transmissão de um tambor *B*, que por meio de uma correia recebe movimento de rotação.

Sobre o mesmo veio está montado um prato *P* com uma manivela *M* que transmite movimento à massa suspensa da mola *F*, ligada ao tirante *I*, que articula com a manivela *M*. O curso da massa pode ser aumentado ou diminuído, aumentando ou encurtando o braço da manivela *M*, para o que há



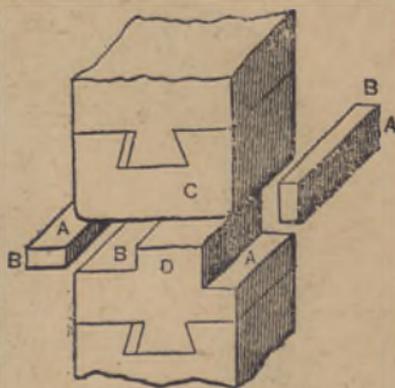
A



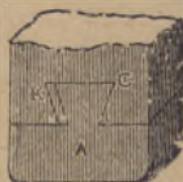
B



C



E

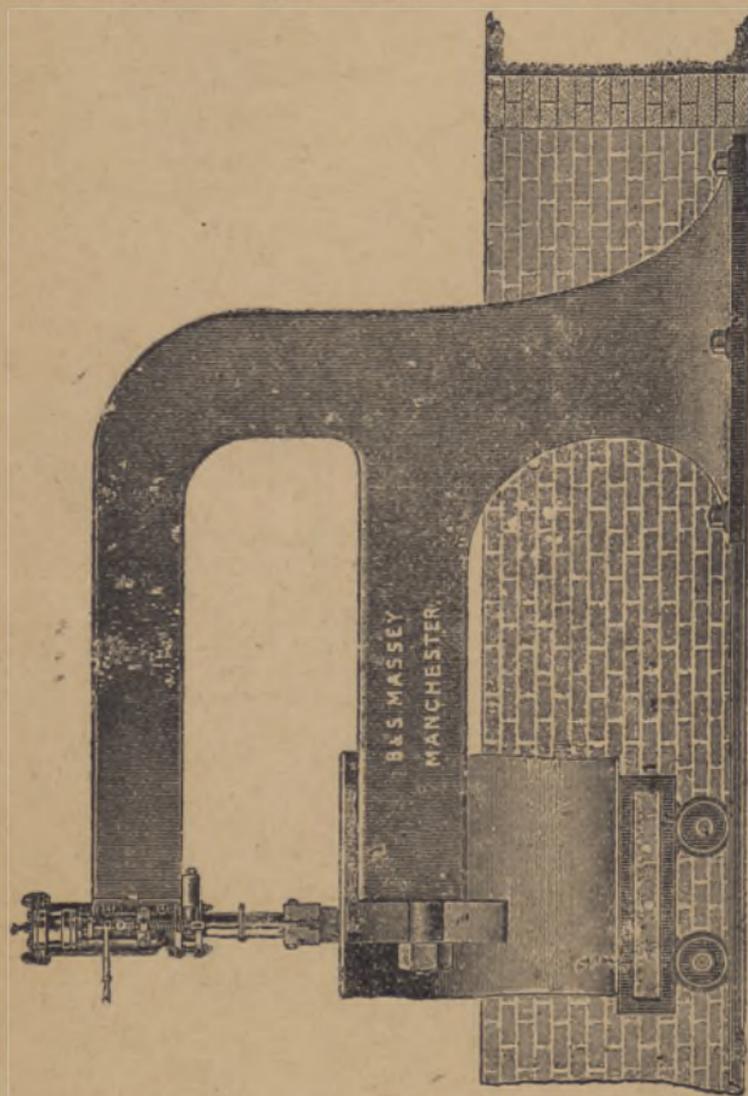


D

A, tais degolador.
 B e C, tais de molde redondo.
 D, tais direito ou de alisar.
 E, tais de moldar barra.

Fig. 53 — Diferentes formas de tais para martelos-pilões

uma disposição especial; além disso, também se pode regular a máxima descida da massa, variando o comprimento do tirante *I*.



Martelo-pilão de 100 quilogramas, para caldear costuras de formalhas e tubos de grande diâmetro

A forma de suspensão da massa dá ao aparelho a elasticidade precisa para se não avariar em virtude dos choques bruscos a que está continuamente sujeito.

Estes martelos têm de peso 50 a 200 quilogramas e dão 300 a 400 pancadas por minuto.

Em todos os tipos de martelos-pilões descritos, não é a massa que actua directamente sobre o metal aquecido, nem este é assente directamente sobre o suporte.

Para isso servem os *tais*, fig. 52, de várias formas, conforme o efeito que se pretende obter. O *tais de cima t e*, fig. 43, tem um dente ou malhete que

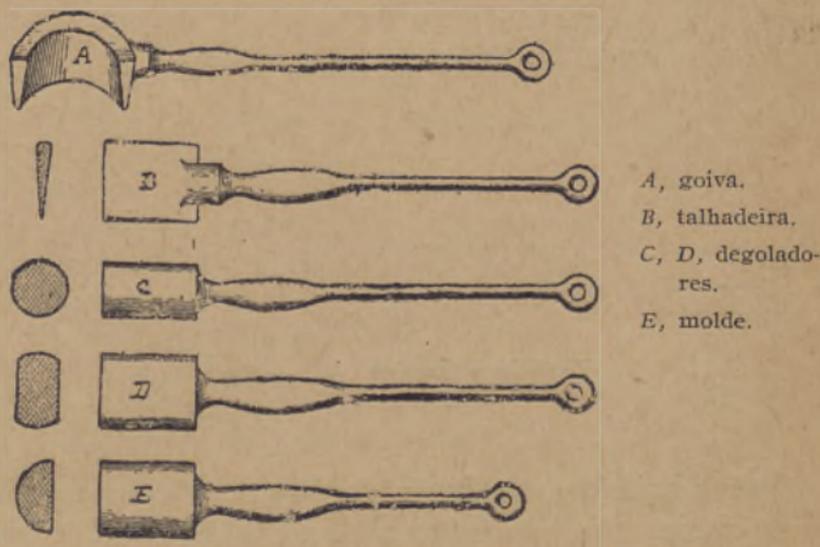


Fig. 54 — Ferramentas para trabalhos ao martelo-pilão

entra numa caixa aberta na massa *M* e na qual é apertado por uma chaveta de fixação. O *tais de baixo t b*, fig. 43, fixa-se da mesma forma (*B* e *C*, fig. 52), ou por qualquer outra das formas indicadas em *A* ou *D* da mesma figura.

Os *tais* são de ferro forjado calçado de aço e, como dissemos, de forma diversa: os *tais A*, fig. 53, servem quando se pretende puxar o metal e actuaem como degoladores; os *tais B* para moldar superficies cilíndricas como fazem os moldes e contramol-

des redondos; o *tais C* para puxar varão; o *tais D* para alisar superfícies planas e, finalmente, o *tais E* serve de molde para barra de dimensões iguais às dos rebaixos *A* e *B* do *tais* de baixo *D*, barra que terá de ser passada ao alto do lado *A* e ao baixo do lado *B*, como se vê claramente na figura.

Para auxiliar o trabalho com os martelos-pilões, claro está que as ferramentas de mão já descritas, como talhadeiras, moldes, etc., não podiam servir, empregando-se então ferramentas especiais, *fig. 54*, com cabos de ferro e dimensões e formas apropriadas à natureza dos trabalhos a executar.

CAPÍTULO III

Forjamento à mão

Fazer a forja e condução do fogo. — Para acender uma forja começa-se por quebrar o carvão em bocados miúdos, molhando-o em seguida, para que, sob a acção do fogo, se ligue e adquira a consistência precisa.

Limpa-se a forja, tirando-lhe toda a escória e parte das cinzas que possa conter; escolhe-se a cinza, pondo de parte alguma mais grossa e amassando com água a restante, para a pôr em torno do algaraviz, protegendo-o contra a acção do calor; faz-se depois uma cova no lugar onde se quer o fogo e põem-se-lhe no fundo as cinzas mais grossas que se tinham apartado e através das quais passarão as escórias em vez de ficarem entre o fogo ou sobre o metal. Isto feito, escolhe-se um varão de

ferro de diâmetro pouco inferior ao do furo do algaraviz, onde se introduz um dos seus extremos, cobrindo-o em seguida com o carvão molhado, que se comprime bem com a pá de bater. Retirando o varão, fica sobre a forja um montículo de carvão atravessado por um canal, formando como que o prolongamento do algaraviz e através do qual o ar é conduzido até o lugar onde se quer fazer o fogo. Nesse lugar dispõem-se algumas aparas ou estopas, sobre elas alguns cavacos, sobre estes algum carvão já meio ardido e em torno carvão novo molhado. Lança-se o fogo à estopa ou aparas e quando os cavacos estão a arder vai-se tocando ao fole ou abrindo o registo do vento, activando esta operação à proporção que o fogo se vai propagando ao carvão.

Quando as peças a aquecer são de grandes dimensões, ou quando se pretende caldear, depois de o carvão estar bem aceso cobre-se com mais carvão molhado, batendo-o bem e formando um montículo em forma de calote esférica, com uma abertura lateral voltada para o ferreiro: a abóbada de carvão assim formada denomina-se *lapa* e o seu efeito é concentrar mais o calor sobre a peça a aquecer, como se esta estivesse metida num forno de réverbero.

Resta meter o metal a aquecer ao fogo, de modo tal que o jacto de ar não incida directamente sobre ele, e regular a intensidade da combustão por meio da abertura do registo do vento, ou da manobra mais ou menos acelerada do fole.

Se enquanto se está aquecendo o metal, o fogo fura a *lapa*, tapa-se a abertura com carvão molhado, para que não haja perdas de calor.

De tempos a tempos limpa-se a forja, empregando o espetão ou a chegadeira, por forma que fique desobstruída de cinzas, escórias, etc., tendo em consideração que, para conservar o fogo da forja

em condições de se obter um aquecimento regular e contínuo, deve atender-se ao seguinte:

1.º que o jacto de ar não atinja o metal a aquecer, para o que este deve ser colocado um pouco à frente e acima da boca do algaraviz;

2.º que se possa voltar de tempos a tempos a peça a aquecer, para que o calor seja melhor distribuído por toda a sua massa;

3.º que a passagem de ar através do algaraviz seja regulada em conformidade com o resultado que se pretende obter.

Quando se estiver dando calor a uma peça de grandes dimensões e se observar que o metal está próximo a caldear, fecha-se quase completamente o registo durante 2 a 3 minutos ou toca-se ao fole mais devagar durante o mesmo espaço de tempo, para que o calor se reparta igualmente por toda a massa metálica, tendo o cuidado de não deixar prolongar esta suspensão da acção do fogo por muito tempo, para evitar que o metal se suje ao contacto das escórias líquidas, e activando logo em seguida a combustão ao máximo para não se produzir um abaixamento de temperatura antes de o metal começar a ser trabalhado.

Para evitar a acção oxidante e desagregante das cinzas, escórias e outros resíduos do carvão queimado, é preferível, quando se pretende aquecer uma peça de grandes dimensões, misturar com a hulha algum coque partido em bocados miúdos, entre o qual a peça a aquecer é introduzida.

O emprego exclusivo do coque pode ser insuficiente, mas juntamente com a hulha, para se poder formar a *lapa*, produz sempre excelentes resultados, um dos quais é um grau de calor muito mais elevado.

As substâncias estranhas cuja presença sobre a forja é mais vulgar e deve ser evitada são: a escória, o cobre e o enxofre.

A *escória* é o produto da combinação do metal com os resíduos do carvão queimado, do que resulta em grande parte o aparecimento de silicatos de ferro, de cuja acção oxidante e desagregante resulta a destruição do metal ou, como se diz em linguagem de oficina, *comer o ferro*. Sendo mais pesadas e líquidas, as escórias vão para a parte inferior da forja, onde se solidificam e donde de tempos a tempos são facilmente tiradas com o espetão ou a chegadeira.

O *cobre* e o *enxofre* que podem vir no carvão mais ou menos piritoso, ou ser trazidos por qualquer peça que tenha sido aquecida à forja e cuja acção sobre o ferro e o aço, como já vimos, é muito perniciosa no ponto de vista do trabalho à forja, devem ser retirados do fogo tão depressa ali se reconheça a sua presença. Consegue-se isso activando a combustão para se obter uma temperatura tão elevada que volatilize aquelas substâncias, limpando depois bem a forja, para o que se retiram com a chegadeira todas as substâncias estranhas que ela possa conter e algum pedaço de carvão onde se reconheça a sua presença, ou ainda lançando sobre a forja alguns punhados de sal amoníaco, tendo o cuidado de defender a cara e as mãos, para não serem queimadas quando este estala e rebenta, projectando-se em todas as direcções com grande vivacidade, o que pode produzir accidentes desastrosos.

Aquecimento do metal. — A operação de aquecer o metal chamam os ferreiros *dar-lhe um calor*, designando o grau de aquecimento pela cor mais ou menos viva que o metal vai adquirindo pela acção do aumento da temperatura.

Assim: um *calor ao rubro* é um calor pouco intenso que basta para dar ao ferro curvas muito abertas.

Esse grau de calor é suficiente quando se quer

recozer o ferro ou o aço com o fim de o tornar menos rijo e mais maleável.

A *cor de cereja* representa uma temperatura mais elevada, convindo para recozer e para têmperas macias;

A *cor de cereja clara* indica uma temperatura ainda mais elevada, à qual devem ser submetidos os aços, convindo também para os trabalhos mais vulgares do ferro e sendo a precisa quando aos aços se quer dar têmpera rija;

O *rubro branco* reconhece-se pela cor branca brilhante que tomam tanto o ferro como a chama da forja e por começarem a soltar-se do metal chispas também muito brilhantes. É este o grau de calor que mais convém para trabalhar o ferro, sobretudo quando se forjam grandes peças submetidas a um trabalho cuidadoso e demorado.

A *caldear*, quando o ferro parece estar coberto de uma camada líquida e dele se soltam gotas de metal; é este o grau de calor mais elevado que o ferro pode suportar, visto corresponder a uma temperatura muito próxima da de fusão; emprega-se quando se pretende *caldear* ferro, isto é, ligar entre si pedaços separados.

Sempre que o ferro, ao ser trabalhado, começa a *abrir* (fender-se), deve isso ser tomado como indicação de que esse metal só deve ser trabalhado ao rubro branco.

Quando o metal adquiriu o grau de calor mais conveniente para poder ser trabalhado, o ferreiro que o meteu à forja e dirigiu o aquecimento, pegalhe directamente, ou por intermédio de uma presa ou tenaz e, sem que a parte aquecida toque na forja ou no chão, para não se cobrir de substâncias estranhas, coloca-o sobre o cavalete, começando acto contínuo a trabalhá-lo.

O ferreiro deverá colocar-se em frente do cavalete, cujo chifre lhe deve ficar à esquerda, segu-

rando o trabalho com a mão esquerda, enquanto com a direita empunhará o martelo ou outra ferramenta de que se estiver utilizando.

O corpo e a cabeça deverão estar levemente inclinados sobre o cavalete, embora um pouco afastados dele; a perna direita curvada, a ponta do pé quase a tocar no cavalete e a perna esquerda retesada, com os pés um pouco afastados e em ângulo recto com os calcanhares na mesma linha, posição esta perfeitamente natural e em que mais fácil e útil se torna o manejo da ferramenta.

O *ajudante do ferreiro*, ou *malhador*, quando deixa de tocar ao fole ajuda o ferreiro a levar o trabalho para o cavalete, indo em seguida collocar-se do lado oposto, empunhando, com as duas mãos um pouco afastadas, o malho, bem de frente para o trabalho e pronto a executar as ordens do ferreiro.

Começa o ferreiro por dar no metal algumas pancadas leves com a bola ou pena do martelo, para que dele se soltem as camadas de óxido (*carepa*), e outras substâncias estranhas que lhe estejam adherentes, batendo em seguida com mais força e rapidez, seguindo-se a cada pancada de martelo uma pancada de malho, até que, dando o martelo do ferreiro uma pancada seca no cavalete, o malho deixa de bater.

O malhador, para malhar, levanta o malho acima da cabeça e, estendendo os braços, deixa-o cair com força, tendo o cuidado de assentar bem a pancada e de lhe regular a força pela martelada do ferreiro, dirigindo-a ao mesmo sítio onde aquele bateu.

Para evitar qualquer acidente resultante do encontro do martelo com o malho, o malhador deverá puxar para si o malho seguidamente a cada pancada, antes de novamente o elevar.

Quando a peça a forjar é de grandes dimensões, em vez de um só malhador empregam-se dois, três e às vezes quatro. Nesse caso o ferreiro não alterna

com eles a bater na peça, limitando-se a marcar a cadência com que os malhadores hão-de malhar e o lugar onde o devem fazer, sempre que a pancada deva ser dada em sítio diferente.

Algumas vezes os malhadores, para malharem com mais força, malham de maneira diferente, a que chamam *revirar malho*. Para isso, em vez de se collocarem de frente para o trabalho, collocam-se um pouco de lado, empunham o malho mais pela ponta do cabo, com as mãos quase juntas, e depois de cada pancada, em vez de o levantarem, deixam-no cair e, dando rapidamente a volta por detrás do corpo, levantam-no a toda a altura, para então o abaterem rapidamente sobre a peça a trabalhar.

Além da palavra os ferreiros empregam alguns sinais convencionais para se fazerem entender pelos malhadores. Esses sinais são ordinariamente os seguintes: duas marteladas seguidas no cavalete para indicar que o ferro está quente, devendo a este sinal os malhadores acercar-se do cavalete e empunhar os malhos, pondo-se prontos a desempenhar o serviço que lhes compete; pancadas em cadência, para marcar a cadência e força com que devem malhar; uma pancada seca no cavalete e fora da cadência para cessarem de malhar.

Deve ter-se em vista que não há vantagem em empregar martelos ou malhos de grande peso, visto que, sendo o resultado do choque proporcional à massa multiplicada pelo quadrado da velocidade, se o martelo ou malho pesam muito, o cabo tem que ser mais curto e como além disso é menos manejável, resulta que a vantagem de haver maior massa não compensa a de haver menor velocidade. Por isso os pesos e comprimentos de cabos indicados no capítulo *Ferramentas* deverão preferir-se como aqueles que a prática tem mostrado serem os que melhor satisfazem.

Como já foi dito anteriormente, o metal a forjar

deve ser aquecido ao maior grau de calor que possa suportar e todo o trabalho de ferreiro deverá ser executado com a máxima rapidez, para diminuir quanto possível o número de calores.

À proporção que o metal for arrefecendo, dever-se-á empregar maior força e vivacidade nas pancadas até que, chegando ao limite mínimo do grau de calor a que pode ser trabalhado, o metal deverá de novo ser aquecido, sem o que, não só se perde tempo, mas também se corre o risco de o estragar. Sòmente, para alisar superfícies planas que devam ficar em bruto se poderá prolongar por algum tempo a martelagem naquelas condições, mas dando pancadas muito leves e não trabalhando em caso nenhum o metal quando ele estiver completamente frio.

Encalcar

Consiste o *encalcar* em exercer um esforço de compressão no sentido da fibra numa barra ou varão de ferro ou aço, quando se pretende que este engrosse em certo lugar, embora com prejuízo do comprimento que, em virtude dessa operação, é reduzido.

Para encalcar, aquece-se o metal no lugar onde deve engrossar e fazem-se esfriar as partes que não devem mudar de forma, banhando-as em água fria. Se a peça é de pequenas dimensões, põe-se no cavalete um dos topos e malha-se sobre o outro na direcção do eixo. Se a peça é de dimensões e peso mais elevados, empunha-se por uma das extremidades e levantando-a o mais alto que os braços o consintam, bate-se violentamente com a outra extremidade no cavalete ou em um *tais* adrede colocado. Se a peça não ficou ainda com a grossura precisa, repete-se a mesma operação tantas vezes quantas forem necessárias.

Puxar

Puxar é o contrário de encalçar, isto é, a operação que tem por fim adelgaçar o metal em benefício do seu comprimento que é aumentado pela prática desta operação, ou, inversamente, é a operação que tem por fim alongar o metal com prejuízo da sua grossura que fica mais reduzida.

Para se puxar um varão de ferro ou de aço, deverá dar-se-lhe um calor no sítio conveniente e,

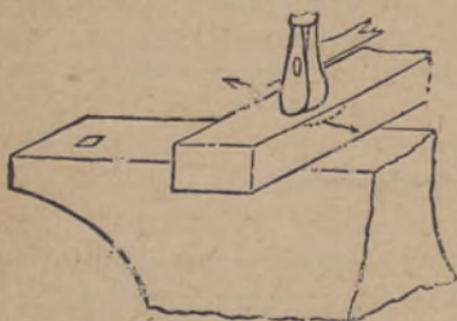


Fig. 55 — Degolador aplicado para puxar o ferro na direcção das setas

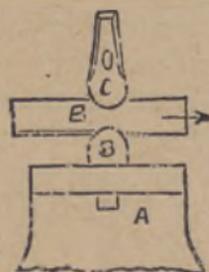


Fig. 56 — Degolador aplicado a puxar uma barra no sentido do comprimento.

colocando-o depois sobre a parte de maior diâmetro do chifre do cavalete, bate-se-lhe em cima só com o martelo ou com o martelo e o malho, conforme as dimensões, tendo o cuidado de dar um quarto de volta após cada pancada. O metal será assim puxado em quadrado até o lado deste ser igual ao diâmetro em que deve ficar o varão, depois do que se lhe dará a secção octogonal, para finalmente o meter em redondo.

Esta condição de puxar o ferro ou o aço em quadrado, seja qual for a forma final da sua secção, assim como o praticar aquela operação com o metal aquecido ao rubro branco, se for ferro, e à cor de

cereja clara, se for de aço, é essencial para o metal não abrir.

A ferramenta empregada para puxar o metal é o degolador, cujo efeito é alongar o metal numa direcção normal àquela em que é aplicada, conforme se vê na *fig. 55*.

Quando a espessura do metal a puxar é muito reduzida, puxa-se primeiro ao centro, deixando as

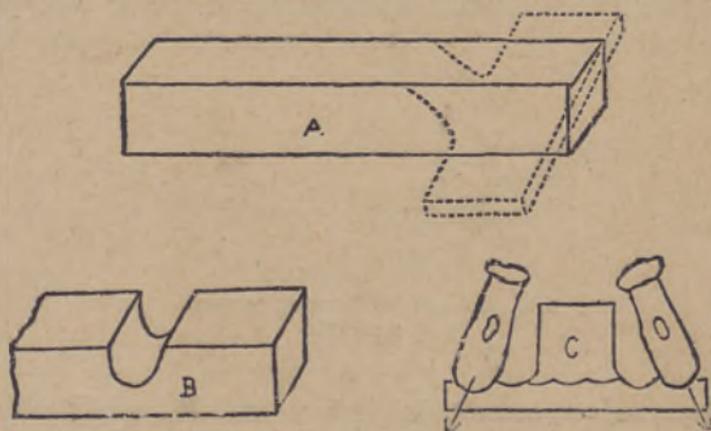


Fig. 57 — Exemplos da aplicação do degolador para puxar o metal

extremidades em toda a grossura até ao fim, com o que se evita que abra por esses sítios.

Quando se pretende puxar o ferro apenas no sentido do comprimento, mas ficando com a mesma largura, faz-se uso do degolador, applicando-o como se vê na *fig. 56*, em que *A* é o cavalete, *D* o degolador do cavalete, *C* o degolador e *B* a barra a puxar. A acção do degolador consiste em adelgaçar o metal abrindo-lhe um sulco curvo, ao mesmo tempo que o faz estender em direcção longitudinal com um efeito mínimo de extensão lateral.

Assim, se a uma barra com a forma indicada pelas linhas cheias, *A*, *fig. 57*, quisermos dar a forma indicada pelas linhas ponteadas, começaremos por

degolar a barra como se vê em *B*, e depois aplicando o degolador como em *C*, inclinando na direcção em que pretendemos puxar o metal, vai-se malhando nele até se atingir pròximamente a forma desejada.

Se se pretende puxar apenas o extremo de uma barra, nesse caso coloca-se esta sobre o canto do cavalete e, se a parte puxada deve ficar a um lado, malha-se directamente nele como em *A*, *fig. 58*; se tem que ficar a meia grossura, coloca-se por cima

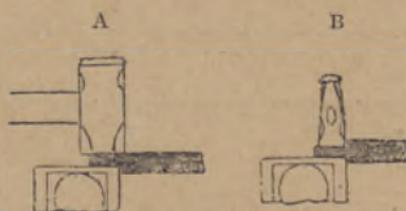


Fig. 58 — Outras formas de puxar o metal

o assentador quadrado como em *B*, malhando-se neste. Deve notar-se que em virtude destas operações o ferro aumenta de dimensões no sentido da largura, sendo necessário virá-lo e dar-lhe algumas pancadas para o fazer voltar à largura primitiva.

Curvas

Para curvar o metal pode usar-se qualquer dos seguintes processos:

1.º Coloca-se o metal bem quente no cavalete e bate-se sobre a parte que fica de fora até atingir a curva ou ângulo desejado.

2.º Aperta-se a obra entre as bocas de um torno de bancada ou de ferreiro e bate-se-lhe no extremo livre até se conseguir o mesmo resultado.

3.º Sobre um plano *P*, *fig. 59*, traçam-se as cur-

vas que se deseja obter, tanto da parte côncava como da convexa, de forma a ficarem tangentes ao maior número possível de furos do plano, os quais no nosso caso são respectivamente os furos 1, 5 e 4 do lado convexo e 2 e 3 do lado côncavo. Dispõe-se ao alcance da mão um certo número de cavilhas formadas por pedaços de ferro que entrem nos furos do plano com pouca folga e metem-se duas nos furos 1 e 2, entre as quais se introduz, depois de quente, a peça que pretende curvar na parte em que essa curva deve começar. Puxa-se

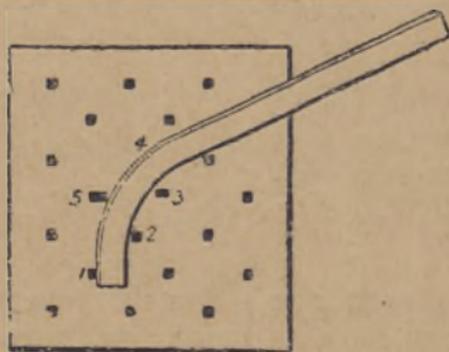


Fig. 59 — Curvar uma cantoneira sobre um plano

depois pelo extremo oposto, directamente ou empregando uma talha, até se poderem meter as cavilhas 3, 4 e 5, e assim sucessivamente se vai procedendo, tendo o cuidado de dar o número de calores precisos. Quando aconteça que um dos furos, como o número 5, não fique tangente à curva, mete-se na cavilha uma anilha, ou *bronze*, alto bastante e de diâmetro suficiente para se conseguir o resultado desejado.

É evidente que, curvando uma barra metálica, essa barra será puxada do lado convexo da curva e encalçada do lado côncavo, pelo que tal operação

deve fazer-se sempre com metal de dimensões um pouco superiores às que deve apresentar depois dela terminada.

Se o material empregado for de dimensões iguais às que deve ter o trabalho depois de concluído, será forçoso *engrossar* ou fazer um *castelo* como em *y*, *fig. 60*, no sítio da curva, sem o que faltaria metal para o canto ficar bem vivo e nítido, como se vê em *x*.

O metal curva-se sempre no sentido da fibra e a operação deve terminar por se lhe dar um calor ao

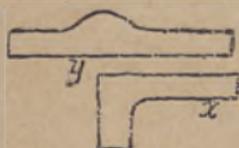


Fig. 60 — Curvar uma barra em ângulo recto.

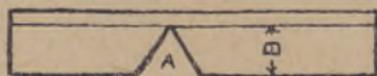


Fig. 61 — Curvar uma cantoneira em ângulo recto

máximo grau que o metal possa suportar, para a obra ficar sã, sem fendas ou outros defeitos no lugar em que foi virada.

Se for uma cantoneira que se pretende curvar para formar um ângulo recto, começa-se por cortar a uma das suas abas *B*, *fig. 61*, a parte *A*, de forma que a base do triângulo cortado seja igual a três quartas partes da largura *B* da cantoneira; fazem-se depois as *escarvas*, para caldear, como adiante veremos, e é só então que se vira a cantoneira.

É claro que o ângulo formado é tanto mais agudo quanto mais espessas forem as *escarvas* e que reduzindo a espessura da parte caldeada à espessura da cantoneira, o ângulo vai abrindo. Daqui se deduz haver toda a vantagem em que a espessura da parte a caldear seja o maior possível, porque se depois da calda e de se ter puxado o metal até ao ângulo

desejado, se verificar que nesse lugar há grossura a mais, fàcilmente se corta o metal excedente, enquanto que se a espessura estivesse aí mais reduzida nada se poderia remediar.

Querendo fazer um aro de cantoneira, com a aba vertical no interior do círculo, como na *fig. 62*, deve-se escolher cantoneira que tenha uma das abas

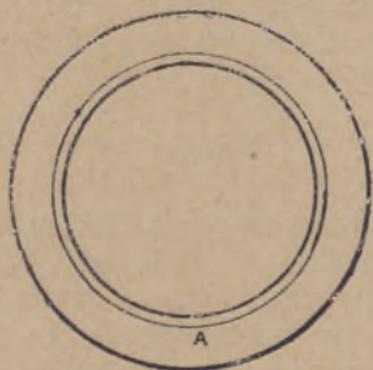


Fig. 62 — Curvar uma cantoneira em forma de aro

mais grossa que a outra, porque sendo a aba mais grossa, *A*, puxada para dar a curva, ficará depois do trabalho concluído com uma espessura aproximadamente igual à da outra aba, e não mais delgada como ficaria se ambas tivessem iguais dimensões.

Cortar

Esta operação pode executar-se a frio com o corta-frio, ou a quente com a talhadeira ou goiva, batendo-se sobre estas ferramentas depois de se lhes colocar o corte sobre o metal assente na parte plana do cavalete.

A ferramenta deve levantar-se levemente depois de cada pancada, não só para que não se enterre

pelo metal como também para se poder corrigir a direcção do golpe.

Cortando o metal a quente, deve-se, de vez em quando, molhar a talhadeira, para evitar que ela perca a têmpera.

Se o corte tem que atravessar completamente a peça a trabalhar, quando está próximo do fim, interpõe-se entre o cavalete e o trabalho um pedaço de chapa macia, para que o corte da ferramenta não vá embotar-se ou partir-se de encontro à praça do cavalete.

Furar

Executa-se esta operação a frio ou a quente, conforme as dimensões do material e do furo, colocando o metal a furar sobre o cavalete, por forma que o eixo do furo que pretendemos abrir coincida com o eixo do furo do cavalete ou da alfeça e applicando em cima um punção sobre o qual se dão as pancadas precisas.

Para que o metal não fenda há toda a vantagem em que o punção seja pouco cónico, devendo começar-se sempre por um punção redondo e delgado e ir alargando sucessivamente o furo com outros punções mais grossos, até se chegar ao que tenha o diâmetro desejado para o furo, ou até se lhe poder meter uma rompedeira com a secção igual à que desejamos dar ao furo.

Quando se empregam punções de diâmetro superior ao do furo do cavalete, coloca-se sobre este uma *alfeça*, sobre a qual se apoia o metal a furar.

A primeira pancada dada sobre o punção deve ser suave e apenas o bastante para marcar o lugar do furo, corrigindo-se depois a posição se for preciso. Antes de se meter um punção deita-se uma pequena quantidade de carvão no lugar onde se está abrindo o furo e sobre ele é que se applica essa fer-

ramenta, dando-lhe pancadas fortes e rápidas. A interposição do carvão tem por fim evitar até certo ponto que o punção se prenda no furo, em virtude do desenvolvimento de gases resultantes da combustão do carvão. Ainda com o mesmo fim deve o ferreiro dar um pequeno movimento de rotação ao punção entre cada duas pancadas e, para evitar que ele se destempe, deverá molhá-lo com pequenos intervalos.

O furo deve ser dado metade de cada lado, a não ser que o metal tenha pequena espessura, pois nesse caso pode furar-se de lado a lado.

Quando um punção estiver preso no furo bastam em geral algumas pancadas de lado para o fazer sair, mas caso não se consiga soltá-lo por esse processo, introduz-se outro punção pelo lado oposto.

Quando em consequência de se estar furando o metal, este engrossa para os lados, bate-se na parte engrossada, conservando o punção no furo, até se reduzir essa grossura às dimensões desejadas.

Se pretendermos fender uma barra em certa extensão, começa-se por fazer um furo a punção em cada extremo da fenda, abrindo depois a parte compreendida entre eles com a talhadeira.

Acabamento do trabalho

Depois de obtida a forma final que a peça deve ter, para lhe dar melhor aparência o ferreiro alisa-lhe as superfícies planas por meio do *alisador* (*flauta*) como em *A* ou do assentador¹ *F*, como

¹ A forma do assentador varia com a posição relativa da superfície a alisar.

em *B*, *fig. 63*, e as superfícies curvas com o degolador *C* ou moldes e contramoldes *D*.

A ferramenta é aplicada conforme se vê na figura, dando-se depois sobre ela as precisas pancadas de malho até se obter o resultado desejado.

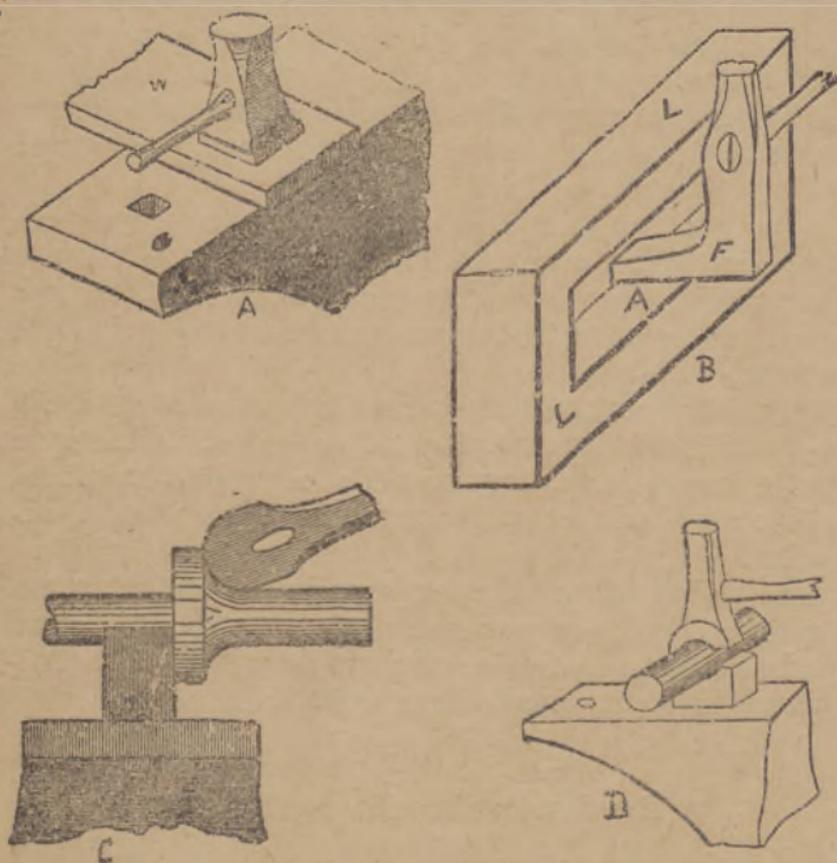


Fig. 63 — *A*, alisador — *B*, assentador — *C*, degolador — *D*, molde

Quando o material empregado é o ferro, conclui-se muitas vezes o trabalho batendo nele a quente com malhos ou martelos, aos quais se molha a pancada de vez em quando, ou então molhando com o estopeiro o cavalete e apoiando o ferro sobre

a parte molhada. Isto tem por fim tornar as superfícies mais lisas e densas em virtude de a decomposição da água a tão alta temperatura fazer com que do metal se separem as carepas e escórias adherentes à superfície a alisar.

Caldear

Assim se denomina a série de operações que é necessário executar para ligar entre si, como se fossem uma só peça, dois pedaços de ferro, de aço ou um de ferro e outro de aço.

Essas operações no seu conjunto consistem no seguinte: *aquecer as partes a ligar a uma temperatura tal que elas se tornem bastante plásticas, para que, pela acção da martelagem, as moléculas de uma e outra parte por tal forma sejam comprimidas umas de encontro às outras, que a mesma força de coesão as ligue entre si formando um todo, como se cada uma das partes assim ligadas fosse o prolongamento da outra.*

A facilidade em caldear diminui, como já foi dito, quando aumenta a percentagem de carbone, assim como a temperatura a que essa operação se deve efectuar deve ser tanto mais baixa quanto mais elevada for a proporção daquela substância.

Conquanto neste ponto de vista as opiniões diverjam muito, consideram-se como sendo causas que influem para prejudicar ou impedir a calda a interposição de substâncias estranhas e a falta ou o excesso de calor.

Da interposição de substâncias estranhas claramente se vê que resulta o impedimento mecânico do contacto entre as moléculas e portanto a calda falha.

Já dissemos que para caldear era indispensável achar-se o metal num certo grau de plasticidade ou mobilidade molecular que favoreça a adaptação me-



cânica das superfícies a ligar, o que só se consegue aquecendo-o fortemente. É portanto evidente que se o grau de calor não for suficientemente intenso para aquela condição poder ser satisfeita, a calda falhará, por falta de contacto, resultante da pouca mobilidade molecular.

Se pelo contrário o calor for em excesso, a atmosfera da forja tornar-se-á altamente oxidante, o metal queimar-se-á e a calda falhará por falta de contacto, consequência da excessiva oxidação.

Deve portanto o ferreiro estar habilitado a conhecer qual o grau de calor necessário para tornar o metal bastante plástico sem o oxidar, para que possa haver um contacto perfeito e a calda ficar sã.

Esse grau de calor varia com a composição e natureza do metal; na sua escolha reside a dificuldade em caldear e pela perfeição com que essa operação se executa pode aquilatar-se o merecimento do ferreiro.

Da martelagem do metal necessária para se obter a calda, resulta o seu adelgaçamento, no lugar onde ela foi executada, e deriva a necessidade de um encalque prévio para compensar essa diminuição de espessura.

Resumindo, diremos que, para caldear, o ferreiro tem que atender às seguintes considerações:

1.^a — Fazer com que as partes a caldear tenham grossura bastante para, depois de executada aquela operação, a peça não ficar defeituosa;

2.^a — Que as superfícies a ligar, tão grandes quanto possível, estejam limpas, não oxidadas e tenham a forma mais própria para favorecer a calda;

3.^a — Aquecer o metal até a sua temperatura atingir o grau mais próprio para a execução do trabalho que se pretende realizar, tendo todo o cuidado em que essa temperatura seja igual em toda a massa.

A calda mais frequente é a *calda de cunha*, cujo nome deriva da forma das *escarvas*, sendo assim denominadas as partes preparadas para se sobreporem.

Emprega-se sempre que não haja de atender ao alongamento das peças e executa-se da seguinte forma, *fig. 64*: Aquece-se ao rubro branco cada uma das partes *A* a caldear e encalca-se-lhe o topo

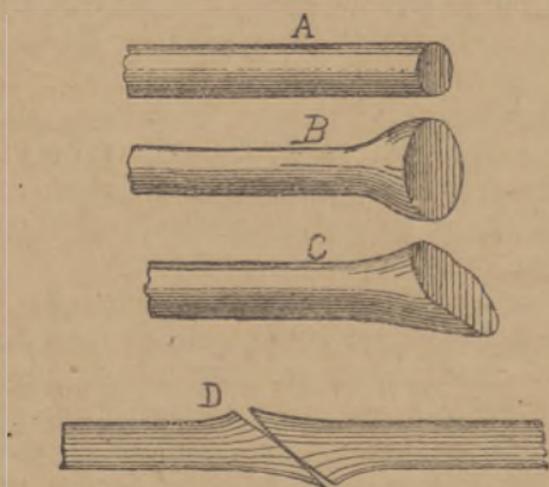


Fig. 64 — Preparação das escarvas para a calda de cunha

como em *B*. Em seguida, só a martelo ou com o auxílio do degolador, puxa-se a escarva em forma de cunha como em *C*, com um comprimento próximo a três vezes o diâmetro ou lado de *A*. As superfícies das escarvas devem ser convexas, para que, ao serem sobrepostas como em *D*, fique o ponto de contacto ao centro das superfícies e assim pela acção da martelagem a ligação se vá fazendo do centro para a periferia, expulsando o ar e quaisquer outras substâncias estranhas, evitando assim que elas fiquem dentro da calda, diminuindo-lhes a solidez.

Prontas as escarvas prepara-se o fogo, tirando as escórias e algum carvão verde, e metem-se à forja as peças a ligar, ambas na mesma forja ou uma em cada, conforme as suas dimensões. Aquecem-se então, tendo todo o cuidado em que o jacto de ar vindo pelo algaraviz não incida nelas, para não as esfriar nem oxidar, e vão-se voltando para aquecerem por igual, procedendo por forma que as escarvas não assentem sobre o carvão, para se conservarem perfeitamente limpas. Quando o ferro está quase a caldear lança-se-lhe por cima alguma areia branca que funde sobre a parte aquecida, cobrindo-a de uma camada isoladora que impede a oxidação, ao mesmo tempo que, refrescando algum tanto a periferia, dá tempo a que na parte interna a temperatura se eleve, tornando-se mais uniforme em toda a massa.

Para deitar a areia sobre as escarvas não se deve retirar o metal do fogo, para que ele se não oxide ou fenda ao contacto do ar. Activa-se mais a combustão e, estando o metal à temperatura própria, isto é, a caldear, retiram-se ambas as partes da forja, sem tocarem no carvão para não se sujarem, dá-se-lhes um movimento forte, para se desagregar qualquer substância estranha que venha agarrada, e coloca-se uma das peças na praça do cavalete, que deve estar bem limpo, por forma que o chanfro da escarva fique para cima; sobre esta peça põe-se a outra com a escarva voltada para baixo, sendo vantajosa, embora pouco usada, a limpeza das escarvas com uma escova de arame que lhes arranca qualquer impureza, procedendo a todas estas operações com a máxima rapidez, para evitar o arrefecimento do metal e a sua oxidação, que rapidamente se produz ao contacto do ar.

Estando sobrepostas as escarvas começa o trabalho de martelagem, que se faz, conforme as dimensões, só a martelo, a martelo e malho ou a mar-

telo-pilão a vapor ou mecânico, mas tendo em atenção que as primeiras pancadas deverão ser muito leves e rápidas, para que as escarvas não escorreguem uma sobre a outra, aumentando regular e gradualmente a força das pancadas à proporção que a calda vai pegando; em se reconhecendo que a calda *pegou*, vai-se voltando sobre o cavalete e martelando em todas as direcções, por forma a ficar bem unida sem a menor solução de continuidade.

Se o metal esfriar antes de estar a calda completa ou se reconhecer que ela não está perfeita, leva-se outra vez à forja e dá-se-lhe outro calor a caldear ou, como dizem os ferreiros, dá-se-lhe uma *lambugem*, dando-lhe um encalque dentro da forja, batendo nos topos sempre que seja possível, depois do que sofre novamente o trabalho de martelagem, recebendo finalmente a forma desejada.

É preciso cuidado em não voltar as peças a ligar antes de a calda ter pegado bem, pois disso pode resultar a separação das escarvas.

Calda de boca-de-lobo. — Emprega-se quando as peças a caldear não podem ser muito alongadas.

Uma das partes é enalcada como se vê em *m*, *fig. 65*, abrindo-se-lhe no topo uma fenda de secção triangular, chamada *boca-de-lobo*. A outra parte *n* é puxada em forma de cunha que se adapta perfeitamente à boca-de-lobo, fazendo-se-lhe nas faces alguns entalhes com a talhadeira, para melhor se segurar na boca-de-lobo, como veremos. Deixa-se esfriar depois a parte puxada em forma de cunha, conservando-a bem limpa, e aquece-se ao rubro branco a parte aberta em boca-de-lobo, que é bem limpa com uma lima, depois do que se ajustam as escarvas, apertando uma de encontro à outra e dando-lhe as precisas pancadas de martelo, o que faz com que as faces fiquem bem unidas e presas,

por ter o metal penetrado nos entalhes abertos na cunha.

Cobrem-se as escarvas com argila e areia que as protegem da acção directa do fogo, à qual são então submetidas, e aquecem-se a caldear, tendo o cuidado de deitar de tempos a tempos sobre o metal mais alguns punhados de areia seca que o isolam do contacto do fogo e permitem que o calor se transmita mais uniformemente em toda a massa.

É conveniente conservar o fogo um pouco afastado para ambos os lados do metal.

Atingido o desejado grau de calor, mesmo à forja se batem nos topos algumas pancadas que fazem



Fig. 65 — Calda de boca-de-lobo

com que a cunha penetre bem fundo na boca-de-lobo e a ela se ligue, depois do que começa o trabalho de martelagem sobre o cavalete em torno das escarvas até ao acabamento de calda.

Sendo necessário, dá-se outra calda mais ligeira e completa-se o trabalho a martelo, ou a molde.

Calda a topo. — Esta calda é difícil de executar e por isso só em casos especiais se emprega, como, por exemplo, ligar uma haste a uma superfície plana; mas é preferível escolher ferro que dê para ser puxado e trabalhado por forma a dar o feitio desejado, do que tentar esta calda, sempre de difícil execução e de pouca confiança, como todo o trabalho no qual as fibras das peças a ligar ficam perpendiculares em relação umas às outras.

Para a execução desta calda, *fig. 66*, começa-se

por encalçar o topo da peça *a*, fazendo-lhe uma escarva, como se vê na figura. Encalca-se também a outra parte, *b*, fazendo-se-lhe a respectiva escarva em forma de gola e em seguida aquecem-se e cal-

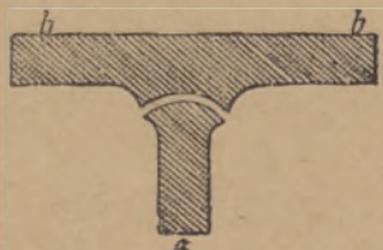


Fig. 66 — Calda a topo

deiam-se pelo processo ordinário, tendo cuidado em bater no topo da peça *a*, e só depois de ligadas ambas as peças se poderão deitar no cavalete para bater de lado.

Calda de chanfrão. — Esta calda emprega-se geralmente para ligar os extremos de uma peça forjada cujas formas e dimensões não podem sofrer

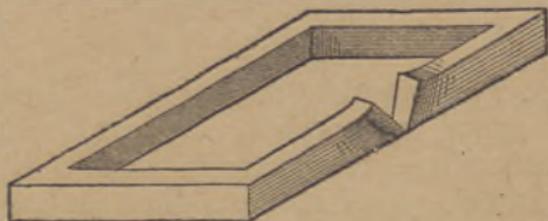


Fig. 67 — Calda de chanfrão

alteração, ou para consertos de peças que abriram ou fenderam e que portanto, depois de caldeadas, devem conservar rigorosamente a forma primitiva.

Vejam os como se procede para dar esta calda, que se assemelha um pouco à calda de boca-de-lobo.

Suponhamos o primeiro caso; isto é, que forjamos o quadro da *fig. 67*, o qual, depois de caldeado, deve conservar rigorosamente a forma que apresenta.

Começaremos por forma análoga à representada em *A*, *fig. 68*, fixando, por meio de chapas e parafusos com porca, os dois ramos soltos de maneira tal que as suas posições relativas não possam ser

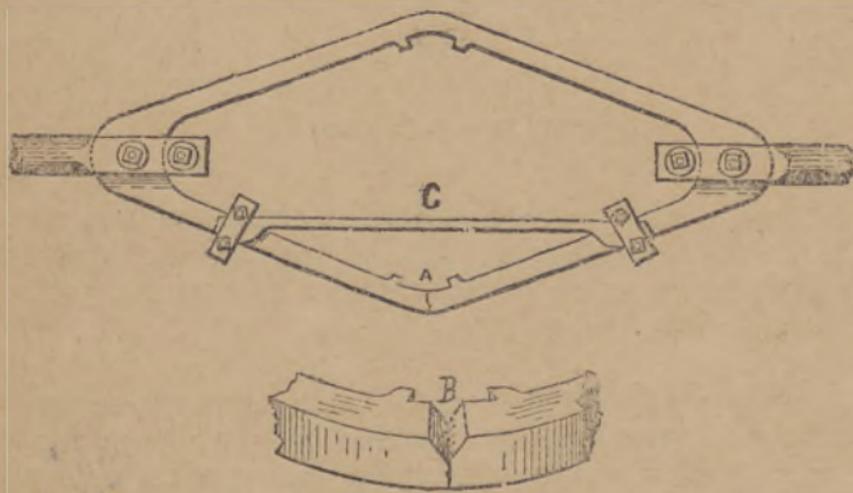


Fig. 68 — Calda de chanfrão

alteradas. Em seguida mete-se a talhadeira ou corta-frio entre os topos a caldear, previamente levados ao rubro, completando depois o trabalho com um molde próprio, para ficar entre eles um chanfro ou escarva em forma de V, com os bordos mais grossos do que o resto do metal.

Forja-se depois um pedaço de ferro em forma de cunha, denominado *chanfrão*, que se adapta perfeitamente à escarva aberta entre os topos, caldeando-se como a calda de cunha.

Suponhamos agora o caso da *fig. 68*, em que o quadro *A* abriu e precisamos caldeá-lo. Começare-

mos por ligar as partes separadas, servindo-nos de um esteio e chapas *C*, com os respectivos parafusos. Em seguida, admitindo que o ferro tem grande espessura, abre-se-lhe uma escarva até meia grossura, como se vê em *B*, caldeando-se depois com um *chanfrão* como no caso precedente. Abre-se depois outra escarva semelhante do lado oposto e caldeia-se de novo, restando aperfeiçoar e cortar o metal excedente.

Calda embaraçada.—Emprega-se quando não se tem ferro das dimensões que se pretende e faz-se de diversas maneiras: ou se caldeiam dois pedaços

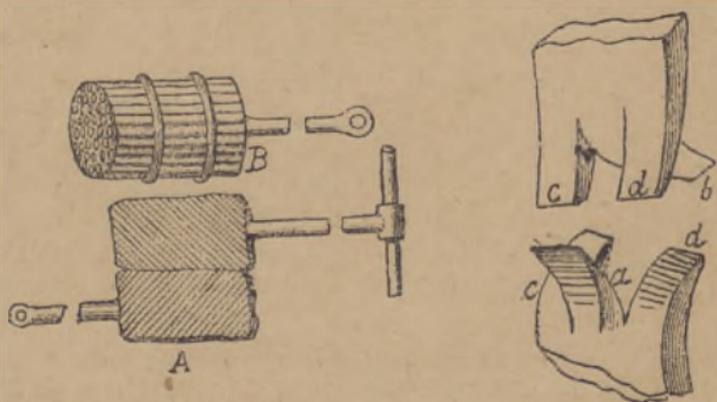


Fig. 69 — Caldas embaraçadas ou trochadas

de ferro sobrepondo-os, como em *A*, fig. 69, ou se dobra sobre si mesmo várias vezes um pedaço de ferro até se atingirem as dimensões desejadas, caldeando-o em seguida, ou ainda, como em *B*, se cortam vários pedaços de ferro que se juntam e ligam entre si e a uma presa por meio de aros de ferro, caldeando tudo em seguida. Esta calda é conhecida também por calda de *trochada*.

A calda embaraçada também se emprega em outros casos, como, por exemplo, tendo a calda grande

extensão, fazendo então escarvas em forma de dentes como em *C* e apertando-as umas de encontro às outras com os dentes cruzados e caldeando em seguida.

Caldear uma anilha. — A uma barra ou vergalhão, conforme as circunstâncias, chanfra-se um dos topos *B* em forma de bisel, *fig. 70*, não muito prolongado e levemente encaçado. Curva-se depois o ferro no chifre do cavalete ou em torno de uma suécia,

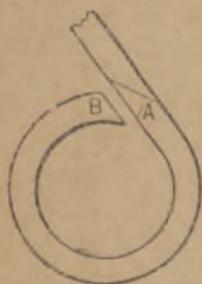


Fig. 70 — Calda de uma anilha

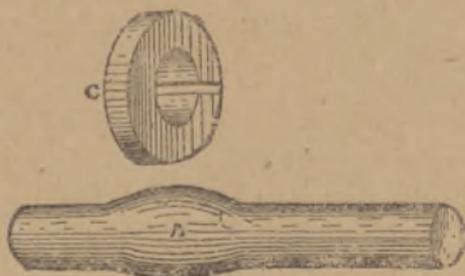


Fig. 71 — Calda de uma mordente

e o outro topo *A* corta-se também em bisel, como se vê na figura. Leva-se em seguida à forja a aquecer e caldeia-se como a calda de cunha, mas sobre o chifre do cavalete.

Caldear uma mordente. — Forja-se uma anilha de barra *C*, *fig. 71*, de espessura proporcional à espessura da mordente, cortando-se os topos a direito.

Metem-se esta anilha no lugar onde há-de ficar a mordente e que previamente foi encaçada como em *A*. Para proceder a esta operação o varão há-de estar bem quente ao rubro branco e a anilha *C* quase fria, para que as superfícies que devem estar bem limpas fiquem em perfeito contacto. Levam-se depois ao calor e, em virtude da dilatação de *A*,

melhor esta parte se ajusta à anilha. Obtido o grau de calor desejado caldeia-se seguindo as prescrições usuais para esta operação, martelando sobre a anilha posta em cima do cavalete, sobre o qual vai sendo virada à proporção que a calda vai pegando. Termina-se o trabalho alisando e calibrando o varão e as faces da mordente.

Quando se está aquecendo a mordente para a caldear, deve ter-se em vista que esta tende a aquecer mais rapidamente do que a haste à qual vai ser caldeada, devendo portanto o aquecimento ser dirigido por forma que esse facto não se dê, para a mordente não se queimar, falhando a calda.

Para dissimular as falhas de metal, quer elas sejam consequência de uma calda defeituosa quer de falha ou fenda aberta no metal, *mete-se uma cunha* ou *chanfrão*, o que se executa da seguinte maneira:

Começa-se por se abrir mais a fenda, introduzindo-lhe a talhadeira por forma à ficarem as superfícies bem nítidas e limpas, forja-se depois uma cunha que se introduz na fenda assim aberta de modo que essa cunha seja metida no sentido da fibra e nunca em sentido contrário. Leva-se depois a peça à forja, dá-se-lhe um calor a caldear e completa-se finalmente a calda martelando-a sobre o cavalete.

Forjamento do aço

Em todas as operações de forja que descrevemos referimo-nos apenas ao ferro, visto o forjamento do aço exigir cuidados e processos especiais, em consequência das propriedades deste metal.

O aço natural, pudlado, e os aços macios podem ser trabalhados à forja exactamente como o ferro; os bons aços naturais, embora caldeiem facilmente entre si ou com o ferro, devem todavia ser submetidos a um grau de calor menos intenso do que

aquele a que é submetido o ferro, para o aço não ficar queimado.

O aço de cementação exige calores ainda mais moderados e tanto o aquecimento como a martelagem, quando se pretender caldeá-lo, devem ser muito cuidados, sendo cada calor sucessivo menos intenso do que o precedente e as pancadas de martelo suaves e espaçadas a princípio para se seguirem com mais força e vivacidade conforme a operação vai prosseguindo.

O aço fundido exige ainda mais cuidados e precauções, sendo necessária muita experiência e grande habilidade para dele se poder tirar todo o proveito que das suas qualidades se pode esperar.

É conveniente, antes de começar qualquer trabalho de forja com aço fundido, proceder a uma experiência prévia, aquecendo uma das suas extremidades, para se reconhecer o limite máximo do calor que sem perigo ele pode suportar e assim se poder com a maior confiança prosseguir no andamento do trabalho, tendo todavia presente como regra geral que o aço deve ser forjado à menor temperatura possível, mas sem que haja perda de tempo ou de trabalho, para reduzir quanto possível o número de calores.

Os processos de encalçar, puxar, curvar, furar, etc., são em tudo semelhantes aos empregados para idênticos trabalhos no ferro.

Calda do aço.—Para caldear duas barras de aço, começa-se, como para o ferro, por preparar as escarvas em cunha pouco extensa, limando as faces a sobrepor para melhor assegurar a sua limpeza.

Cobrem-se em seguida as escarvas com tincal¹

¹ O emprego do tincal tem por fim evitar a oxidação, aproveitando a propriedade que esta substância tem de ser muito ávida de oxigênio quando a alta temperatura.

(*bórax, borato de soda*), *placas Laffitte* ou alguma das composições adiante indicadas, depois do que se sobrepõem as escarvas, apertando-as uma de encontro à outra entre as bocas de uma tenaz, e assim se levam e conservam à forja, previamente bem preparada e limpa.

Começa então o aquecimento do metal, que a princípio deverá ser conduzido vagarosamente, para sucessivamente se ir aumentando a intensidade do fogo, polvilhando de vez em quando a parte aquecida com a substância que se interpõe entre as escarvas, ou simplesmente com tincal.

Quando o calor atingir o grau conveniente para a calda, ou seja a cor de cereja clara, leva-se a peça para o cavalete, que deve estar coberto de uma pequena camada de tincal, e começa a operação de martelagem, a princípio com pancadas leves e espaçadas, para sucessivamente irem aumentando de intensidade e rapidez à proporção que o metal vai arrefecendo.

Para maior certeza no resultado da calda, repete-se em geral esta operação.

Para caldear o ferro com aço, ou seja *calçar o ferro de aço*, praticam-se as caldas de cunha de boca-de-lobo ou a calda a topo, conforme a ferramenta a manufacturar é destinada a corte ou a percussão.

No primeiro caso, *fig. 72*, para a calda de boca-de-lobo abre-se o topo de ferro em boca-de-lobo e forja-se depois uma cunha de aço de dimensões apropriadas para bem se adaptar à boca-de-lobo, abrindo nas faces da cunha que têm de ficar em contacto com as do ferro, pequenas covas e garras com o auxílio de uma talhadeira ou escopro.

Preparada assim a cunha e bem limpas as superfícies, aquece-se o ferro ao rubro e adapta-se a cunha no seu lugar, martelando sobre o ferro, para que as superfícies fiquem bem em contacto e o

metal entre pelas fendas e garras, segurando bem a cunha.

Volta o trabalho outra vez à forja, cuja combustão se activa muito, para o calor ser mais intenso exteriormente, ou seja no ferro, do que interiormente, isto é, no aço; e chegado o ferro ao rubro branco, novamente se leva a peça ao cavalete, onde é martelada, para as superfícies se comprimirem e ajustarem o mais completamente possível umas de encontro às outras.

Pratica-se em seguida a calda, cobrindo as partes a ligar com qualquer das substâncias citadas e seguindo em tudo as prescrições atrás indicadas.



Fig. 72 — Preparação das escarvas para calçar de aço um pedaço de ferro

É evidente que puxando uma peça de ferro assim preparada esta apresentará sempre do lado do corte o aço de que foi calçada.

Assim se preparam formões de carpinteiro, navalhas, cutelos, machados, etc.

Para a ferramenta de percussão, como sejam cavaletes, bigornas, tais, malhos, martelos, etc., calçam-se de aço, caldeando-lhes a topo, no lugar da praça ou pancada, um pedaço de aço, seguindo os processos já indicados para este tipo de caldas, não esquecendo de cobrir as partes a caldear com o tincal ou qualquer substância para esse fim indicada e de fazer na parte de aço algumas covas e garras, *fig. 73*, para ambas as partes ligarem melhor.

Para caldear o aço com o ferro é preciso não es-

quecer que não é necessário o aquecimento do ferro até ao mesmo grau de calor que se precisa para caldear ferro com ferro. De facto se fosse necessário atingir aquele grau de calor, como na maior parte



Fig. 73 — Calçar de aço com calda a topo.

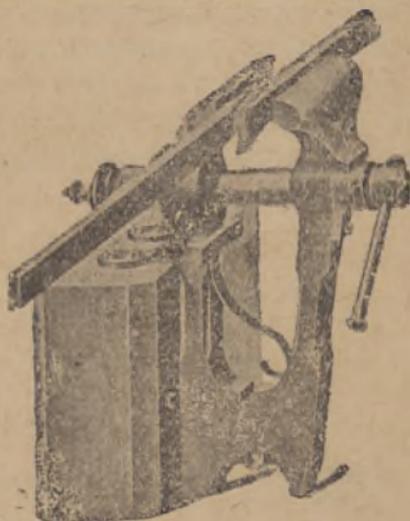


Fig. 74 — Caldear por compressão nas bocas de um torno

dos casos ambos os metais têm de ser aquecidos em comum, o aço queimava-se e a calda não poderia realizar-se.

Como dissemos, para auxiliar a calda do aço empregam-se, além do tincal, vários preparados, entre os quais a *placa Laffitte* deve ser citada como de emprego mais geral e de resultados mais seguros.

A *placa Laffitte* encontra-se preparada no mercado e é formada por uma tela metálica coberta de uma pasta na qual entram como elementos principais o tincal e a limalha de ferro.

O modo de empregar a *placa Laffitte* é o seguinte:

Preparam-se as escarvas pelos processos vulgares, mas fazendo umas garras de forma que depois

de sobrepostas fiquem bem seguras as duas partes e o pedaço de *placa Laffitte* que entre elas se interpõe. Executam-se depois o aquecimento e a martelagem seguindo os métodos já enunciados, podendo também, se a forma das peças o permitir, em vez de actuar por martelagem, actuar por compressão, apertando as peças a ligar entre as bocas de um torno, como se vê na *fig. 74*.

Algumas das outras composições mais empregadas para auxiliar a calda do aço são:

A

Areia branca fina ou grés	250 gr.
Carbonato de amoníaco	50 »
Prussiato amarelo de potassa	10 »

B

Bórax calcinado	50 gr.
Ácido bórico	25 »
Limalha de ferro	25 »

C

Areia branca muito fina	250 gr.
Bórax calcinado	50 »
Cloreto de cálcio	25 »
Sal marinho calcinado	10 »

Estas três composições, das quais a melhor é sem dúvida a *B*, preparam-se pulverizando as substâncias que as compõem e misturando-as em seguida.

D

Bórax	50 partes
Vidro moído	50 »

E

Bórax	90 partes
Sal amoníaco	10 »

F

Caparrosa verde	2 partes
Sal marinho	4 »
Areia branca fina	64 »

As composições *D*, *E* e *F* preparam-se pulverizando e misturando os ingredientes que as compõem, e fundindo-os num cadinho juntamente com algum álcool. Quando a fusão está completa, despeja-se o conteúdo do cadinho sobre uma chapa de ferro, onde se deixa esfriar a mistura, pulverizando-a em seguida.

G

Bórax	61 partes
Sal amoníaco	17,25 »
Prussiato amarelo de potassa	16,75 »
Breu louro	5 »

Pulverizam-se estas substâncias e fundem-se as duas primeiras, num cadinho de porcelana em lume brando, adicionando a pouco e pouco alguma água e prosseguindo a operação até desaparecer o cheiro característico do amoníaco. Quando a operação chega a esse ponto adicionam-se as outras duas substâncias previamente bem misturadas, conservando tudo ao fogo até se obter uma massa muito consistente, que se espalha numa chapa de ferro, sobre a qual se deixa secar a um lume muito brando. Pulveriza-se depois de seca e guarda-se em vaso fechado.

Têmpera e recozimento do aço

Quando no capítulo I tratámos do aço, dissemos que uma das suas propriedades características era o adquirir *têmpera*.

A *têmpera*, que se executa provocando no aço previamente aquecido um resfriamento súbito, tem

por fim, segundo a natureza do aço e os processos empregados para se obter o seu resfriamento, o seguinte:

1.º — Aumentar-lhe a dureza (o que se aproveita nas ferramentas, etc.);

2.º — Torná-lo mais elástico (é o caso das molas);

3.º — Aumentar-lhe a resistência e torná-lo bem uniforme (o que é necessário nas peças de artilharia, chapas ou couraça, etc.).

A operação contrária de temperar, ou antes a que tem por fim fazer desaparecer a têmpera, chama-se *recozimento*.

Revenir é a operação que se executa não para fazer perder completamente a têmpera, mas tão-sòmente para a modificar em conformidade com o grau de dureza e de elasticidade que melhor satisfazem ao artefacto em que essa operação se exerce.

Em virtude da têmpera o aço torna-se mais duro, mais frágil, mais volumoso e menos denso, adquirindo uma nova estrutura molecular, visto que, em vez do aspecto granulado do aço não temperado, o aço passa a mostrar um granulado muito mais fino e argentino.

Entre as causas que influem no maior ou menor grau de dureza do aço, depois de temperado, deve considerar-se como de importância capital a proporção em que várias substâncias entram na sua composição química; em segundo lugar a temperatura a que o metal é aquecido para ser temperado, e, finalmente, a natureza do banho refrigerante empregado.

Assim, quanto maior for a percentagem de carbone, mais rija será a têmpera; se for muito elevada a percentagem de manganés, o aço adquirirá ainda mais dureza do que no primeiro caso; se em lugar de qualquer destas substâncias for preponderante e elevada a percentagem do crómio ou tungs-

ténio, a têmpera será ainda mais rija; o tungsténio em determinada proporção torna o aço temperado por tal forma duro que com ele se pode cortar o aço temperado. Pelo contrário a presença do fósforo e do silício traduzem-se por uma têmpera tanto mais macia quanto mais elevada for a percentagem daquelas substâncias.

A influência da temperatura a que o metal é aquecido para ser temperado manifesta-se no facto de ser a têmpera mais dura à proporção que aquela temperatura é mais elevada, ou antes, quanto mais sensível for a diferença entre as temperaturas do aço quando aquecido e a resultante da imersão no banho refrigerante.

Como regra geral, deve admitir-se que qualquer meio refrigerante serve para a têmpera do aço, contanto que se produza a reacção, mas a sua escolha influi na têmpera e por isso se empregam várias substâncias adequadas ao resultado que se pretende obter.

A têmpera em água doce e fria é a mais vulgar, sendo preferível a água de fonte, muito clara e pura, visto as outras não darem resultados tão bons. Assim vê-se que empregando a água pantanosa, carregada de sais calcários, ou água de sabão, a têmpera ficará macia; que a água salgada tornará a têmpera mais rija do que a água doce e a água fria a têmpera mais rija do que a água quente. Os óleos, e outras substâncias gordurosas, como o sebo, etc., provocando um arrefecimento menos súbito, trazem como consequência uma têmpera mais branda e por isso quando o objecto a temperar é muito delicado, deve ser temperado nalguma dessas substâncias. Emprega-se até com certa frequência um processo misto, cobrindo a água em que se vai temperar com uma camada de sebo, gordura, óleo de linhaça ou azeite, cujo efeito é produzir um arrefecimento menos súbito e portanto garantir me-

lhor o aço da ruptura que se pode seguir a um arrefecimento muito rápido, principalmente se o objecto a temperar é delicado ou tem formas complicadas.

Ainda com o mesmo fim, para a têmpera de objectos muito pequenos, como, por exemplo, as ferramentas de relojoeiro, o agitar no ar o aço depois de aquecido é bastante para se conseguir uma têmpera apreciável.

A têmpera em banho de mercúrio é ainda mais rija do que qualquer das têmperas nos banhos anteriormente indicados.

Processos de têmpera.— Sendo consequência da têmpera o metal ficar muito duro, é evidente que se lhe deve dar a forma final antes de aquella operação se praticar, salvo se a forma é tão simples que se pode obter à mó de esmeril, pois nesse caso é preferível temperar primeiro.

O processo mais vulgar de têmpera consiste em aquecer o aço à temperatura reconhecida como a mais própria e mergulhá-lo em água até ao seu completo arrefecimento, dando-lhe a *têmpera toda*. Em seguida é o metal revenido até ao grau de têmpera desejado.

Quando a têmpera não se estende a toda a massa do objecto a temperar, como, por exemplo, nos escopros, ferros do torno, etc., aquece-se só a parte a temperar e da parte aquecida só o corte, ou um pouco mais, se mergulha no banho refrigerante, ficando assim essa parte com a têmpera toda; mas como ao retirar do banho ainda a parte média está muito aquecida, o calor desta parte vai-se gradualmente propagando para a parte temperada, revenindo-a, até que, atingido o grau desejado, se mergulha completamente na água o objecto em questão até ao seu completo arrefecimento.

A gradação da têmpera reconhece-se pela cor

que o aço toma à superfície quando temperado, correspondendo à têmpera toda a cor branca. Limpando a superfície de um bocado de aço temperado com a têmpera toda e expondo-o à acção de um calor moderado, veremos aquella superfície ir passando por diversas colorações, a cada uma das quais corresponde um determinado grau de têmpera, sendo o branco, como já dissemos, a têmpera mais rija e o verde a têmpera mais macia. Estas cores e as temperaturas correspondentes vão indicadas na seguinte tabela:

Cor representativa do grau da têmpera	Temperatura correspondente
Amarelo palha	220°
» escuro	231°
Cor de ouro	233°
Roxo	255°
Violeta	265°
Azul claro	275°
» escuro	290°
Verde claro	300°

O processo mais vulgar para revenir consiste no seguinte: depois de temperado com a têmpera toda, o aço é muito bem limpo com areia, ou lixa, etc., para em seguida ser exposto à acção do calor sobre cinzas quentes, ou sobre uma chapa ao rubro, entre as bocas aquecidas duma tenaz ou ainda em um forno adequado; começam então a aparecer as cores pela ordem acima exposta à maneira que a temperatura se vai elevando, até que atingida a cor desejada (representativa de um determinado grau de têmpera) o objecto a revenir é retirado do fogo e rapidamente mergulhado em água fria.

Quando se pretende que o objecto a revenir fique com uma têmpera e cor uniformes, empregam-se os banhos metálicos, cuja temperatura de fusão é bem determinada, para que, sendo o calor uniforme em toda a massa, a têmpera também o seja e portanto a cor correspondente fique igual a toda a superfície.

Temperatura de aquecimento mais própria para a têmpera	Fim a que é destinado o objecto a temperar	Banhos metálicos		
		Composição		Temperatura de fusão
		Chumbo	Estanho	
210° a 225°	Navalhas de barba, lances e outros instrumentos cirúrgicos muito delicados	7	4	221°
230° a 235°	Cutelaria vulgar	7,5	4	232°
240° a 250°	Cutelaria fina	8	4	243°
250° a 260°	Ferramentas agrícolas e de jardinagem, escopros, buris e outras ferramentas para o corte de metais	14	4	254°
260° a 265°	Grandes facas, cutelos, machados e ferramentas para o corte de madeira..	19	4	265°
270° a 280°	Ferramentas de gravador, tesouras, facas de mesa e objectos muito elásticos	30	4	277°
285° a 290°	Espadas, molas de relógio e molas em espiral	48	4	288°
290° a 300°	Punhais, serras, verrumas, trados e machados grandes	50	4	293°

O emprego dos banhos metálicos tende a generalizar-se mais e mais, não só pela vantagem de se obter uma têmpera bem uniforme como também

por com o seu emprego se obter a têmpera mais própria, visto que este assunto está estudado por forma que se conhece o grau de temperatura mais próprio para se obter a têmpera de objectos de aço segundo o fim a que esses objectos são destinados.

Pela tabela antecedente se vê a composição de várias ligas metálicas cujas temperaturas de fusão são as mais próprias para determinados graus de têmpera.

Têmpera por compressão ou por martelagem.—

Aquecendo o aço ao rubro cereja, e submetendo-o seguidamente e até ao completo arrefecimento a um esforço de compressão de 10 a 30 quilogramas por milímetro quadrado de secção, o metal assim tratado adquirirá um grau de tenacidade e dureza consideráveis, ao mesmo tempo que o granulado da sua estrutura se torna quase tão fino como o resultante da acção da têmpera.

Todavia este processo de encruamento ou têmpera do aço não se tem tornado praticamente realizável senão nalgumas oficinas de fabricação de carris, etc.

Também da acção lenta, regular e uniforme das pancadas do martelo applicadas sobre o metal a frio resulta o encruamento ou têmpera do aço, por isso que embaraçando-se as fibras umas nas outras e ficando nessa posição em consequência do atrito molecular, o aço adquire um grau elevado de densidade, elasticidade, rigidez e dureza, muito semelhante ao obtido pelo têmpera em água fria.

Este processo é correntemente empregado, sobretudo na indústria de cutelaria, obtendo-se resultados de primeira ordem.

Vamos em seguida indicar a composição de diferentes banhos refrigerantes para a têmpera do aço,

todos recomendados por vários autores como sendo de efeitos sêguros.

Têmpera parcial de grandes peças para máquinas, cavaletes, tais, bigornas e suécias. — Envolve-se a peça a temperar em cinza e argila e leva-se ao forno ou à forja até atingir o grau de calor desejado. A operação de dar calor à peça em questão deve fazer-se com todas as precauções, para que a temperatura seja bem uniforme em toda a massa metálica. Tendo a peça adquirido o grau de calor conveniente, leva-se rapidamente para um lugar onde possa ficar debaixo de um jacto volumoso de água sob pressão, quer este caia de um depósito mais elevado quer seja obtido por meio de uma agulheta, mas com volume bastante para envolver completamente o objecto a temperar. Se junto à oficina há uma corrente de água, pode mergulhar-se nela a peça a temperar, obtendo-se os mesmos ou melhores resultados.

Têmpera de martelos, malhos, camartelos, macetas e outras ferramentas de percussão. — Procedese como no caso anterior, quando estas ferramentas são muito volumosas, bastando mergulhá-las em água salgada se são de dimensões reduzidas.

Têmpera das limas, rascadores e outras ferramentas semelhantes. — Para evitar o contacto com o ar, que traria como consequência queimar-se a picada, cobrem-se as limas com alguma das seguintes composições:

A

Ácido azótico	60 gr.
Sal marinho	300 »

Misturam-se estas substâncias num vaso de barro agitando-as durante algum tempo.

B

Serradura de madeira	1 parte
Hidroclorato de soda	1 parte
Sebo	1 »

Funde-se o sebo e misturam-se-lhe as outras substâncias.

Depois de seca a camada com que se cobriram as limas são estas aquecidas ao rubro num fogo de coque, ou, o que é preferível, num forno especial formado por tubos de ferro fundido ou de barro refractário, dispostos horizontalmente e cercados pelo carvão incandescente. Dentro destes tubos colocam-se as limas até que, adquirido o grau de calor suficiente, são retiradas e mergulhadas num banho à temperatura de 25 graus, formado pela mistura de 1.000 partes em peso de água com 5 de amido.

Têmpera das ferramentas de cortar metal. — A ferramenta do torneiro deve ser temperada pelos processos vulgares e ficar com a cor de palha mais ou menos escura conforme o metal a trabalhar.

Os machos, caçonetes e mandris cónicos. — Aquecem-se ao rubro e mergulham-se verticalmente em água fria que não contenha gordura e onde se deixam arrefecer completamente. Retirados da água mergulham-se imediatamente em óleo de linhaça muito quente e deixam-se nesse banho até o óleo arrefecer. Se o aço é de má qualidade e a têmpera fica macia, procede-se, como aliás em qualquer outro caso semelhante, empregando um banho de têmpera formado por qualquer das seguintes substâncias: água saturada de sal marinho, amoníaco ou mercúrio.

Brocas e punções para furar metais.—Aquecem-se e mergulham-se em seguida num banho de ácido nítrico, onde se deixam arrefecer. Aquecem-se novamente até uma temperatura entre 80 e 100° e mergulham-se num banho de óleo de linhaça que se põe ao fogo até se inflamar; retira-se então o objecto do óleo e mergulha-se novamente em água, onde se deixa arrefecer.

Fresas.—Se são furadas, começa-se por tapar o furo com um tampão metálico ou com barro refractário, depois do que a fresa deve ser aquecida progressiva e regularmente até ao rubro sombrio. Retira-se então do fogo, polvilha-se rapidamente com prussiato amarelo de potassa e mergulha-se em água de 30°. Retira-se da água, onde deve ter estado pouco tempo, e mergulha-se seguidamente em azeite à mesma temperatura, onde a peça se deve conservar em contínuo movimento até arrefecer de todo.

Têmpera para cunhos.—Em um forno aquecem-se os cunhos ao rubro, para a temperatura ser bem igual, depois polvilham-se rapidamente com uma mistura fundida e pulverizada das seguintes substâncias: tincal 500 gr., sal amoníaco 250 gr., prussiato amarelo de potassa 100 gr. e breu louro 60 gr. Renova-se o aquecimento ao rubro cereja e mergulham-se em seguida os cunhos em água fria até ao arrefecimento total.

Têmpera para parafusos, eixos e outras peças pequenas de relojoaria.—Funde-se prussiato amarelo de potassa num cadinho, no qual são também introduzidas as peças a temperar. Deixam-se aí estar até chegarem ao rubro, para então serem retiradas e mergulhadas em água fria.

Têmpera de ferramenta de picar as mós dos moinhos.—Fundem-se e fervem-se durante uma hora as seguintes substâncias:

Sebo de carneiro	500 partes
Prussiato amarelo de potassa	100 »
Sebo de vaca	500 »
Sola velha calcinada	100 »

Aquece-se a ferramenta a temperar ao rubro sombrio e mergulha-se nesta composição o corte da ferramenta até ao seu completo arrefecimento. Faz-se voltar novamente ao fogo, onde se leva outra vez ao rubro, para em seguida ser mergulhada em água com amido na proporção de 200:2.

Ou ainda poderemos empregar outro processo:

Fazem-se dissolver e aquecer as seguintes substâncias:

Água	20 litros
Prussiato	30 gr.
Sal comum	50 »
Sal amoníaco	15 »
Ácido sulfúrico	40 »
Ácido muriático	40 »
Alúmen	10 »

Aquece-se a ferramenta a temperar ao rubro branco e mergulha-se nesta composição até completo arrefecimento.

Têmpera de ferramenta para trabalhar em madeira.

—Misturam-se e fervem-se durante quarenta minutos:

Sebo	1 quilogr.
Óleo de linhaça	1 »
Prussiato amarelo de potassa	0 ^k ,600
Sal comum	0 ^k ,100

Aquecem-se ao rubro cereja num lume de carvão de madeira as ferramentas a temperar e mergu-

lham-se nesta composição até completo arrefecimento.

Têmpera para ferramenta de torneiro, curtidor, carpinteiro de carros, cutelos e todos os objectos de cutelaria vulgar.—Aquecem-se ao rubro cereja e mergulham-se em água tépida, revenindo-se em seguida até ao amarelo palha.

Têmpera das serras.—Mete-se numa caixa de chapa de ferro um certo número, não muito grande, de folhas de serra, na qual se expõem ao fogo até chegarem ao rubro cereja. Retira-se então a caixa do fogo e mergulha-se em água salgada, à temperatura de 75°, na qual se misturou algum amido. Depois de arrefecidas as folhas da serra fazem-se revenir as serras grandes até 280°; serras pequenas e serrotes, 240° a 250°; serras circulares, 300° a 320°.

Têmpera para ferramentas agrícolas.—Aquecem-se ao rubro sombrio e temperam-se em água de sabão tépida, à qual se adicionam por cada 20 litros 20 gramas de prussiato amarelo de potassa. Em seguida fazem-se revenir até 265° a 270°.

Têmpera para molas.—*Molas para armeiros.*—Mergulham-se as molas na seguinte mistura:

Azeite de oliveira	1 litro
Óleo de linhaça	1 »
Prussiato amarelo de potassa bem pulverizado	200 gr.

Aquecem-se em seguida ao rubro cereja e tornam-se a mergulhar na mesma mistura, onde se deixam arrefecer. Retiram-se então da mistura sem as limpar e revinem-se até que o óleo de que estão cobertas se inflame sobre toda a superfície da mola,

para então a mergulhar em água tépida, onde se deixa até arrefecer completamente.

Têmpera para molas em espiral. — Num forno adequado aquecem-se as molas, até ao rubro cereja, para que seja a temperatura bem uniforme, e temperam-se em seguida em óleo de linhaça frio. Depois de bem arrefecidas no óleo, levam-se ao fogo no próprio banho até que este se inflame, mergulhando-as então em água.

Outra têmpera para molas. — Prepara-se com 1 litro de ácido sulfúrico e 4 litros de água pura, um banho que se aquece levemente e no qual se deixam arrefecer, depois de aquecidas ao rubro cereja, as molas a temperar. Retiram-se do banho depois de frias, untam-se com o óleo de linhaça e revinem-se até o óleo se incendiar.

Recozer. — Já definimos o que se devia entender por este termo, restando-nos dizer que para o ferro e para o aço o recozimento não só serve para os tornar menos rijos mas também para lhes aumentar consideravelmente a maleabilidade e a ductilidade.

Na sua forma mais simples e vulgar esta operação pratica-se aquecendo até ao rubro branco à forja ou, o que é preferível, a um fogo de carvão de madeira, a peça a recozer, para em seguida a meter no meio de serradura de madeira bem seca e esta ainda no meio de cinzas e carvão, deixando-a aí até ela ter arrefecido, lenta e completamente. Na sua forma mais complexa e completa o recozimento pratica-se em fornos especiais, *fig. 75*, ou mesmo à forja, mas conservando as peças a recozer em caixas refractárias herméticamente fechadas, para que essas peças, quer durante o período de aquecimento, quer de arrefecimento, não possam sofrer o con-

tacto do ar, muito nocivo ao bom andamento da operação.

As caixas são de ferro fundido ou de chapa e protegidas exteriormente por uma camada de barro refractário; carregam-se com as peças a recozer e cinzas, carvão de madeira pulverizado e peneirado, estrume, barro, etc., devendo as peças ficar inteira-

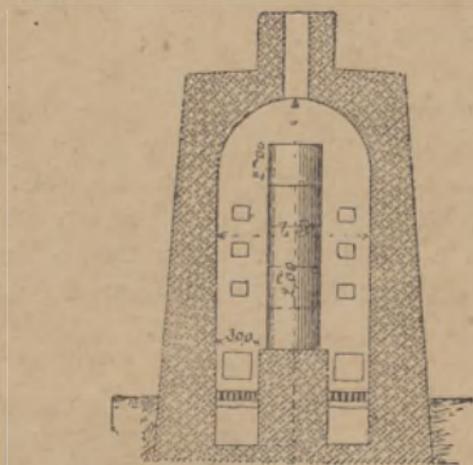


Fig. 75 — Forno para o recozimento do ferro e do aço e para cementação do ferro

mente envolvidas e a caixa completamente cheia. Depois de fechada a caixa e tapadas as fendas com barro refractário, é levada ao fogo e aquecida lenta e gradualmente até se atingir um grau de calor tanto mais intenso quanto mais rijo estava o metal a recozer. As caixas são atravessadas por varetas de ferro que se retiram de tempos a tempos para se observar o aquecimento, que não deve passar além do rubro cereja, atingido o qual se devem deixar as caixas e o seu conteúdo esfriar lenta e completamente dentro do forno. A duração destas operações está em geral compreendida entre um e dois dias, passando raras vezes além deste limite máximo.

Cementação do ferro

Num certo número de peças de máquinas, de espingardas, etc., especialmente nas que estão sujeitas a um atrito permanente, há toda a vantagem em que a superfície tenha uma dureza superior à do ferro vulgar. Escolhem-se então para a construção dessas peças ferros de estrutura granulada, rijos e próprios para sofrerem a *aceração* superficial, como são os ferros da Suécia, os bons ferros alemães, etc.

Pratica-se a cementação do ferro levando as peças ao fogo juntamente com várias substâncias minerais, animais ou vegetais, ricas em carbone, e sujeitando-as durante algumas horas à acção do calor, do qual são retiradas para arrefecerem lentamente até à temperatura própria para serem mergulhadas num banho de têmpera, como se pratica com o aço. Se a têmpera não ficar bem igual recoze-se, mergulhando a peça em chumbo fundido para em seguida a temperar de novo.

Como dissemos, são variadíssimas as substâncias empregadas para a cementação, das quais vamos indicar algumas como sendo as de uso mais corrente.

A *têmpera de cornada* é o nome por que entre nós é designada a cementação do ferro mais geralmente seguida e pratica-se conservando de molho durante algum tempo, e até se tornarem em uma espécie de massa, várias substâncias animais, como solas velhas, ossos, unhas e chifre de boi, a que em seguida se junta algum vinagre e carvão em pó.

Com uma camada espessa de cerca de 4 a 5 centímetros deste cimento cobre-se o ferro a cementar, que em seguida é encerrado numa caixa que se acaba de encher com areia de fundição.

Esta caixa é exposta à acção do fogo de um forno

ou de uma forja durante 18 a 20 horas, para em seguida ir arrefecendo lentamente.

Cementos para ferro macio. — Pulverizam-se e misturam-se as seguintes substâncias:

Fuligem	8 partes
Carvão de madeira	4 »
Cinzas	4 »
Sal comum	3 »

Dispõe-se uma camada desta mistura sobre o barro ou areia contida numa caixa de ferro fundido ou de chapa grossa especialmente construída para estas operações. Sobre essa camada de cimento põem-se as peças a cementar, cobrindo-as em seguida com outra camada de cimento, no qual ficam envolvidas, acabando por se encher completamente a caixa com barro ou areia. Expõe-se a caixa à acção do calor da forja ou de um forno, até atingir o rubro cereja, sendo então retirada e mergulhada em água.

Cimento para o ferro rijo. — As mesmas substâncias e nas proporções empregadas para o cimento precedentemente descrito, excepto a fuligem, da qual se tomarão só 4 partes, e as cinzas, de que se tomarão 8 partes. No decorrer da operação procede-se também como no caso anterior.

Cementação muito superficial do ferro. — Para a cementação muito superficial do ferro podemos servir-nos dos seguintes cimentos:

Pulverizam-se e misturam-se as seguintes substâncias:

A

Carvão de madeira em pó	35 gr.
Argila (barro)	33 »
Cinza de madeira	33 »
Carbonato de soda	1 »

B

Prussiato amarello de potassa	420 gr.
Sal amoníaco	100 »
Sal marinho	200 »
Chifre, ossos calcinados ou lâ	100 »
Fuligem	75 »
Breu louro	35 »

C

Prussiato amarello de potassa	35 gr.
Sal amoníaco	7 »
Ossos calcinados	15 »

O cimento *A* emprega-se da mesma maneira que os precedentemente descritos.

Os cimentos *B* e *C* empregam-se polvilhando com qualquer deles a peça a cementar, depois de aquecida esta ao rubro cereja, e mergulhando-a depois em água fria.

Outro processo mais simples e barato, mas menos eficaz, consiste em polvilhar com prussiato amarello de potassa o ferro aquecido ao rubro cereja, deixando-o depois esfriar algum tanto, para lhe dar novo calor seguido de nova polvilhação com a mesma substância e mergulhá-lo logo em água fria até completo arrefecimento.

Os espingardeiros usam, para cementar certas peças de ferro que fazem parte das espingardas, um processo a que chamam *tauxiar*, e que consiste em submeter, durante duas horas, à acção do calor de uma forja ou forno, uma caixa na qual se dispõe, no meio da argila ou cinza, a peça a cementar, envolvida num cimento formado por fuligem e urina. Estando a caixa ao rubro retira-se do fogo e mergulha-se rapidamente em água até ao seu completo arrefecimento, obtendo-se assim uma peça de certa dureza e com uma coloração especial.

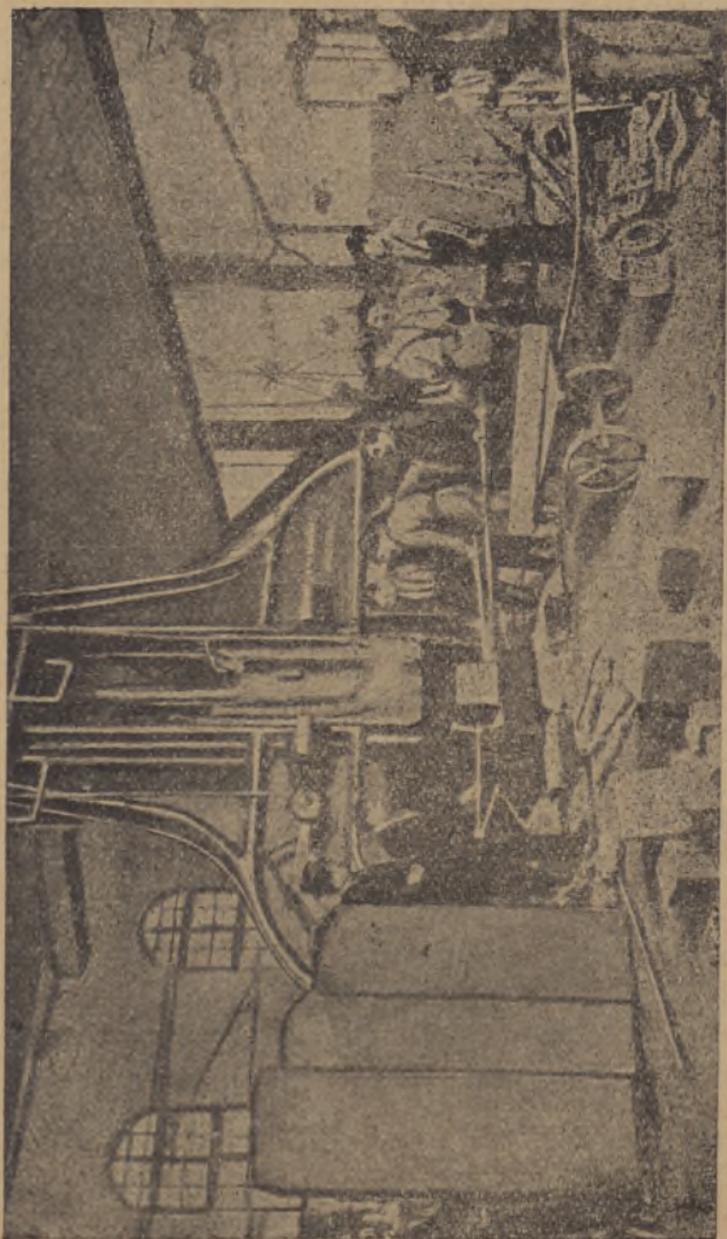
O forno mais vulgarmente empregado para a cementação e recozimento do aço tem ordinariamente a forma e as dimensões indicadas na *fig. 75*. Como se vê, é uma construção de tijolo com duas fornalhas, sobre a grelha das quais se queima o combustível. Entre as fornalhas há um muro de suporte, sobre o qual se colocam as caixas preparadas para a cementação ou recozimento. Estas caixas são assim envolvidas pelos produtos da combustão, aquecendo progressiva e gradualmente, conforme se deseja.

Grandes trabalhos de forja

Este género de trabalhos executa-se em oficinas especiais, dispondo de ferramentas apropriadas, tais como fornos para aquecimento, grandes martelos-pilões, pontes girantes e guindastes, grandes laminadores, etc., ferramentas estas por tal forma aperfeiçoadas que se forjam peças pesando 40 e 50 toneladas, com relativa facilidade.

De facto, desde que sucessivos aperfeiçoamentos fizeram do martelo-pilão uma ferramenta de tal precisão que um operário destro e com alguma prática consegue, pela simples manobra de uma alavanca, regular a energia do choque do seu valor máximo de algumas dezenas de toneladas ao valor mínimo de alguns quilogramas, e até quando o operário é muito hábil, apenas de alguns gramas, podemos dizer que o forjar uma peça de 15 a 20 toneladas é quase um trabalho insignificante, dependendo apenas das dimensões do forno e da potência dos aparelhos de manobra e transporte servidos por motores hidráulicos ou eléctricos.

Não nos deteremos aqui nessa ordem de trabalhos que só se executam em oficinas especialmente instaladas para a sua execução, com pessoal per-



Instalação de um grande martelo a vapor, de duplo efeito

feitamente adestrado e material adequado para se obter a máxima economia e perfeição, por forma tal que é sem dúvida preferível fazer a encomenda de certa ordem de trabalhos a essas oficinas, na certeza de se obterem em melhores condições de execução, rapidez e custo.

Para o forjamento de peças de peso e dimensões médias, considerando como tais os órgãos de transmissão de movimento das máquinas de vapor, com excepção dos grandes veios, que incluímos na categoria dos grandes trabalhos e outras peças de igual peso, também se encontram nos principais centros produtores oficinas especialmente montadas para a sua execução, produzindo melhor e mais barato do que nas oficinas em que esses trabalhos são feitos acidentalmente.

Todavia qualquer oficina que disponha de um martelo-pilão de força média e de uma grande forja ou forno, pode executar esses trabalhos em regulares condições, desde que tenha alguns operários muito adestrados e conhecedores do seu officio.

Na execução das operações necessárias devem seguir-se as mesmas regras já indicadas para o forjamento à mão, devendo merecer especial cuidado o aquecimento do metal, pela dificuldade em se conseguir que o calor seja igualmente repartido por toda a massa metálica submetida à sua acção.

A martelagem também deve ser conduzida com cuidado, tendo em vista que é sempre mais vantajoso para a menor fadiga do metal que as pancadas sejam de menos intensidade, embora exercendo o seu efeito sobre superfícies mais reduzidas, do que as pancadas de grande intensidade sobre superfícies mais consideráveis.

Para o caldeamento deve observar-se que a operação se torna tanto mais fácil quanto menor for a espessura da peça a caldear, devendo portanto dentro de certos limites reduzir-se o mais possível a

secção transversal das barras a caldear, embora se lhes aumente o comprimento a ponto de necessitar dois calores para se conseguir a calda em toda a sua extensão.

Quando se pretende uma peça muito volumosa de ferro ou de aço macio, não é fácil encontrar no mercado um bloco de dimensões bastante grandes para dele se tirar a peça desejada, tendo então de se recorrer à encomenda para um dos centros produtores.

Todavia a oficina de ferraria que dispuser de um forno regular para aquecimento de metais e de um

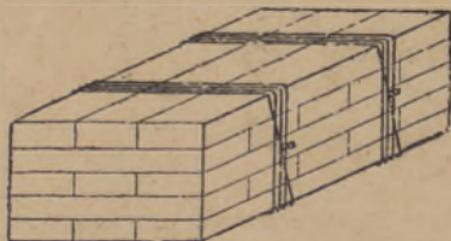


Fig. 76 — Pacote preparado para ir ao forno

martelo-pilão de força média, pode, empregando o material que facilmente se obtém no mercado, obter blocos de secção muito considerável, para o que basta preparar um *pacote*, fig. 76, isto é, uma massa formada pela justaposição de vários pedaços de metal, levar esse pacote ao forno e ligar esses pedaços por meio de uma calda embaraçada.

A preparação do pacote deve fazer-se de forma a facilitar a calda dos vários elementos que o constituem.

Para isso corta-se no comprimento desejado um certo número de barras de ferro cujo peso total deverá exceder em 0,20 a 0,25 o peso do bloco que desejamos obter.

Com estes pedaços de barra forma-se então o pa-

cote, sobrepondo-os de forma que as juntas fiquem desencontradas e os topos cruzados conforme se vê na figura. A secção deverá ser calculada de forma que, depois da redução que resulta da prática das várias operações a que o pacote tem de ser submetido, ainda o bloco fique com dimensões um pouco superiores à da obra que se pretende obter.

Ainda na preparação do pacote deve atender-se a que ele deve ser formado com barras tão largas

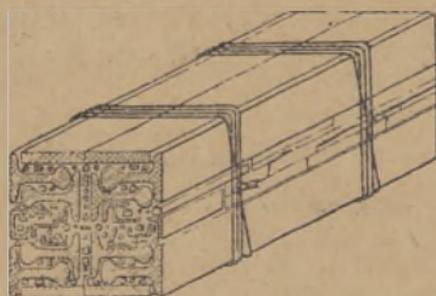


Fig. 77 — Pacote preparado com sucata

quanto possível e dispostas de forma a reduzir ao mínimo o número e extensão das juntas verticais, sempre muito difíceis de caldear.

Uma vez preparado o pacote como foi dito, cinge-se com várias voltas bem apertadas de arame de ferro e com as pontas torcidas, para evitar que ele se desfaça, e assim é submetido à acção do calor em um forno.

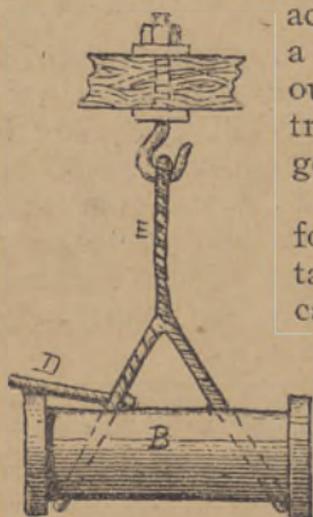
Quando há vantagem em que as superfícies exteriores, que ordinariamente são as que estão sujeitas a maiores esforços, sejam de melhor qualidade, deverá ter-se o cuidado de preparar o bloco de forma que os pedaços de barra colocados exteriormente sejam de muito bom metal.

Em vez de utilizarmos o ferro novo para a preparação do pacote também empregar-se a *sucata*, como, por exemplo, se vê na *fig. 77*, que representa um

pacote formado por pedaços de carris, cantoneiras, varões e outras sucatas grossas e miúdas.

Existem no estrangeiro estabelecimentos metalúrgicos, cuja indústria consiste exclusivamente no aproveitamento da sucata para o forjamento de blocos que, submetidos depois à acção dos laminadores, voltam a ser utilizados como qualquer outro ferro perfilado obtido pelo tratamento no forno de pudlagem.

Quando o pacote atinge no forno um grau de calor bastante elevado para poder ser caldeado, é violentamente com-



primido por meio de alicatões especiais e em seguida retirado do forno e submetido à martelagem no martelo-pilão, operação esta que, sendo necessário, se repete, para que a calda fique

bem ligada e o bloco assim obtido bem homogêneo para poder ser trabalhado como um bloco vulgar.

Tratando do forjamento de peças muito pesadas, precisamos fazer notar que pelos processos atrás indicados não se poderia conseguir o seu encalque. Emprega-se então uma ferramenta especial chamada *vaiém*, fig. 78.

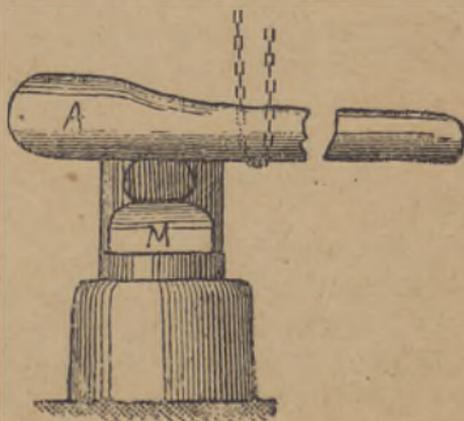


Fig. 78 — Encalque de grandes peças de ferro, empregando um *vaiém*

A peça a encalçar *A*, suspensa pelo guindaste, é transportada para cima de um cavalete ou de malhais *M*, sobrepostos, para que o seu eixo esteja à mesma altura que o *vai-vém* (massa de ferro *B*), suspenso do tecto por meio de correntes ou cabos *E* e ficando afastado cerca de um metro do topo sobre o qual deve bater.

Enquanto alguns ajudantes conservam a peça *A* nessa posição, outros puxam, pelo cabo *D*, o *vai-vém* *B*, obrigando-o a afastar-se de *A*. Chegando *B* ao máximo da amplitude abandonam-no à acção da gravidade, em virtude da qual vai chocar com uma violenta pancada a peça *A*, produzindo muito mais efeito útil do que seriam capazes tantos homens quantos nesse serviço empregados, se, manejando malhos, batessem sobre o topo de *A*.

Nas grandes oficinas de ferraria empregam-se, além das ferramentas já descritas, várias *máquinas-ferramentas*, de cujo emprego resulta maior perfeição, rapidez e economia na execução dos trabalhos. A *fig. 79* mostra um modelo de máquina para encalçar.

Não nos deteremos sobre as máquinas-ferramentas empregadas especialmente nas oficinas destinadas ao tratamento do metal, com o fim de lhe dar as formas e dimensões com que ele se apresenta no mercado, ferramentas não só destinadas a esse fim como também a desenvolver-lhe certas propriedades, como aumentar-lhe a resistência, homogeneidade, etc. Essas ferramentas são as prensas, martelos mecânicos ou a vapor, laminadores, etc., cuja descrição muito detalhada, para se poder fazer uma ideia da sua disposição e funcionamento, se encontra no volume *Metalurgia*, desta Biblioteca.

Das outras máquinas-ferramentas especialmente destinadas a auxiliar o ferreiro na execução dos seus variadíssimos trabalhos, já descrevemos os martelos a vapor e mecânicos, por isso que o seu emprego

está por tal forma generalizado que quase não há oficina de certa importância onde eles não se encontrem representados por algum dos seus variadíssimos tipos.

Veamos agora algumas das outras máquinas-ferramentas, pela ordem de frequência do seu emprego.

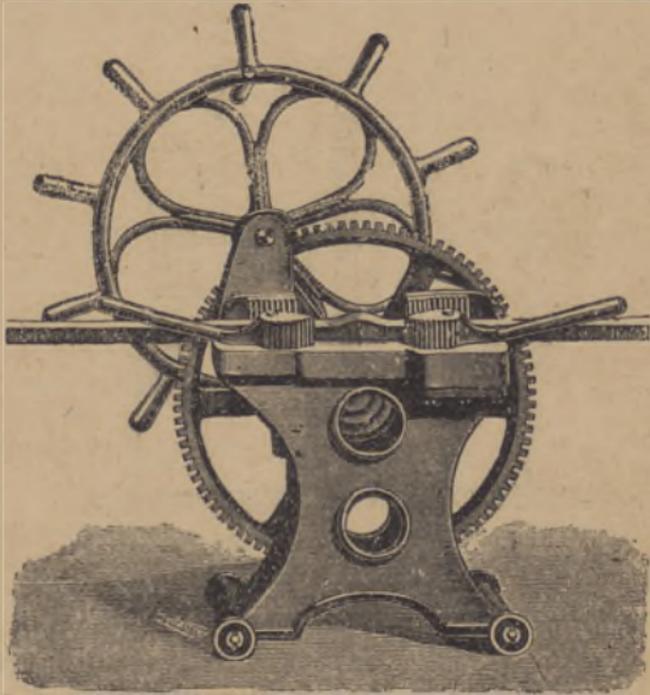


Fig. 79 — Máquina de encalcar

Tesouras e saca-bocados. — Ordinariamente estas ferramentas vêm conjugadas e delas se encontram vários tipos movidos à mão, recebendo movimentos de um veio geral de transmissão, ou com motor próprio a vapor ou hidráulico.

O tipo mais vulgar de dimensões médias, que pode receber movimento de um veio geral de transmissão, é o representado pela *fig. 80*.

Sobre um suporte fundido, de grande base, *a*, assenta um veio em cujos extremos estão montados um tambor *b*, para transmissão de movimento, e dois volantes *c, c*, para a sua regularização. A meio deste veio acha-se um carreto *d* engrenando com uma roda de engrenagem de grande raio, a qual

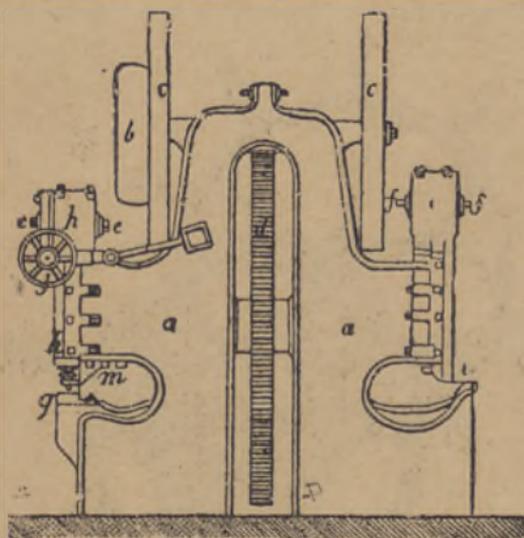


Fig. 80 — Tesoura e saca-bocados

está montada sobre um veio terminado por dois excêntricos. Com estes excêntricos articulam tirantes que transmitem o movimento recebido dos excêntricos às corredeiras *h* e *i*, transformando-o de circular contínuo em rectilíneo alternado.

Nos extremos inferiores das corredeiras *h* e *i* ligam-se respectivamente o punção do saca-bocados e a lâmina da tesoura. Em geral, monta-se em *g* uma alfeça correspondente ao punção empregado e por baixo de *i* outra lâmina de tesoura. Uma disposição adequada permite que, à vontade do operador, as corredeiras, porta-punção ou porta-tesoura sigam no seu movimento ou se detenham, mal encontrem uma leve resistência.

Suponhamos que nos vamos servir da tesoura: metemos a barra a cortar entre as lâminas, apoiando-a à inferior, e fazemos funcionar o aparelho com a lâmina solta, melhorando a posição da barra de forma que a tesoura vá cortar no lugar desejado. Mantém-se então a barra nessa posição, manobra-se a alavanca, fazendo com que a corrediça seja forçada a seguir até ao fim do seu curso e quando a tesoura descer cortará a barra como desejávamos.

Se em lugar de cortar quisermos fazer um furo, a frio, servimo-nos do saca-bocados por forma perfeitamente idêntica, devendo notar-se que no saca-bocados se encontra uma espera m , cujo fim é evitar que o punção arraste a barra no seu movimento ascensional.

Com esta máquina podem dar-se furos de 50^{mm} de diâmetro em barras com 40^{mm} de espessura e cortar barras de 50^{mm} de espessura.

Tesouras circulares.— Estas tesouras são empregadas especialmente para cortar seguindo linhas curvas, mas em chapas de espessura mais reduzida do que as precedentes. Dois discos tangentes montados cada um sobre o seu veio, recebem movimento de rotação, um em sentido contrário ao do outro. Estes discos têm os bordos chanfrados como o corte de uma tesoura e é entre eles que se faz passar a chapa a cortar segundo o contorno desejado.

Serras circulares para serrar a quente.— Conquanto pouco empregadas entre nós, prestam bons serviços, sobretudo para cortar as barras de grandes dimensões.

Sobre um suporte fundido está montado um carro com grampos, garras, esperas ou qualquer outra disposição que permita fixar rapidamente o ferro depois de aquecido. Uma serra circular re-

recebendo movimento de rotação muito rápido está montada sobre o mesmo suporte e mergulha, em parte, num depósito de água, para não se destemperar.

Por meio de uma adequada transmissão de movimento faz-se com que o carro vá caminhando para

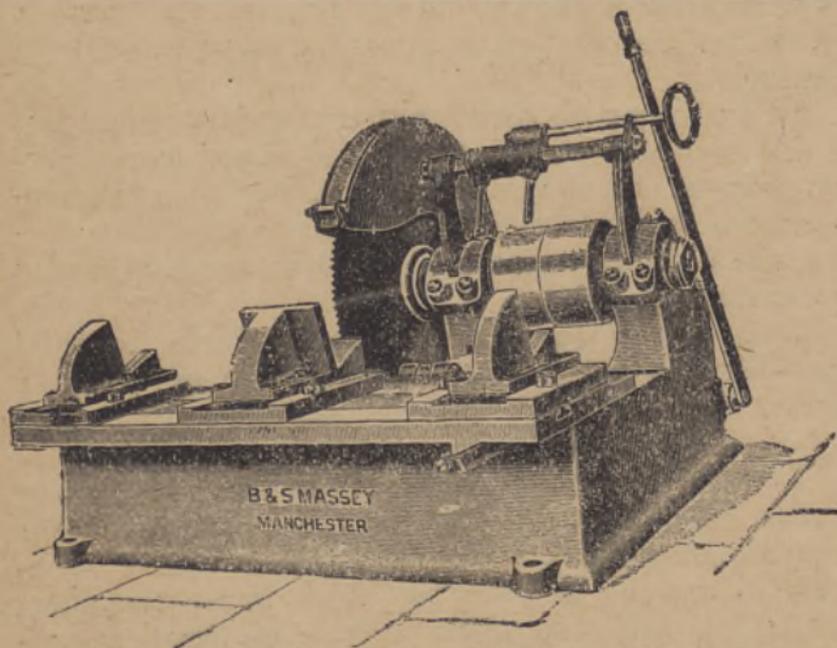


Fig. 81 — Serra circular para serrar o ferro a quente

a serra, que assim irá serrando a pouco e pouco o metal aquecido, com economia de tempo, de combustível e de metal, *fig. 81*.

Outros sistemas há, nos quais, em vez de ser o metal a caminhar para a serra, sucede o contrário; o metal está fixo e a serra é que se aproxima e vai entrando por ele à maneira que vai cortando. Outrossim se emprega um tipo de serras, denominado *de fita*, em que a serra é formada por uma fita sem fim passada sobre dois tambores. Um des-

ses tambores recebe movimento de rotação, do que resulta o movimento da folha da serra.

A espera ou grampos para fixação do ferro, etc., são em tudo semelhantes aos da serra circular já descrita.

CAPÍTULO IV

Forjamento moldado e hidráulico

Para a execução do trabalho moldado, o processo mais rudimentar consistia em fixar a forma ou molde no cavalete, colocar sobre ele na posição conveniente o metal aquecido e aplicar-lhe por cima um contramolde, sobre o qual se malhava até o metal adquirir a forma dada pelo vazado dos moldes.

Na execução de trabalhos mais complicados, em uma só forma ou molde não se pode obter o feitiço desejado, empregando-se então séries de moldes pelos quais o trabalho vai sucessivamente passando, aproximando-se mais e mais da forma final, que só no último molde se obtém.

Este processo, muito moroso e imperfeito, pelo tempo gasto na substituição das formas, incerteza e pouca força das pancadas, etc., está quase completamente abandonado, tendo sido substituído pelo processo do forjamento mecânico, no qual se empregam os vários tipos de martelos mecânicos, isolados ou em séries, nas chamadas máquinas de forjar e o *forjamento hidráulico* que, como o seu nome indica, aproveita as vantagens da prensa hidráulica para comprimir o metal entre os moldes.

Com qualquer destes processos, muito vantajosos sobretudo quando é grande o número de tra-

balhos de igual feitio que se pretende obter, conseguem-se produtos por tal forma perfeitos, que só no caso de terem as superfícies de ser polidas se torna necessário outro trabalho complementar do forjamento.

A dificuldade do trabalho moldado consiste na determinação da forma a dar aos moldes, sobretudo quando estes têm de ser feitos em séries, porque só experimentalmente pode ser determinada a sua forma; depois de montados os moldes, o trabalho propriamente de forjar torna-se tão simples que qualquer ajudante ou aprendiz em pouco tempo se habilita a executá-lo na perfeição.

Para o aquecimento do metal que tem de ser trabalhado nestas condições, principalmente se a obra é de dimensões reduzidas, raramente se emprega a forja vulgar, mas sim fornos, aquecidos a carvão ou a gás, de dimensões várias e montados muito próximo da máquina de forjar, para o operário que trabalha com essa máquina poder tirar do forno o metal aquecido sem se desviar muito da posição em que deve estar quando a máquina estiver operando.

O metal é primeiro cortado em pedaços do comprimento necessário, o que é determinado por algumas experiências preliminares, e em seguida aquecido, não um pedaço por cada vez, mas em grupos.

As máquinas de forjar mais vulgarmente empregadas são as *máquinas ou prensas de fazer rebites, parafusos e porcas*, fig. 82.

O princípio destas máquinas, como aliás de quase todas as que servem para o forjamento mecânico, consiste no seguinte: por meio de transmissões apropriadas dá-se movimento rectilíneo alternado a uma haste tendo no seu topo o molde da peça que se pretende obter; sobre o suporte da máquina monta-se o outro molde por forma que os seus eixos estejam no prolongamento um do outro na posição

em que se ajustam. É claro que interpondo entre estes moldes um pedaço de ferro ou aço, aquecido para o tornar muito plástico, quando os moldes se aproximarem o metal tomará a forma deles, a qual,

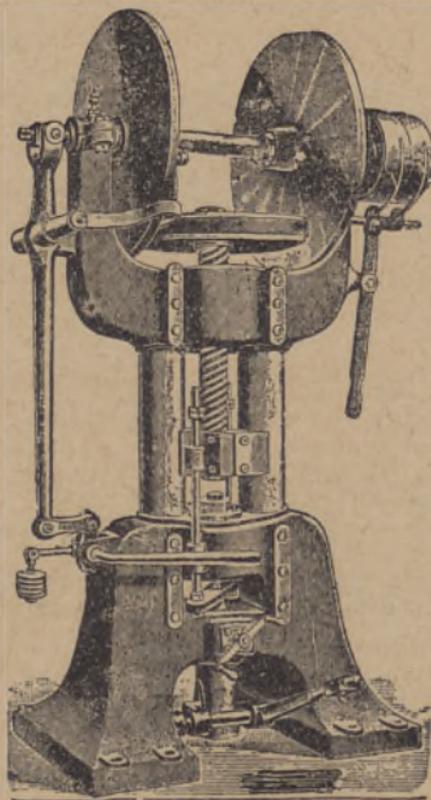
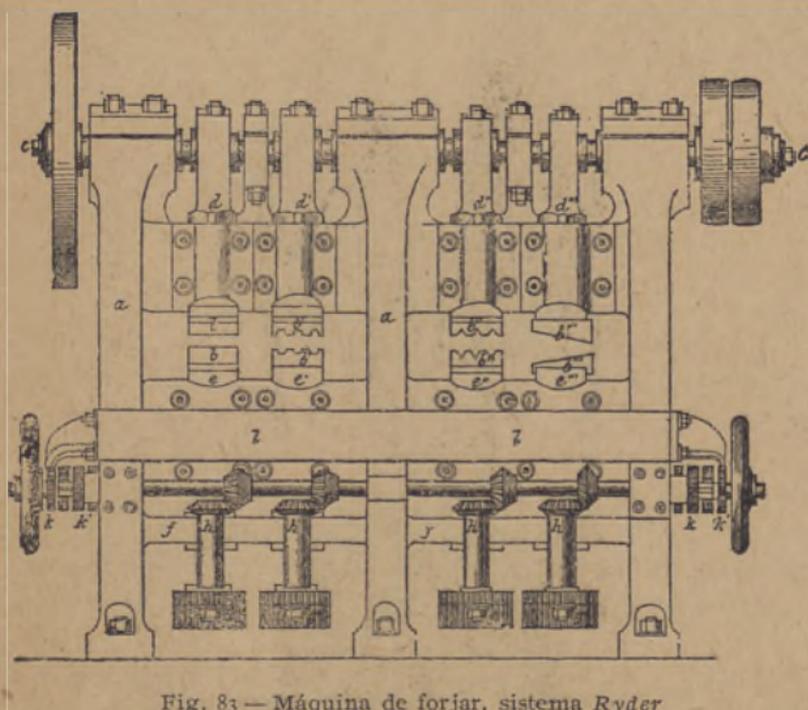


Fig. 82 — Máquina para fazer rebites, parafusos e porcas

no caso que estamos tratando, será um rebite ou um parafuso. Geralmente o molde da cabeça está na haste que tem movimento, o da espiga na parte fixa.

Como se vê, o saca-bocados satisfaz plenamente as condições indispensáveis a uma máquina de forjar e por isso sempre que numa oficina, que dispo-

na de uma destas máquinas, tenha de ser manufacturado grande número de peças pequenas iguais, de tamanho proporcionado à resistência da referida máquina, substituindo o punção e a alfeça por mol-



des apropriados, essas peças serão obtidas em melhores condições de custo de mão-de-obra do que forjando-as à mão.

Para o forjamento de peças de fracas dimensões, que pela sua forma tornem necessário o emprego de séries de moldes, a máquina que até ao presente parece melhor satisfazer é a máquina Ryder, ou alguma das outras variantes desse sistema.

A máquina de forjar, sistema Ryder, *fig. 83*, consta de três suportes *a* fixados a uma base de assentamento muito sólida e elástica, ligados entre si por várias escoras, que, consolidando o sistema,

servem ao mesmo tempo de suporte e de guia a outros órgãos da máquina.

Sobre os três suportes *a* está montado o veio *c*, guiado no seu movimento ainda por mais duas chu-

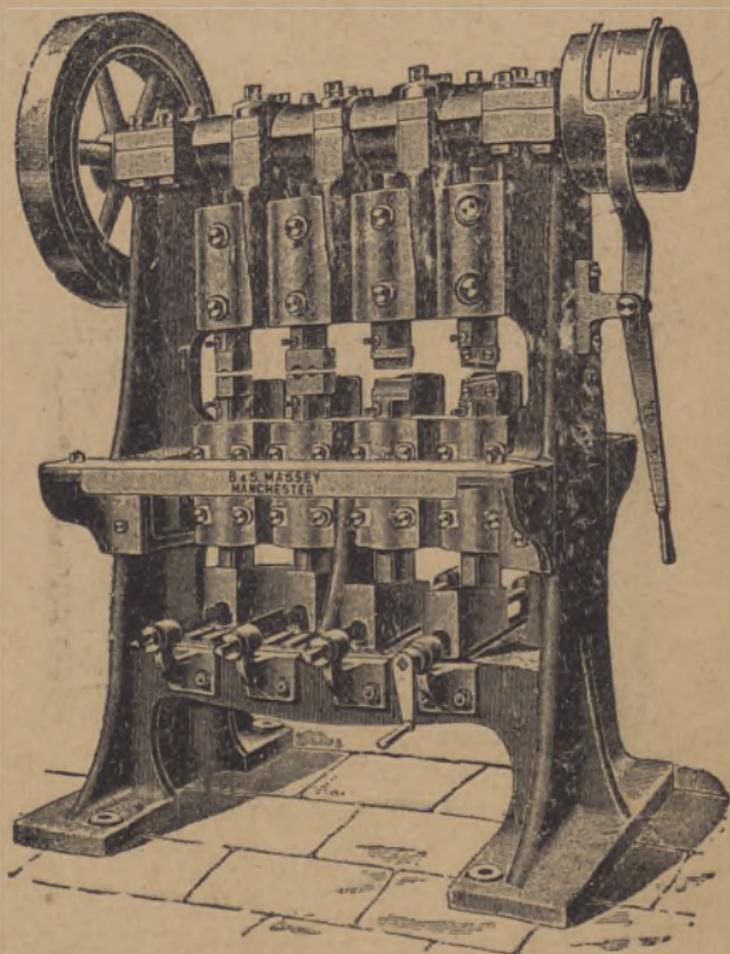


Fig. 84 — Máquina de forjar, de 4 moldes

maceiras, além das que formam a parte superior dos ditos suportes, isto para impedir toda a flexão do veio *c*.

Distribuído pelo comprimento do veio *c* está um

certo número de excêntricos (quatro para o caso da *fig. 84*, mas que nalgumas máquinas se eleva a seis), que transmitem movimento rectilíneo alternado a quatro hastes *d*, *d'*, *d''* e *d'''*, excêntricos que estão montados por forma que as posições mais baixas das quatro hastes estejam separadas por tempos iguais, quando o veio *c* estiver em movimento. Num dos extremos do veio *c* está montado um volante e no outro um tambor de transmissão.

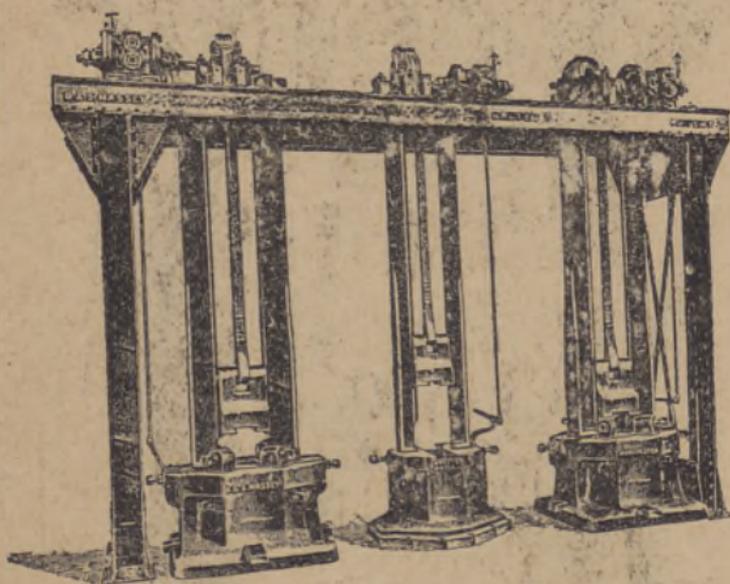


Fig. 85 — Martelos de correia com motor, sistema Brett

As hastes *d*, *d'*, *d''* e *d'''* são bem guiadas no seu movimento, para este ser rigorosamente rectilíneo, e no seu extremo inferior fixam-se tais, punções, lâminas de tesoura ou contramoldes, segundo as circunstâncias.

O prato horizontal médio *l* é atravessado por tantas hastes quantas há em cima, coincidindo eixo com eixo, e sobre elas fixam-se os moldes correspondentes aos montados nas hastes superiores.

Por meio de manípulos de roda e das engrenagens *h*, *g* e *k* regula-se a altura dos moldes por forma a ficarem na posição mais conveniente.

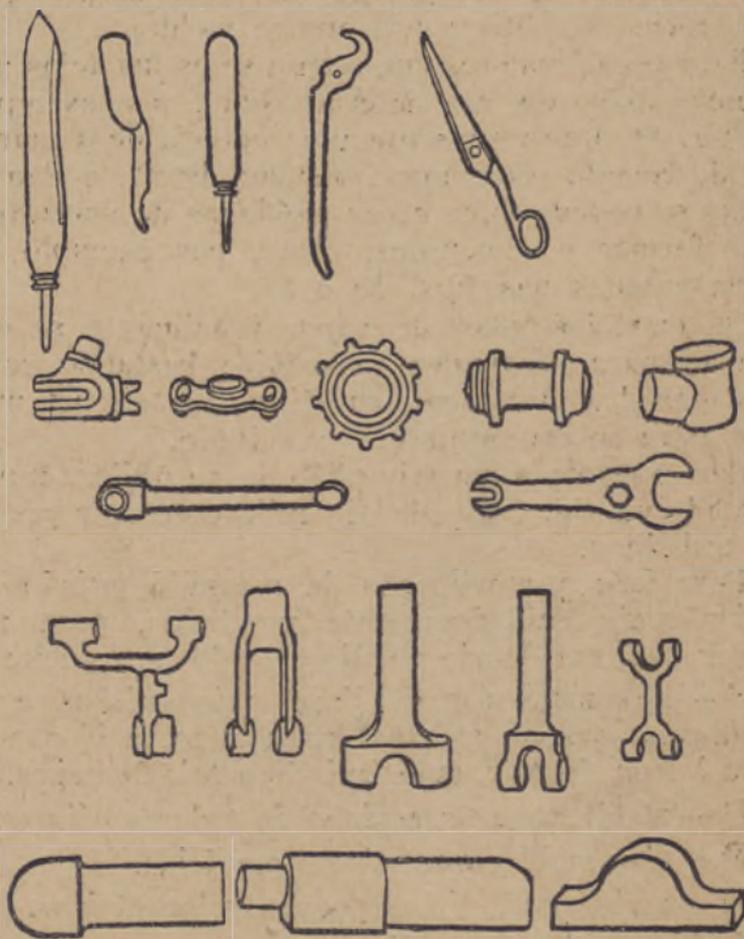


Fig. 86 — Artefactos moldados na máquina de forjar

Compreende-se agora o funcionamento do aparelho.

Montados os moldes e tudo bem regulado, aquece-se o metal, depois de cortado no comprimento preciso, e em estando ao rubro branco é retirado do fogo e interposto entre os moldes *b*, *b* que lhe

dão a sua forma; tão depressa estes o deixem livre é o metal retirado, para ser submetido à acção dos moldes b' , b' , em seguida aos b'' , b'' e finalmente dos moldes b''' , b''' que lhe dão a forma final, se essa forma se obtiver nos quatro moldes.

Para peças maiores empregam-se os martelos mecânicos dispostos em bateria, como, por exemplo, na *fig. 85*, que representa uma bateria de 3 martelos de correia com motor, sistema Brett, e com os quais se podem obter peças moldadas de variadíssimas formas e dimensões, como, por exemplo, as representadas nas *figs. 86 e 88*.

Os martelos-pilões de vapor igualmente se empregam para o forjamento mecânico, bastando, como nos martelos mecânicos, substituir os *tais* por moldes, para se conseguir esse resultado.

Por exemplo o martelo-pilão de 50 quilos, representado na *fig. 87*, pode ser aplicado a esse género de trabalhos.

Para isso o movimento da massa é guiado em guias mais cuidadosamente montadas, para não haver nenhum desvio na direcção do movimento.

A — são moldes para limas triangulares e de meia-cana que se montam num suporte *F* que se fixa à base do *tais*, substituindo o *tais* de baixo.

D — molde para as espigas de todas as limas.

E e G — moldes para limas paralelas.

H — molde para limas pequenas lanceteiras.

I e J — moldes para limatões.

K — cadeira para o operário que estiver trabalhando ao pilão.

Outro tipo de máquinas de forjar também muito empregado funda-se no mesmo princípio dos laminadores.

Sobre os cilindros de um laminador assentam-se chapas formando moldes e entre eles faz-se passar o metal aquecido, como indica a *fig. 89*, que repre-

senta a aplicação de moldes para facas, aos cilindros de um laminador pequeno.

O *forjamento hidráulico*, conquanto seja empregado com tão bons ou melhores resultados do que qualquer dos outros processos no forjamento de artefactos de pequenas dimensões, é o único empregado para o forjamento de grandes peças, visto que para essa ordem de trabalhos são necessárias pressões consideráveis, que só com aparelhos deste tipo

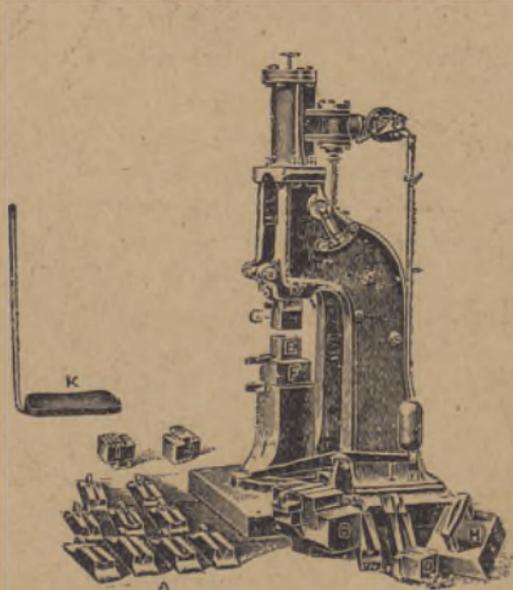


Fig. 87 — Martelo-pilão de vapor aplicado como máquina de forjar

se podem obter em boas condições de economia.

Na sua forma mais simples a prensa de forjar em nada difere da prensa hidráulica vulgar, horizontal ou vertical.

A *fig. 90* representa uma prensa hidráulica vertical para curvar barras, ou para forjar. O seu funcionamento compreende-se perfeitamente pela inspecção da figura, sendo apenas uma questão de apropriação dos moldes e da sua fixação.

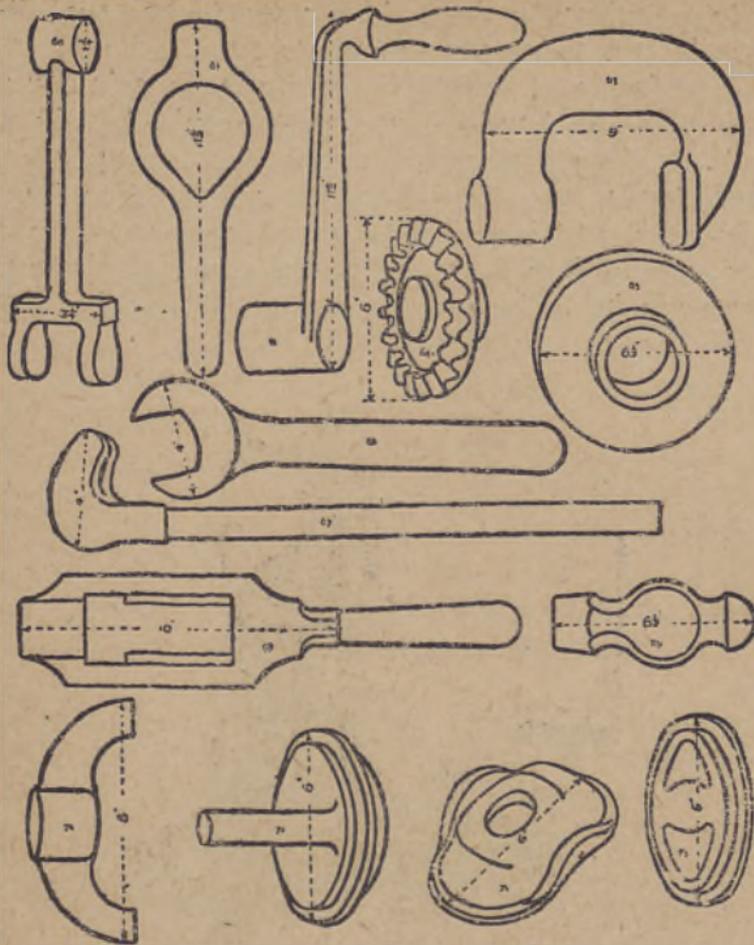


Fig. 88 — Artefactos executados à máquina de forjar

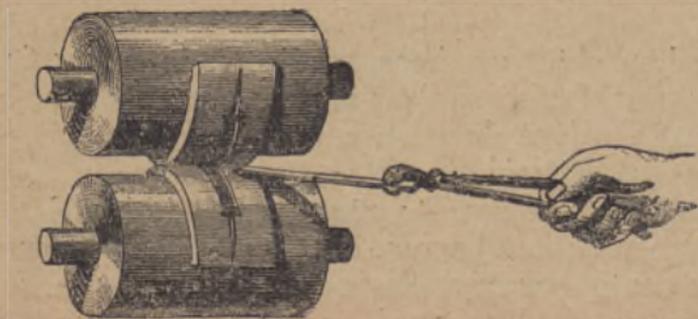


Fig. 89 — Laminador empregado como máquina de forjar

A *fig. 91* representa uma prensa hidráulica horizontal para curvar barras.

A *fig. 92* representa uma máquina hidráulica mais completa e potente, podendo servir para qualquer género de trabalhos.

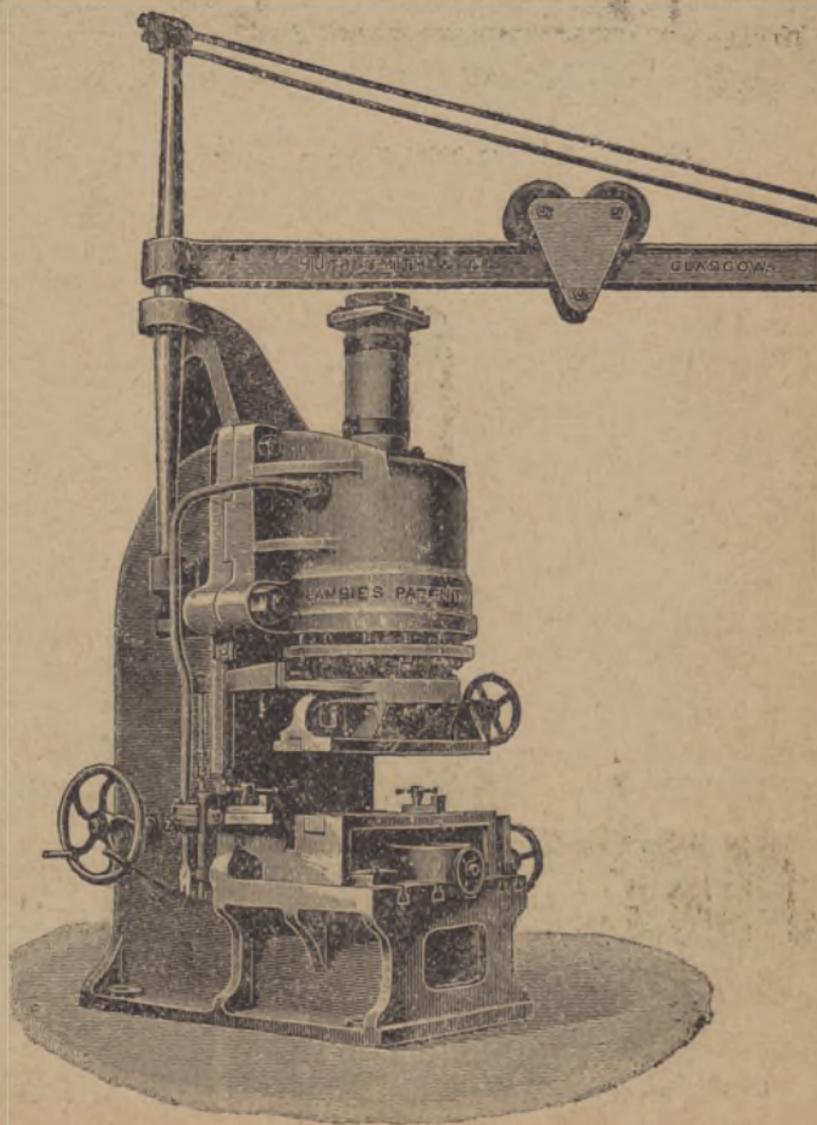


Fig. 90 — Prensa hidráulica vertical para forjar ou curvar barras

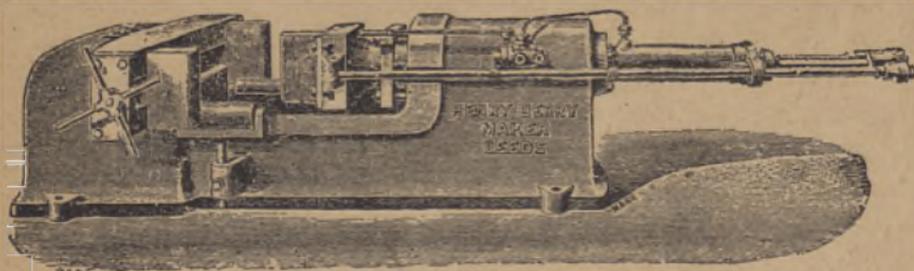


Fig. 91 — Máquina hidráulica para curvar barras

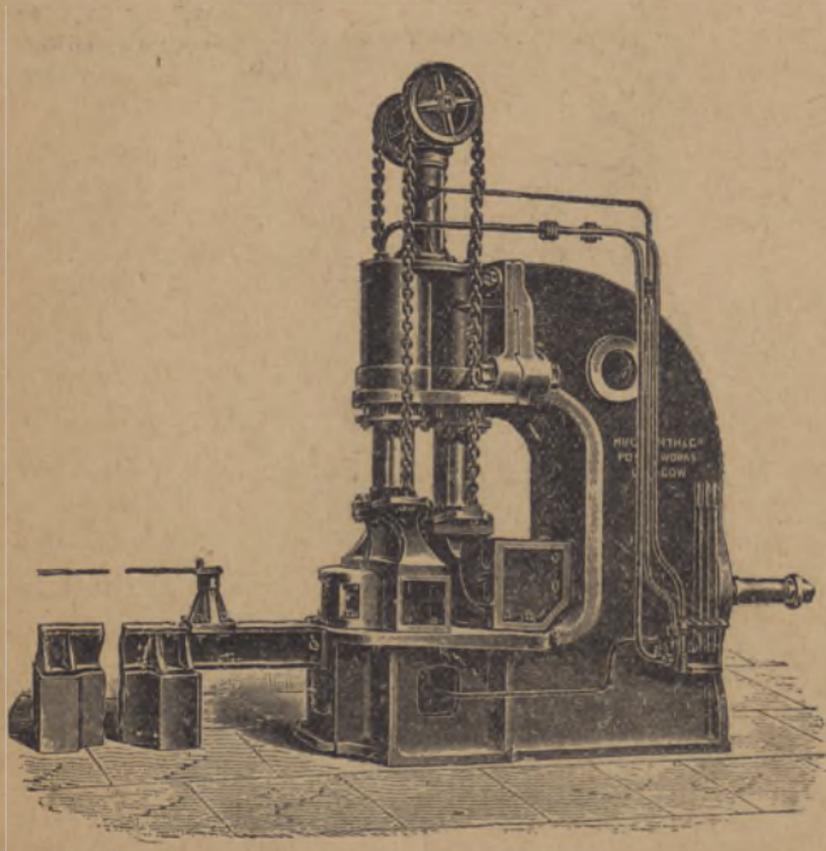


Fig. 92 — Máquina hidráulica para qualquer género de trabalhos

Como se vê na figura, nesta máquina há 3 prensas hidráulicas independentes, 2 verticais e 1 horizontal.

Para um simples trabalho de forjamento entre 2 moldes servimo-nos da prensa hidráulica mais de fora, adaptando-lhe convenientemente os moldes, ou fixamos o molde nas hastes das duas prensas verticais, fazendo-os então trabalhar simultaneamente.

Para um trabalho mais complicado, como, por exemplo, virar em ângulo recto uma chapa e dar à parte virada uma determinada forma, empregaremos as prensas como se vê na figura.

Aquecida a chapa colocá-la-emos sobre o suporte e, fazendo funcionar a primeira prensa vertical, apertá-la-emos sobre aquele como nas bocas de um torno; faremos em seguida funcionar a segunda prensa vertical que virará a chapa em ângulo recto; finalmente a prensa horizontal completará o trabalho de moldado da parte virada.

CAPÍTULO V

Alguns exemplos da forma de executar vários trabalhos de forja

Forjamento de parafusos. — Podem seguir-se três processos para a execução deste trabalho. No primeiro escolhe-se um varão de diâmetro que dê para a cabeça e puxa-se a espiga no comprimento e diâmetro desejados, calibrando-a e fazendo a face da cabeça numa craveira. Corta-se em seguida a cabeça na altura conveniente, mete-se em sextavado

no respectivo molde, se é essa a sua forma; e, com uma embutideira, faz-se o chanfro.

No segundo processo, mais geralmente empregado, escolhe-se o varão com o diâmetro igual ao da espiga e corta-se um comprimento que a experiência ou o cálculo tenha mostrado ser suficiente para, depois das operações que se seguem, ficar o parafuso com um comprimento determinado.

Para marcar e cortar o varão, quando o seu diâmetro não seja muito grande, emprega-se frequen-

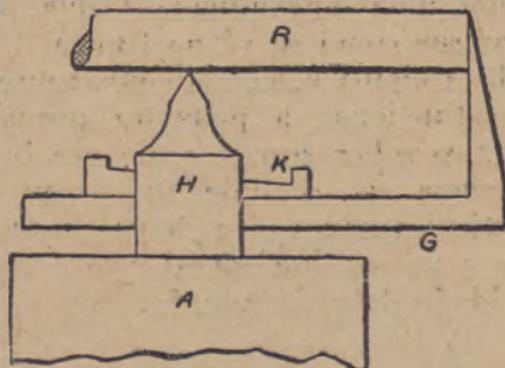


Fig. 93 — Corta-frio para marcar e cortar varão

temente e com vantagem uma disposição representada na *fig. 93*, a qual consta de um corta-frio de cavalete *H*, atravessado por um cursor *G* que se fixa ao corta-frio pela chaveta *K*. Encostando o topo do varão *R* ao ramo vertical do cursor, bate-se-lhe depois por sobre *H* e assim, sem perder tempo em medições, se vão cortando todos os pedaços com o mesmo comprimento.

Seja portanto *A*, *fig. 94*, um dos pedaços de varão cortados no comprimento calculado como suficiente para dele se fazer um parafuso.

A primeira operação consiste em dar um bom calor a um dos extremos de *A*, que então se retira do

fogo com uma tenaz e se coloca sobre o cavalete, como em *B*, batendo-lhe sobre o topo que não foi aquecido, para no extremo oposto se obter um encaixe que se julgue bastante para poder dar a cabeça do parafuso.

Dando segundo calor no mesmo lugar, enfia-se a parte lisa numa craveira que se apoia no cavalete, numa alfeça ou na *suécia*, e martelando sobre

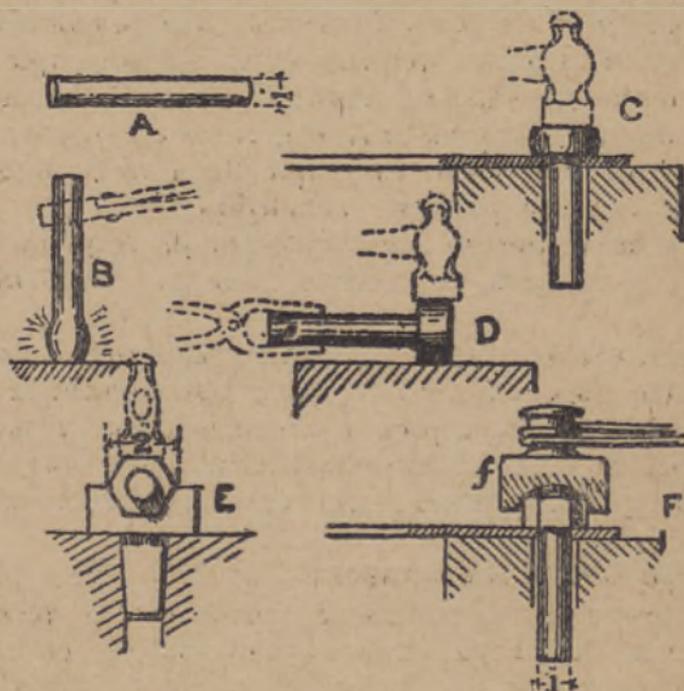


Fig. 94 — Forjar um parafuso

a parte encaçada como em *C*, derrilha-se a cabeça do parafuso até ficar pròximamente com a altura definitiva, ou seja pròximamente uma altura igual ao diâmetro da espiga.

Segue-se o arredondar a cabeça, para o que se segura o parafuso pela espiga, com uma tenaz de canal como em *D* e, fazendo-lhe rolar a cabeça sobre a praça do cavalete, com sucessivas pancadas

de martelo convenientemente applicadas, se obtém aquelle resultado.

Finalmente, depois de novo calor, molda-se a cabeça em sextavado, para o que se mete o respectivo molde no encavadoiro do cavalete e sobre ele se coloca a cabeça do parafuso, como em *E*, batendo directamente nele ou num assentador 2, convenientemente colocado, como se vê na figura. Metida a cabeça em sextavado e este na conta, o que se verifica por meio de um escantilhão, vai novamente o parafuso à craveira, para calibrar a espiga que poderia ter engrossado na sequênça do trabalho, aproveitando-se o estar na craveira, como em *f*, para lhe aplicar uma embutideira *f*, que lhe fará o chanfro, ficando então o parafuso concluído.

É evidente que se o parafuso for de pequeno diâmetro, o número de calores pode ser reduzido a dois.

O terceiro processo emprega-se para parafusos de diâmetro superior a 25^{mm}; para isso escolhe-se varão na conta da espiga e encalca-se-lhe a ponta, na qual se caldeia uma mordente para formar a cabeça, que se conclui como nos casos antecedentes.

Forjar uma porca hexagonal, fig. 95. — Se a porca é muito pequena, podem-se aproveitar os pedaços pequenos de chapa tirados pelo punção do saca-bocados, os quais se furam a punção de forja, seguindo-se as operações de forjamento como de *D* em diante, como vamos ver.

Sendo a porca um pouco maior, escolhe-se barra de dimensões apropriadas. Seja, por exemplo, uma porca de $\frac{3}{4}$; escolheremos uma barra de $\frac{3}{4} \times \frac{3}{8}$, fazendo-lhe num topo uma escarva de cunha como em *A*. Ainda no mesmo calor enrola-se a barra na ponta do chifre do cavalete, como em *B*, fazendo-lhe um golpe profundo em *a* no ponto em que se há-de cortar a barra.

Dá-se novo calor, agora a caldear, enfia-se a parte enrolada e, numa broca, com um puxão acaba-se de separar essa parte da excedente e apanha-se a calda sobre o cavalete, como em *D*, de maneira a ficarmos com uma anilha muito grossa e alta.

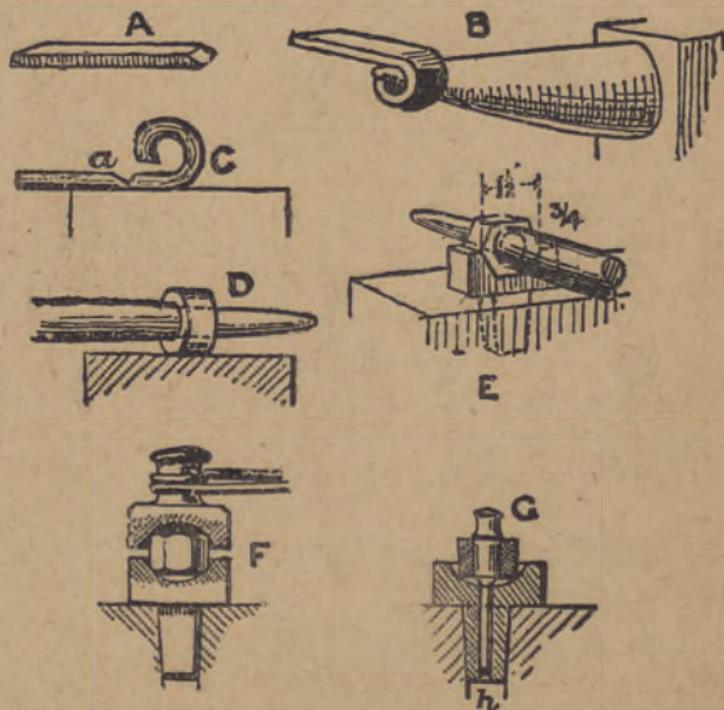


Fig. 95 — Forjamento de uma porca

Segue-se novo calor, após o qual, com a anilha medida na broca, a levamos ao molde, como em *E*, onde, pelo mesmo processo que seguimos para a cabeça do parafuso, a metemos em sextavado, terminando por fazer os chanfros só de um lado ou dos dois, como em *F*, e por calibrar o furo, metendo-lhe uma broca ou punção bem certo pela conta do furo.

Só a título de curiosidade indicámos a maneira de forjar à mão parafusos e porcas, pois hoje esse

trabalho faz-se quase sempre à máquina, onde a produção é muito maior e mais económica.

Forjar uma tenaz de canal, fig. 96. — Escolhe-se um pedaço de barra de dimensões apropriadas, o qual terá de ser forjado de maneira a formar a boca da tenaz, como em *A*.

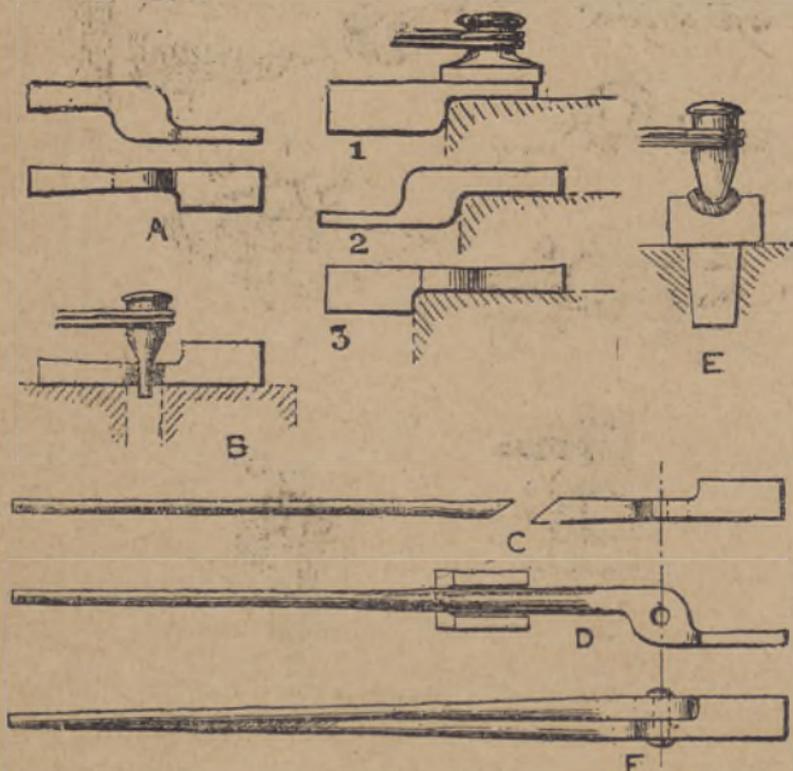


Fig. 96 — Forjar uma tenaz de canal

Para isso, dá-se um calor à ponta da barra na extensão conveniente e assentando esta a cutelo sobre o cavalete com o auxílio do assentador, como em 1, achata-se a barra até à grossura desejada.

Após segundo calor, dado agora no extremo oposto, mete-se essa parte em quadrado, puxando

o quadrado para o lado oposto ao da boca da tenaz, para o que se coloca no cavalete, como em 2. No mesmo calor ou em outro, caso seja necessário, alisam-se as superfícies, terminando a parte metida em quadrado, como em 3, por fazer-lhe na ponta uma escarva em cunha.

Repetem-se todas estas operações para se obter uma segunda peça semelhante à primeira, mas com o puxado da boca em sentido contrário e, em seguida a novo calor, fazem-se-lhes os furos para o eixo, como em *B*.

Corta-se um pedaço de varão para as pernas da tenaz, o qual se encalca num extremo, fazendo-se a escarva e caldeando-se, como em *C*, regularizando depois as superfícies com o auxílio do molde, como em *D*.

Resta fazer o canal da boca da tenaz que se obtém com o auxílio de um degolador e um molde, como em *E*, e finalmente articular as duas peças como em *F*, metendo-lhes um eixo, cujos extremos são cravados para não saltar fora.

Para que o eixo, que é cravado a quente, não fique muito rijo, prendendo os movimentos à tenaz, dá-se a esta um calor no sítio do eixo, e estando constantemente a abrir e a fechar, mergulha-se a tenaz na água até ao completo arrefecimento.

Forjar um forcado de 4 dentes, fig. 97. — Escolhe-se um vergalhão de aço, fig. 98, ao qual se puxa em primeiro lugar a ponta *A*, rachando-se depois a meio do lado oposto, como em *B*, para em seguida serem abertos os dois ramos, puxada a parte mais grossa, como em *C*, e rachados ainda a meio os extremos dos dois ramos, como em *D*.

Abrem-se finalmente os dois últimos ramos, ficando assim a peça com a forma da última figura, bastando depois puxar os quatro dentes *F*, *E*, *E* e *F* para ter o forcado pedido.

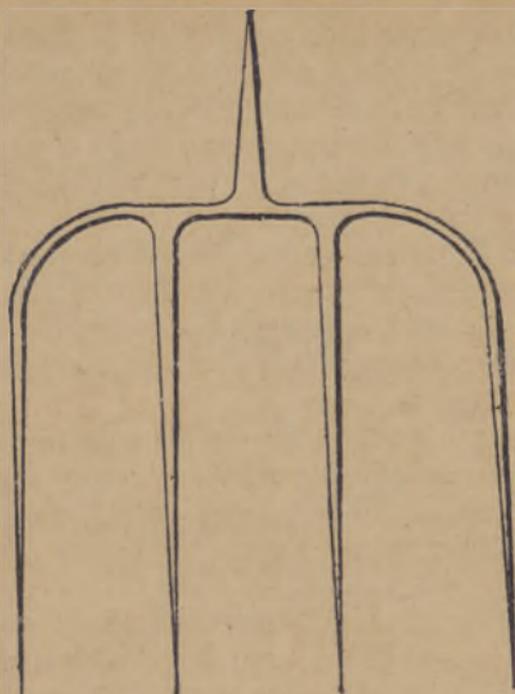
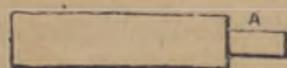
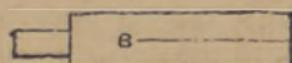


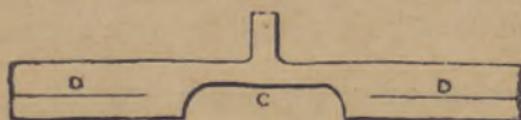
Fig. 97 — Forjamento de um forcado de 4 dentes



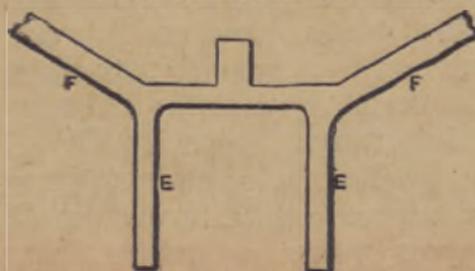
1.º calor



2.º calor



3.º, 4.º e 5.º calores



6.º calor

Fig. 98 — Fases do forjamento dum forcado

Forjar uma manilha. — Seja *A*, *fig. 99*, a forma final da manilha, sendo o diâmetro da parte redonda, por exemplo, 1 polegada.

Escolhe-se varão de polegada, do qual se corta um comprimento de 14 polegadas.

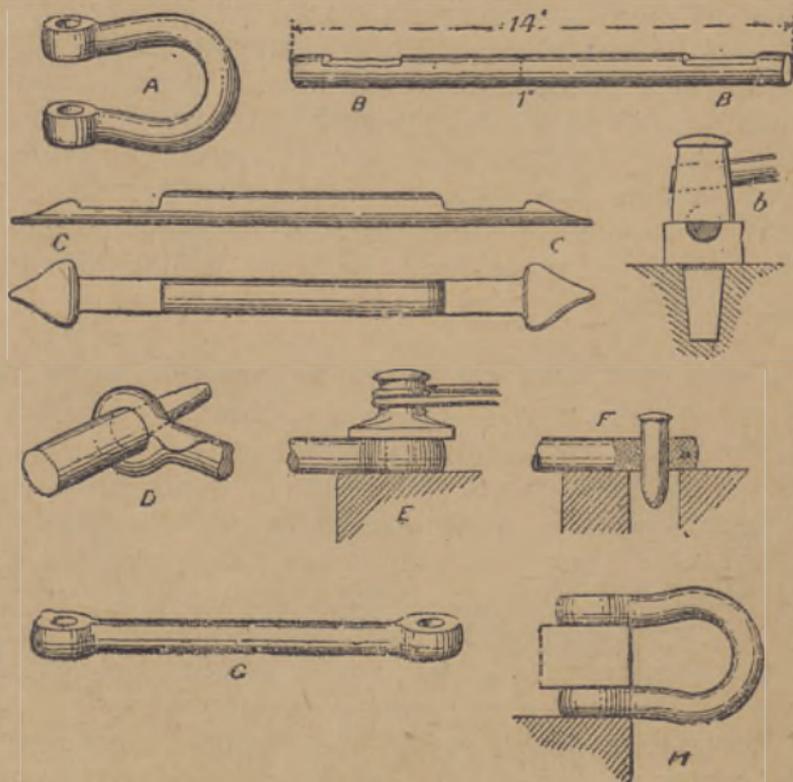


Fig. 99 — Forjamento de uma forquilha

Dando um calor em cada uma das extremidades do pedaço cortado, leva-se ao molde redondo e com o auxílio do assentador, como em *b*, achata-se a parte metida no molde por forma a ficar como se vê em *B B*.

Dando novo calor em cada extremidade, completam-se as escarvas que deverão ficar como se vê em *C C*, depois do que se enrola cada uma das pon-

tas no chifre do cavalete até se obter a forma indicada em *D*.

Caldeia-se no sítio sobreposto das escarvas, apanhando-se a calda na ponta do chifre do cavalete, alisa-se a superfície plana do olhal como em *E*, calibra-se o furo como em *F* e assim se obtém uma peça com a forma indicada em *G*, na *fig. 99*.

Dá-se novo calor a todo o comprimento de *G* e completa-se a manilha dando-lhe a forma final, tendo o cuidado de lhe interpor entre os olhais um pedaço de vergalhão como em *H*, para que a distância entre eles fique na dimensão desejada, e verificando que os furos fiquem bem *destorcidos*, isto é, com os respectivos eixos no prolongamento um do outro.

Forjar uma peça em forma de forquilha, como se vê em *A*, *fig. 100*. — Dá-se um bom calor no extremo de um vergalhão, cujo lado seja igual a *a*, e encalca-se-lhe a ponta como em *B*. Após novo calor enfia-se-lhe a parte quadrada em um furo da suécia e *derrilha-se* a parte encaçada como em *C*. No mesmo calor ou em outro sobre o cavalete como em *D*, puxa-se a parte derrilhada de forma a dar-lhe a secção rectangular com a largura do vergalhão e a espessura dos ramos da forquilha.

Marca-se o comprimento rectificado de cada um dos ramos da forquilha cortando o metal excedente e arredondando as pontas como em *E*, para o que é preciso novo calor, também aproveitado para regularizar as superfícies com o alisador.

Segue-se um novo calor, aproveitado como em *F*, para curvar os ramos da forquilha até lhe dar a forma definitiva, e a primeira parte do trabalho está concluída.

Segurando agora a obra pela forquilha, dá-se um ou mais calores no extremo oposto, calores aproveitados para meter em oitavado a parte que tem

essa forma e puxar em redondo a parte restante, como se vê em *G H*, cortando depois no comprimento desejado ou terminando por uma escarva para caldear a um varão da mesma conta, caso isso se torne necessário.

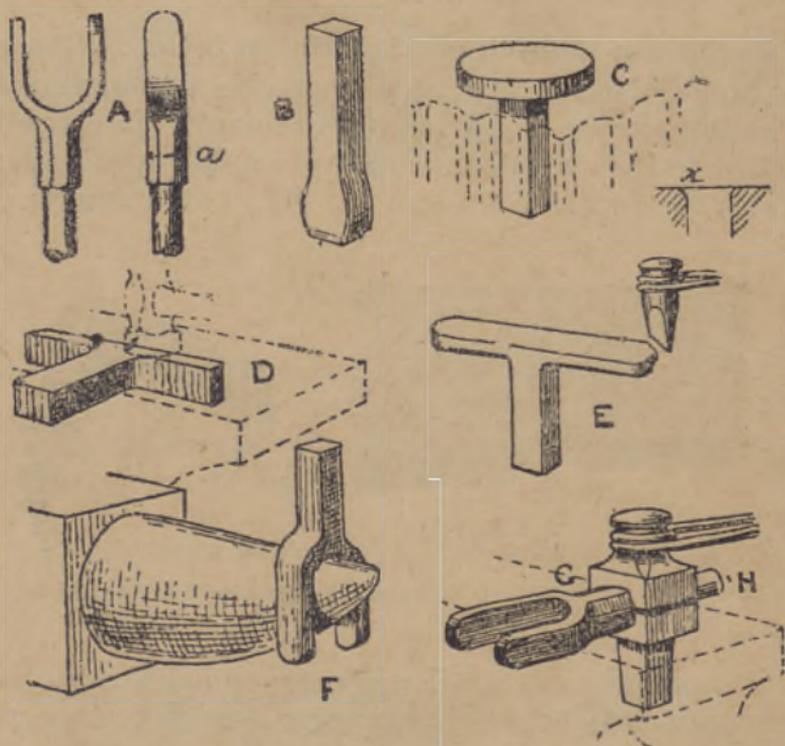


Fig. 100 — Forjar uma forquilha

Também se pode forjar uma peça em forma de forquilha, adoptando outro processo, como vai ver-se.

Empregando o mesmo vergalhão que anteriormente, marca-se o comprimento rectificado de um dos ramos da forquilha e, um pouco mais além, dá-se-lhe um calor e um encalque não tão grande como no caso precedente.

Ao centro do encalque faz-se um furo a quente

e racha-se o vergalhão desde o furo até à extremidade.

Abre-se a parte rachada até os dois ramos ficarem em linha recta, obtendo-se a forma indicada em *D*, e completa-se o trabalho seguindo a mesma ordem e métodos já indicados.

Forjar um cotovelo para união de tubos. — Toma-se um pedaço de barra ou chapa de boa qualidade e de dimensões apropriadas ao tamanho do cotovelo e, dando-lhe os calores necessários, forja-se a dar-lhe uma forma como em *A*, *fig. 101*, em que os

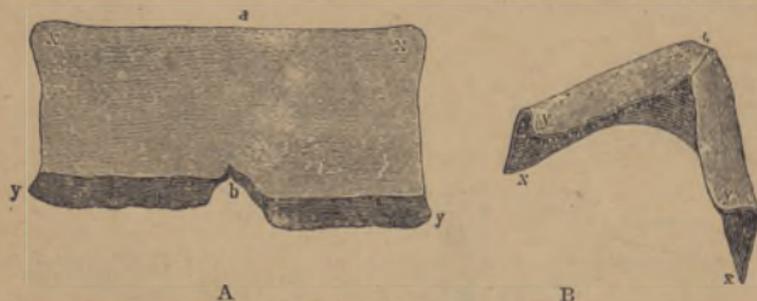


Fig. 101 — Forjar um cotovelo

dois cantos, *x x*, são levemente puxados a formarem uma saliência delgada e em *b* se faz um corte em forma de cunha.

Aquecida ao rubro a peça com esta forma, curva-se no chifre do cavalete segundo a linha *a b* e voltam-se para a parte de dentro os bordos *y b*, *y b*, de maneira a obter-se a forma indicada em *B*.

Segue-se novo calor, que se aproveita para fechar mais a curva segundo *a b* até as duas partes *y b* se sobreporem, como em *C*, *fig. 102*.

Caldeia-se essa parte, vendo-se agora o fim com que se fez o entalhe em *b*, que foi o evitar uma grande acumulação de matéria nesse ponto.

Dobram-se até se sobreporem as pontas *x x* e

caldeiam-se, ligando-as de modo a obter-se a forma do cotovelo embora ainda um pouco irregular.

Mete-se agora um molde para cada um dos furos, molde cujos extremos se ajustam como em *D*, e sobre esse molde se regulariza melhor a forma



Fig. 102 — Forjar um cotovelo

do cotovelo, que depois se conclui entre dois moldes exteriores, retirado dos quais e tirados os moldes metidos nos furos fica com a forma indicada em *E*, como se desejava.

Forjar uma cruzeta para união de tubos. — Toma-se, como anteriormente, um pedaço de barra de di-

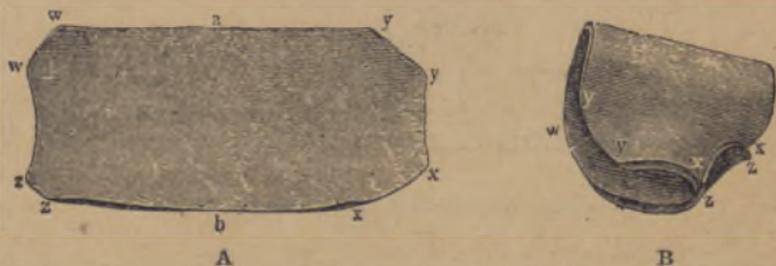


Fig. 103 — Forjar uma cruzeta

mensões apropriadas, ao qual, a quente, se cortam obliquamente os ângulos, espatilhando um pouco a aresta da parte cortada, *xx*, *yy*, *ww* e *zz*, como se vê em *A*, *fig. 103*.

Dobra-se sobre um molde ou suécia de dimensões apropriadas e segundo a linha *a b* a peça assim obtida, até se chegar à forma indicada em *C*, *fig. 104*.



Fig. 104 — Forjar uma cruzeta

Dobra-se em seguida um pouco mais o bordo *x x*, sobrepondo-lhe o bordo *z z*, como se vê em *B*, *fig. 103*.

Pratica-se a mesma operação com *w w* e *y y* e caldeando bem as partes sobrepostas obtém-se a forma indicada em *D*, que se regulariza com o auxílio de moldes até se obter a forma *E* que se desejava.



Fig. 105 — Forma da peça a forjar

Forjar uma peça de ferro ou aço com a forma de *fig. 105*. — Tomamos uma barra grossa, que depois de aquecida levamos ao martelo-pilão, onde lhe aplicamos duas talhadeiras, *fig. 106*, seguras uma pelo ferreiro, outra pelo ajudante, e com as pancadas do martelo fazemos dois entalhes profundos, como se vê na *fig. 107*.

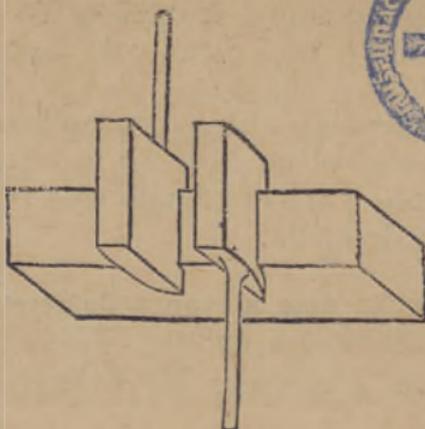


Fig. 106 — Cortes a talhadeira

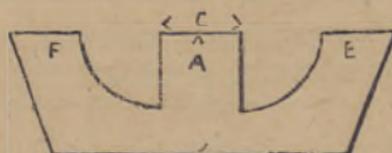


Fig. 107 — Entalhes

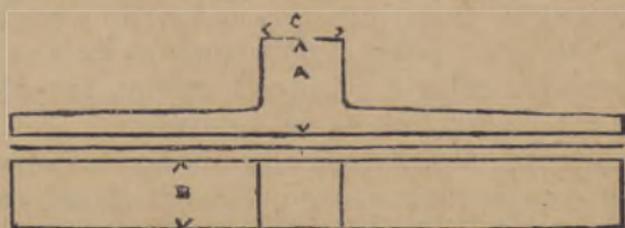


Fig. 108 — Puxar as pontas



Fig. 109 — Aplicação do degolador

Ainda empregando o martelo-pilão puxam-se as pontas *E F* até a peça ficar com a forma indicada pela *fig. 108*.

Degola-se depois o bloco *A*, aplicando os degoladores, como se vê na *fig. 109*, e termina-se o trabalho, puxando e arredondando essa parte, até ficar com a forma desejada.

Forjar ao pilão uma alavanca de ferro ou aço, com as formas e dimensões da *fig. 110*.— Este trabalho executa-se em 4 calores. No primeiro um verga-

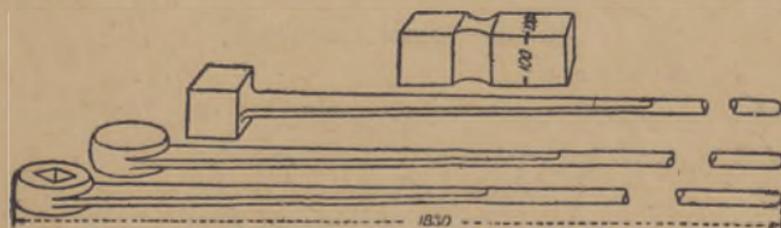


Fig. 110 — Forjar uma alavanca

lhão de 10 centímetros é degolado e cortado como mostra a figura.

No segundo calor um dos lados do vergalhão é puxado até ficar com o comprimento definitivo.

No terceiro calor é o outro extremo forjado para formar a bolacha que se vê na figura.

Finalmente, no quarto calor fura-se a bolacha em redondo com um punção e aplicando depois ao furo uma rompedeira dá-se-lhe a secção rectangular que se pretendia.

Forjar um tirante para uma máquina de vapor.— Escolhem-se dois vergalhões de dimensões apropriadas e no primeiro calor degolam-se e cortam-se, como se vê em *A* e *B*, *fig. 111*.

Levam-se novamente à forja e no segundo calor cada um dos vergalhões é puxado, dada a forma à

cabeça e pé do tirante e feitas as escarvas, como se vê na figura.

Finalmente, no terceiro calor as duas partes são caldeadas e termina-se o trabalho alisando as superfícies.

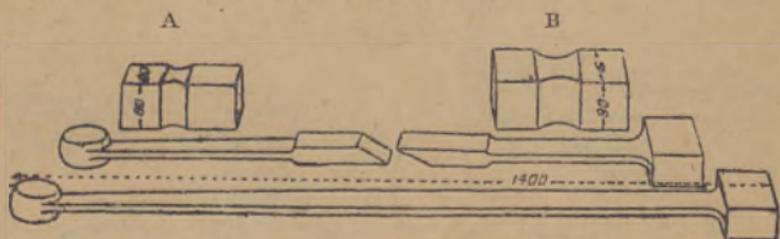


Fig. 111 — Forjar um tirante

Forjar uma alavanca com a forma da fig. 112. — Escolhido o vergalhão apropriado, aquecido e levado ao pilão a vapor ou outro martelo mecânico, e colocando-lhe uma craveira por baixo e outra por cima, fig. 113, forja-se a bolacha que essa ala-

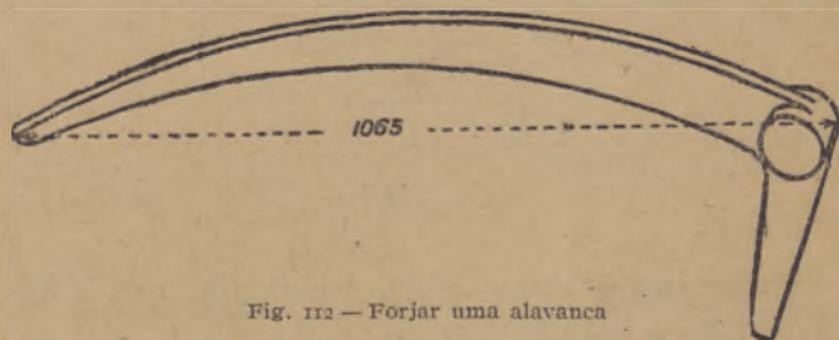


Fig. 112 — Forjar uma alavanca

vanca tem no ponto de articulação, ficando o vergalhão com a forma indicada na fig. 114, onde também se vê aplicada a talhadeira para cortar o vergalhão.

Em seguida puxa-se um dos braços da alavanca e depois de estar nas dimensões desejadas aperta-se entre os dois *tais* do martelo e um molde o outro

braço da alavanca, curvando-se o que está pronto com pancadas de malho, *fig. 115*.

Finalmente, puxa-se o outro braço da alavanca na forma desejada e alisam-se as superfícies com o alisador, moldes, degoladores, etc.

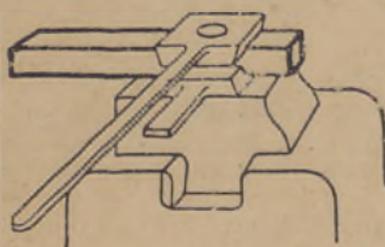


Fig. 113 — Aplicação das craveiras

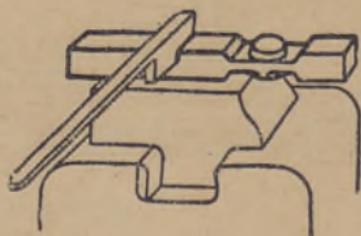


Fig. 114 — Cortar o vergalhão

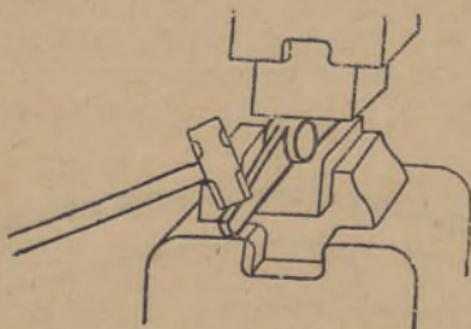


Fig. 115 — Curvar

Forjar uma âncora. — Seja *A* e *B*, *fig. 116*, a âncora que pretendemos forjar.

As primeiras operações consistem em forjar a haste *C*, o que se consegue puxando ao pilão um bloco grosso bastante para que no lugar onde vão caldear os braços, e na *noz*, fique ferro suficiente. Completa-se a haste furando e calibrando os furos para o *cepo* e para o *cavirão do anete*.

Ao mesmo tempo, em outro forno ou forja grande podem-se ir fazendo os *braços*, que são puxados

também ao pilão de modo a ficarem conforme indica a *fig. 117*, onde também se vê a forma que se dá às pontas donde se tiram as *patas*.

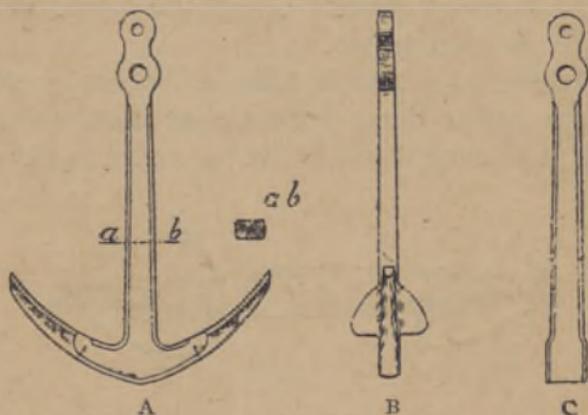


Fig. 116 — Forjar uma âncora

Em sucessivos calores vai-se aperfeiçoando cada um dos braços, até lhe dar a sua forma definitiva, que é indicada na *fig. 118*, tendo a pata sido obtida em moldes apropriados.

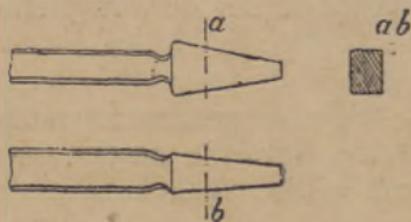


Fig. 117 — Forjar os braços para uma âncora

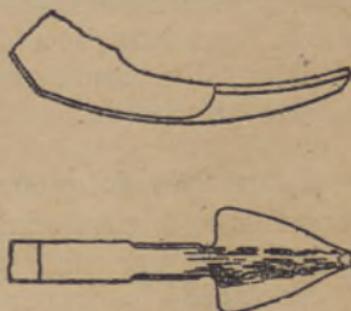


Fig. 118
Braços para uma âncora

Finalmente preparadas as escarvas como mostra a *fig. 119*, faz-se ligar, por meio de uma calda, um dos braços à haste, aquecendo cada uma destas peças em sua forja. Pratica-se a mesma operação

com o outro braço, que se caldeia do lado oposto da haste, conforme se vê na figura, e termina-se por uma calda geral que apanha as três peças, que em seguida são bem marteladas de forma a obter-se uma calda bem *apanhada* e *sã*, que ligue muito intimamente as três peças.

Em sucessivos calores toda a âncora é retocada de maneira a dar-lhe a forma e as dimensões exactas e forja-se separadamente o cepo, que em se-

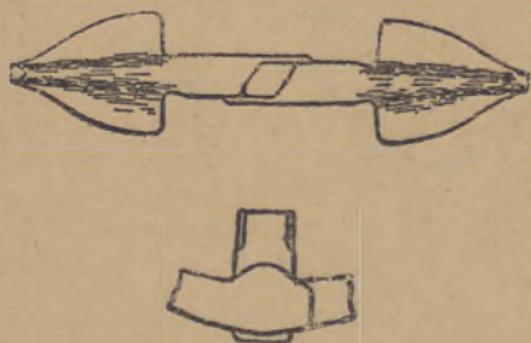


Fig. 119 — Caldear os braços

guida se mete no seu lugar. Depois de todo o trabalho concluído, a âncora é recozida ao rubro sombrio e pintada com coaltar antes de completamente arrefecida.

Fabricação de amarras. — Seja a amarra formada por fuzis de *estai* com a forma indicada na *fig. 120* e fechados por meio de uma calda.

Escolhido o ferro, que deve ser de muito boa qualidade e em varão do diâmetro do fuzil, corta-se em pedaços de um comprimento não muito exagerado, para se não tornarem pouco manejáveis.

Os *estais* são de ferro fundido e devem estar prontos antes de começar o trabalho de forjamento do fuzil.

As primeiras operações têm por fim fazer as

escarvas nas pontas do varão, o que se executa em um calor para cada ponta. Dispõe-se convenientemente um molde formado de um pedaço de ferro, *fig. 121*, com um canal não muito profundo e um dos cantos arredondado, como mostra a figura. Uma alavanca movendo-se em torno de um eixo que passa pelo centro da curva do canto e tendo um rolete com o rasto curvo, de forma que entre ele e o molde fique uma distância igual à espes-

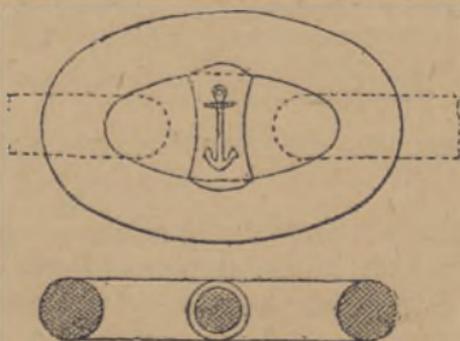


Fig. 120 — Fuzil de estai de uma amarra

sura do varão, e um parafuso de pressão destinado a fixar o varão aquecido, completam este molde.

Aquecido o varão mete-se entre o rolete e o molde, fixando-o rapidamente por meio do parafuso de pressão. Faz-se então girar a alavanca em torno do seu eixo, o que obriga o extremo do varão a tomar a forma do canto do molde, conforme se vê na figura.

Após novo calor vai o fuzil ao 2.º molde *A*, *fig. 122*, muito semelhante ao primeiro, onde o outro extremo é curvado, e depois de cortado no comprimento e feita a escarva, fica o fuzil com a forma indicada em *B*, da mesma *fig. 122*.

Dá-se agora um calor geral à peça assim forjada e leva-se ao terceiro molde, *fig. 123*, que deverá ter a forma e as dimensões exactas do fuzil.

É claro que enrolando agora a peça *B*, *fig. 122*, em torno desse molde, *fig. 123*, obteremos o fuzil como pretendíamos, mas ainda por caldear.

Com a talhadeira ou corta-frio metido entre as escarvas, obrigam-se estas a afastar-se o bastante

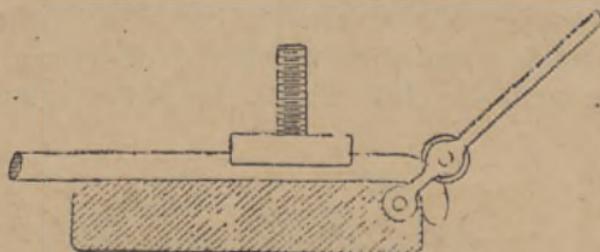


Fig. 121 — 1.º molde para virar a ponta dos fuzis

para permitir a entrada do último fuzil da parte da amarra já concluída, depois do que se apertam as escarvas e se caldeia pelos processos ordinários.

Faz-se entrar o *estai* no seu lugar, apertando-o

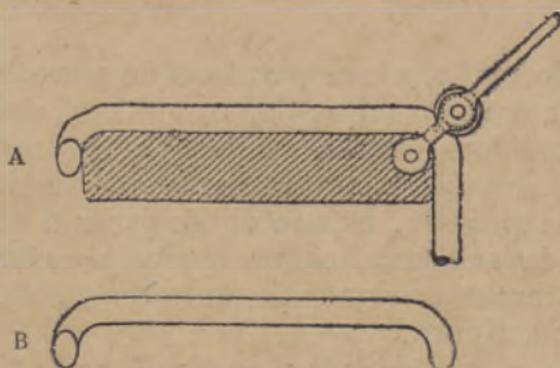


Fig. 122 — 2.º molde

por meio de pancadas do martelo-pilão dadas no sentido do eixo do *estai*, tendo o cuidado de colocar sobre o *tais* de baixo um calço que limite o curso do martelo à largura exacta do fuzil.

Por este processo os fuzis não ficam todos de

diâmetro uniforme, pois que em *a*, *fig. 124*, a meio da calda, há sempre um leve excesso de matéria, enquanto que em *b* e *c* há sempre ligeira falta. Em *d* há também sempre uma pequena depressão, pelo que a secção aí é elíptica em vez de circular.

Para evitar este inconveniente, quando se exige um trabalho mais cuidado, os fuzis são feitos de varão com um diâmetro superior àquele em que

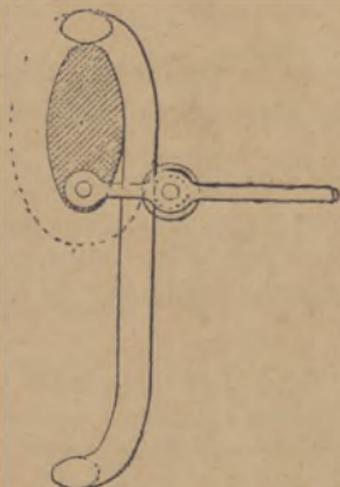


Fig. 123 — 3.º molde

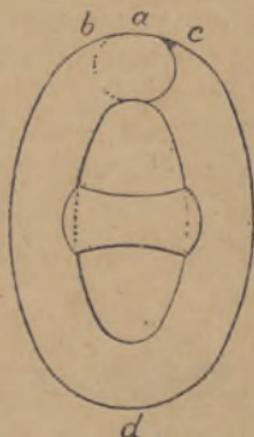


Fig. 124 — Fuzil

deve ficar o fuzil, o qual, depois de esboçado e caldeado, vai a um molde, onde, sob a acção do martelo-pilão, se adapta rigorosamente, ficando de diâmetro constante e cortando-se depois a rebarba a escopro ou à mó de esmeril.

Pelo processo de Oury, todo o trabalho é executado sobre ferro cruciforme, como em corte se vê na figura.

A primeira operação consiste em recortar as barras conforme se vê na *fig. 125*, por forma a marcar pròximamente o lugar dos fuzis na sua posição relativa.

A segunda operação consiste em dar duas séries de furos oblíquos com os eixos a 90° , nos lugares onde se deve fazer a separação dos fuzis, *fig. 126*.

Corta-se depois o metal excedente por forma a

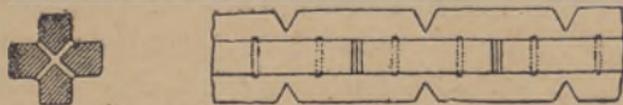


Fig. 125 — Forjar amarra

obter-se exteriormente o contorno aproximado do fuzil e fura-se internamente para o mesmo resultado ser obtido.

Os diferentes fuzis ficam assim perfeitamente distintos e ligados apenas por uma pequena porção de metal, sendo muito fácil separá-los, completando-se o trabalho pelo forjamento moldado de cada

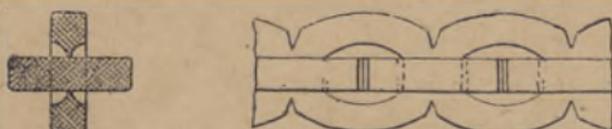


Fig. 126 — Forjar amarra

fuzil, depois do que se lhes mete o *estai* como no primeiro caso, ficando assim a amarra formada por fuzis inteiros, sem calda ou soldadura.

Forjar o caixilho para um leme, *fig. 127*. — Este trabalho executa-se forjando separadamente várias secções, que depois se caldeiam entre si, por forma a obterem-se as dimensões e feitios desejados.

Uma das secções que se forjam isoladamente é a que forma a madre do leme *I H G D F A E R*, *fig. 127*. Para isso escolhe-se varão de dimensões apropriadas e que para o nosso caso deverá ser

vura *S* e forja-se na forma indicada pela *fig. 129*. Em *J* e *L* abrem-se a quente dois furos com 4 polegadas de diâmetro e fazem-se os cortes indicados pelas linhas ponteadas, separando-se completamente a parte *M*. A outra parte é cortada e virada por

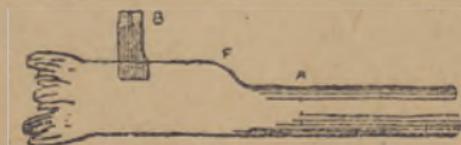


Fig. 128 — Forjar o caixilho para leme (I)

fora e forjada com a forma e dimensões com que há-de ficar.

A parte *I* caldeia-se outro pedaço de varão, o qual é forjado na sua forma definitiva, faltando apenas, para que a madre do leme fique pronta, forjar a parte *R*.

Para isso faz-se-lhe engrossar a ponta, a partir de *E*, dando-se a forma indicada pela *fig. 130*.

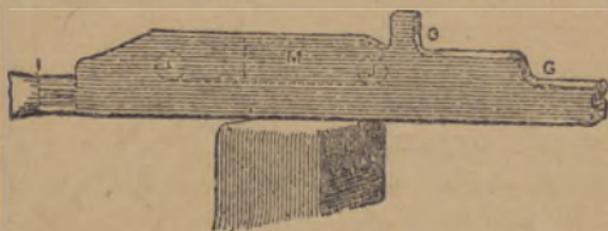


Fig. 129 — Forjar o caixilho para leme (II)

Em *Q* abre-se um furo das mesmas dimensões dos que se abriram em *J* e *L*, rachá-se pela linha ponteada e abrindo e forjando a parte cortada obtém-se a madre do leme completamente forjada, como mostra a *fig. 131*.

Enquanto a madre do leme esteve sendo forjada, noutras forjas mais pequenas forjam-se em barra

as partes exteriores do caixilho, caldeando-lhes as nervuras e dando-lhes a forma com que devem ficar, que é a indicada na *fig. 132*.

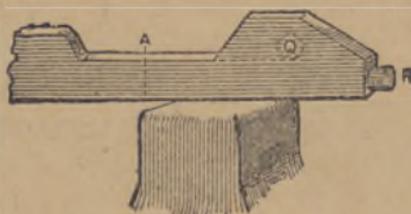


Fig. 130 — Forjar o caixilho para leme (III)

Temos assim o caixilho completo do nosso leme, formado por três secções que se vão agora ligar por caldas de chanfrão.

Para isso preparam-se os topos, fazendo-lhes as escarvas, como se vê

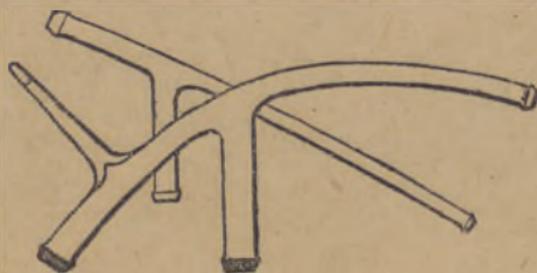


Fig. 132 — Forjar o caixilho para leme (IV)

na *fig. 133*, e forjam-se 10 cunhas de ferro, *fig. 134*, com a respectiva pega *p*.

Isto feito, arma-se o caixilho, ligando as partes separadas por meio de chapas e parafusos, e coloca-se



Fig. 131 — Madre do leme

assim armado sobre malhais, por forma que possa girar fàcilmente em torno da madre, para o que se lhe põem uns contrapesos para equilibrar o sistema e um travessão para facilitar a manobra, formando-se o que se chama uma *balança*.

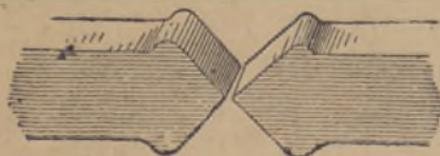


Fig. 133



Fig. 134

Forjamento do caixilho para leme (V) (VI)

Estando as coisas assim dispostas tiram-se as chapas que cobrem uma das escarvas e por baixo dela coloca-se uma forja portátil, *fig. 135*, para a qual o vento é conduzido por um tubo flexível de

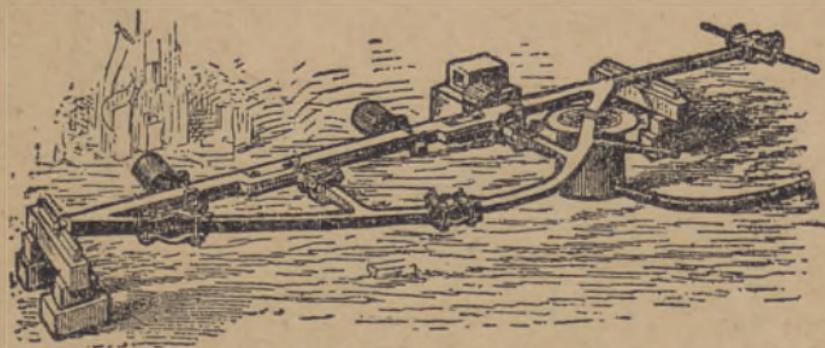


Fig. 135 — Forjamento do caixilho para leme (VII)

guta-percha. Do lado oposto põe-se o cavalete, formado por um paralelepípedo oco de ferro fundido, colocado sobre um cepo e a distância tal que, fazendo girar 180° o caixilho do leme, a escarva aquecida vá assentar em cheio sobre ele. Aquecem-se então a caldear os sítios das escarvas e uma das

cunhas, apanhando-se a calda sobre o cavalete, seguindo as prescrições já indicadas para este tipo de caldas, que neste caso são representadas na *fig. 127* pelos cortes W , X , X^1 , X^2 e X^3 .

A *balança*, pouco mais ou menos com a disposição que acabamos de indicar, é frequentemente usada pelo ferreiro para o forjamento de *obra grossa*, que assim se torna mais facilmente manejável.

Umaz vezes aproveita os próprios eixos da obra, como no caso que acabamos de expor, outras adapta pedaços de varão a servirem de eixo, tendo o cuidado de os dispor em sítio que facilite o equilíbrio do sistema e torne tão pequeno quanto possível o *balanço* da peça, quando esta gira em torno desses eixos.

As chumaceiras deste eixo ou são fixas, como na *fig. 135*, ou fazem parte de um quadro suspenso do braço menor de uma alavanca, a cujo braço maior se adapta um contrapeso que equilibre o sistema. Neste caso a alavanca acha-se suspensa do aparelho de um guindaste ou ponte girante, tornando-se a manobra fácil.

De facto, suponhamos a obra na forja; com o esforço de um só homem puxando pelo braço maior da alavanca, a obra é retirada do fogo e pela manobra do guindaste ou ponte conduzida sobre o pilão, onde é trabalhada em todos os sentidos pela facilidade em a virar em torno do eixo de suspensão.

Forjar um veio motor para uma máquina a vapor, ou, como se diz mais vulgarmente, um veio de manivelas. — Entre os vários métodos mais geralmente seguidos na execução deste género de trabalhos, vamos indicar os que nos parecem melhor adequados aos casos que mais vulgarmente se apresentam.

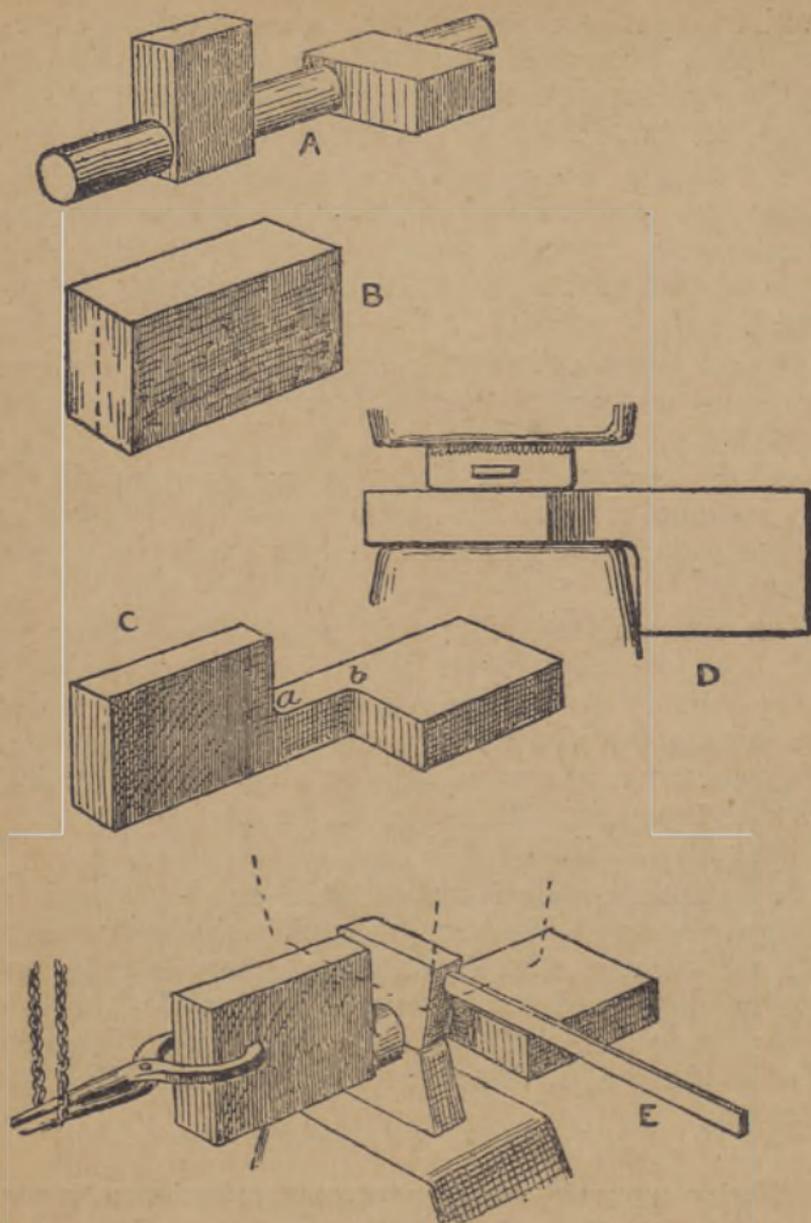


Fig. 136 — Forjar um veio de manivelas

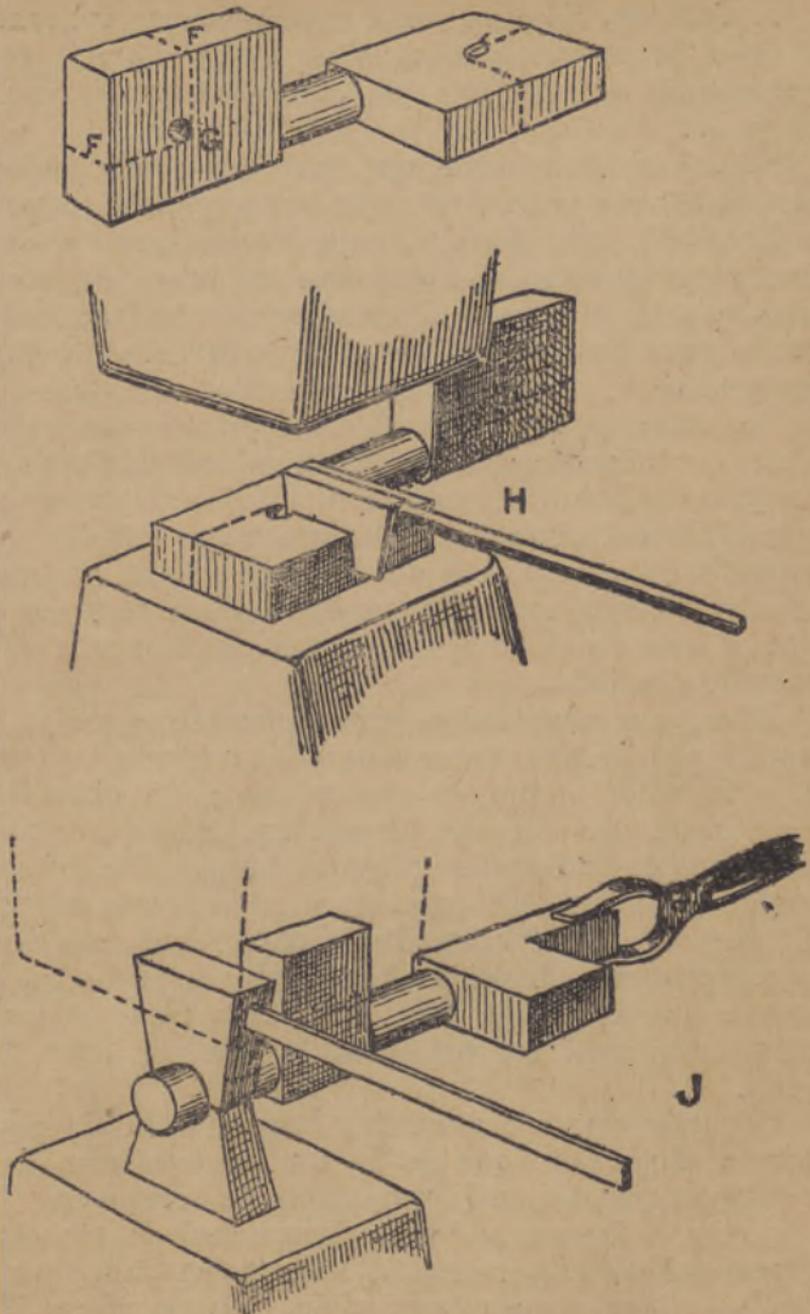


Fig. 137 — Forjar um veio de manivelas

1.º *Método*. Este método é especialmente aplicado a veios de pequenas dimensões, como o que é representado em *A*, *fig. 136*, cujo diâmetro é cerca de 50^{mm}.

Seja *A* a forma final que deve ter o veio motor com duas manivelas a 90º, que nos propomos forjar.

Escolhido um bloco *B*, cuja largura seja pròximamente igual ao comprimento do braço de uma manivela e cujo comprimento seja calculado bastante para desse bloco se poder tirar o veio que pretendemos, dá-se-lhe um bom calor e leva-se ao pilão, como em *D*, onde o bloco é puxado em um e outro sentido até ficar com a forma indicada em *C*, tendo o cuidado de conduzir o trabalho de maneira que o comprimento *a b* fique um pouco inferior ao comprimento da porção do veio que separa as duas manivelas, que estas fiquem sensivelmente a 90º e que a largura do braço da manivela fique na dimensão desejada.

Dá-se um novo calor, mas agora só a meio, o qual é aproveitado para meter em redondo a parte *a b* do veio, o que se executa metendo primeiro essa parte em oitavado, depois em redondo com o diâmetro desejado pela aplicação conveniente de um molde e contramolde aplicado ao pilão, como em *E*. O mesmo calor é aproveitado para fazer com que o comprimento dessa parte do veio e, portanto, o espaço que separa as duas manivelas, fique com as dimensões indicadas pelo desenho que nos serve de guia.

Segue-se agora o marcar a largura de cada manivela, depois do que se dá um calor a uma das pontas, para dar um furo a quente, como em *G*, *fig. 137*, tangente ao braço da manivela e ao veio, fazendo depois os cortes indicados pelas linhas ponteadas, o que se executa ao pilão, como se vê em *H*, separando assim do nosso trabalho a parte excedente de metal. É evidente que as mesmas opera-

ções e com o mesmo fim têm que ser praticadas do lado da outra manivela.

Dá-se novo calor a cada uma das pontas, a fim de as meter em redondo e com o diâmetro desejado, como em *J*, e, bem regularizadas as superfícies, verificadas todas as dimensões e o ângulo que separa as duas manivelas, faz-se alguma correcção que se reconheça necessária, depois do que o veio está pronto do trabalho de forja; deixa-se então arrefecer lentamente, ou recoze-se no forno adequado a esses trabalhos, se assim se torna necessário, e depois passa à oficina de máquinas, onde sofre o preciso trabalho de ajustagem.

2.º *Método*, ou método de Lancefield. Aplica-se para veios de grandes dimensões quando não há material de dimensões bastante grandes para dele se tirar o veio pedido.

Seja a *fig. 138* o veio em questão, cujas dimensões em polegadas se vêem na mesma figura.

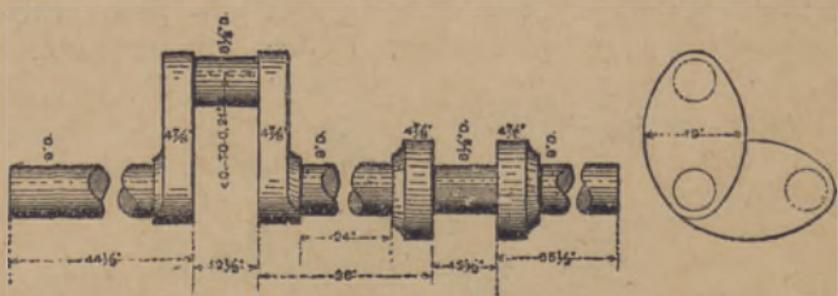


Fig. 138 — Veio motor de uma grande máquina de vapor marítima

O trabalho preliminar consiste em preparar vários blocos de ferro novo, outros de ferro usado, os quais, convenientemente ligados entre si por meio de caldas adequadas, devam dar o veio que pretendemos.

Os blocos de ferro novo vindos directamente dos

centros produtores necessitam apenas do trabalho de os cortar no comprimento desejado.

Os blocos de ferro usado obtêm-se na própria oficina, preparando os pacotes, como vai ver-se.



Fig. 139 — Pacotes

Empilham-se sobre uma prancha de madeira vários pedaços de sucata a formar uma pilha de forma pròximamente paralelepipedica, *fig. 139*, com as dimensões de $0^m,50 \times 0^m,25 \times 0^m,35$ e o peso aproximado de 140 quilogramas. O pacote assim for-



Fig. 140 — Forjamento do veio motor

mado vai ao forno, onde é aquecido, a caldear, sendo o grau de calor bem igual em toda a massa.

Em virtude da acção da gravidade esses diferentes pedaços de metal vão sendo comprimidos uns de encontro aos outros e por isso se ligam entre

si, ainda que imperfeitamente. Chegando a esse ponto retira-se a pilha do forno por meio de tenazes apropriadas e submete-se ao trabalho do martelo-pilão que liga melhor a calda e puxa o bloco dela resultante em forma de vergalhão, grosseiramente esboçado, formando-se assim um bloco com as dimensões de $0^m,75 \times 0^m,12 \times 0^m,12$ e o peso de 120 quilogramas, *fig. 140.*

Caldeiam-se depois assim alguns destes blocos por forma a obter-se um pedaço de varão de diâmetro igual ao que necessitamos para o nosso veio, no topo do qual se caldeia uma presa para melhor o podermos manusear.

Resta agora acrescentar esse varão no comprimento preciso.

Para isso achata-se-lhe levemente uma das pontas e de um dos lados sobrepõe-se-lhe um bloco de ferro novo como em *A*, *fig. 141*, caldeando-se depois como se vê em *B*; volta-se do lado oposto;

sobrepõem-se alguns dos blocos formados de sucata, separados uns dos outros por pedaços de barra, como se vê em *C*, e caldeia-se tudo, puxando em seguida a parte assim engrossada a ficar com o diâmetro do veio, do que resulta o alongamento do

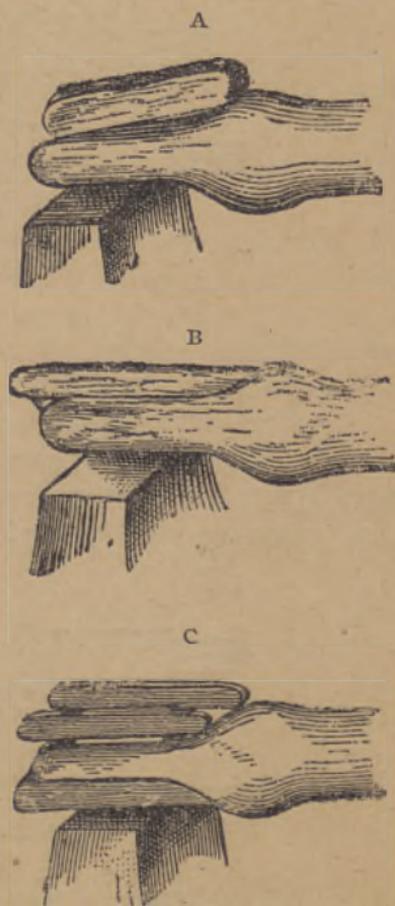


Fig. 141 — Forjamento do veio motor

nosso varão. Assim se vão sucessivamente caldeando alternados de um lado e outro blocos de ferro novo e dos formados de sucata até se obter um varão do comprimento e diâmetro do veio que

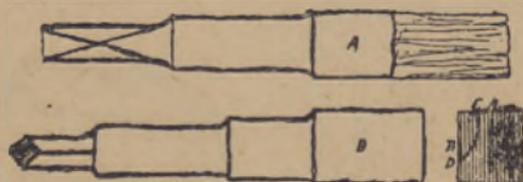


Fig. 142 — Forjamento da manivela do veio motor

pretendemos obter, completando-se assim a primeira parte do trabalho.

A outra parte, que consta do forjamento das manivelas, faz-se à proporção que o veio vai atingindo o comprimento em que elas devem ficar. Deve porém notar-se que presentemente todos os veios de

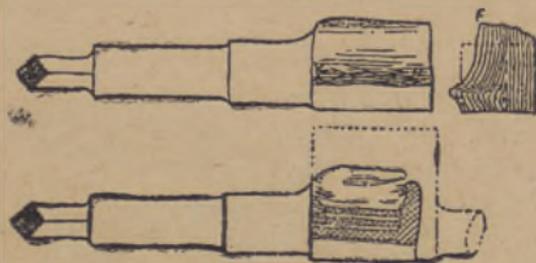


Fig. 143 — Forjamento da manivela do veio motor

grandes dimensões são seccionados, correspondendo a cada secção uma manivela, ligando entre si as diferentes secções por meio de pratos de união e parafusos.

O método Lancefield para forjamento de manivelas consta do seguinte:

Obtido o varão do diâmetro desejado vai-se acrescentando pelo processo já indicado até se obter um comprimento pouco superior àquele com que deve ficar a manivela, deixando essa parte em quadrado e mais grossa do que a outra, como se vê em *B*, *fig. 142*.

Escarva-se depois de lado uma das faces do quadrado numa extensão igual ao comprimento total da manivela, escarva que deve ser côncava, como é indicado pela linha *CD* da mesma figura ou como mais claramente se vê na *fig. 143, F*.

Sobre esta escarva colocam-se vários pedaços de barra e, levando o metal ao forno, aí se aquece a



Fig. 144 — Forjamento da manivela do veio motor

caldear, apanhando depois a calda sob o martelo-pilão. Faz-se em seguida nova escarva como em *B*, mas do lado oposto, repetindo-se as mesmas operações de um e outro lado como em *CD*, pelo que o metal vai crescendo até se obter a manivela, como se vê na *fig. 144*, que também mostra a direcção das fibras do metal.

Acrescenta-se depois o veio seguindo o processo já indicado, forjando as outras manivelas, se as houver, e assim se obtém o veio pedido.

3.^o Método. Este método pode seguir-se quando, sendo o veio de grandes dimensões, se dispõe contido de um grande bloco donde se pode tirar inteiro o veio pedido e que no nosso caso, *fig. 144*, é um veio com três manivelas.

As primeiras operações têm por fim esboçar a forma do extremo do veio, o qual, como se vê em 1, termina por um prato saído da forja na mesma peça.

Para isso, depois de caldear ao bloco uma presa que facilite a sua manobra, mete-se-lhe um dos extremos em oitavado com o diâmetro em círculo inscrito pròximamente igual ao do prato de união. Marcada a espessura do prato puxa-se também em oitavado um comprimento calculado como bastante para dar o extremo do veio.

Mete-se em seguida em redondo a parte que forma o prato, puxando essa parte a um dos lados, como se vê em 1.

Obtém-se assim, como se vê na figura, um bloco paralelepipedico, cuja secção foi moldada entre um molde e o *tais* de cima, Tc , como está indicado na mesma figura, de forma a ficar com a secção do braço de uma das manivelas, bloco que termina por uma parte em oitavado para o extremo do veio e pelo prato P que o termina.

Suspende-se nesta altura o trabalho de forja e procede-se à traçagem das manivelas. Isto feito, fazem-se a frio, ao engenho, os furos 1, 2, 3, 4 e 5, que determinam as posições das manivelas, cortando-se depois também a frio, em máquinas apropriadas, os pedaços em forma de V, com vértice nos furos dados, conforme indica a figura.

O eixo do veio é agora representado pela linha quebrada pontuada que se vê na figura, tendo por fim o trabalho que se segue rectificar essa linha, como se vê em $P P'$, n.º 3, da mesma figura.

Para isso, volta o bloco ao forno e quando tenha um bom calor leva-se ao pilão, apoiando-se sobre moldes assentes em malhais, de forma que o *tais* de cima Tc , *fig. 145*, n.º 1, ao qual também se adapta um molde, batendo sobre a manivela G , que pela parte de baixo está em vão, a obrigue a descer, ficando então a peça com a forma indicada em 2.

Repetindo as mesmas operações para o lado onde está a manivela *A*, obtém-se a forma indicada em 3, em que as três manivelas já estão perfeitamente distintas e às respectivas distâncias umas das outras, mas com os eixos dos seus braços todos no mesmo plano.

Passa-se agora a presa de *P* para *P'*, aquece-se o extremo do veio onde está a manivela *A* e esbo-

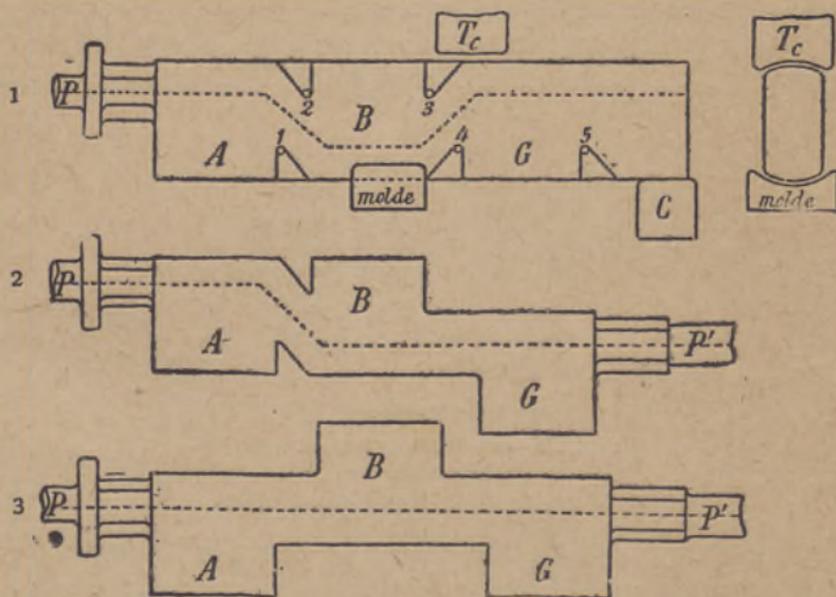


Fig. 145 — Forjar um veio com três manivelas

ça-se melhor essa manivela e a parte compreendida entre ela e a manivela *B*, a qual é metida em redondo.

Procede-se agora à torção da manivela *A*, de forma que o seu eixo faça com o eixo de *B* o ângulo desejado. Para isso, dá-se um bom calor à parte compreendida entre as manivelas *A* e *B* e leva-se o veio ao pilão apertando entre os *tais* do pilão a manivela *A*, de forma que esta fique bem segura. Mete-se na manivela *M*, fig. 146, uma braçadeira

de ferro bastante resistente e com a forma indicada na figura, em um dos ramos da qual se engata o aparelho *A* da ponte girante, indispensável em uma oficina onde se fazem trabalhos pesados.

É evidente que fazendo agora funcionar o aparelho da ponte, destinado à elevação de pesos, o veio vai torcendo e a manivela deslocando-se, prosseguindo-se nesta operação até que os eixos de *A* e *B* formem o ângulo desejado, o que se verifica por meio de escantilhões adequados.

Conseguido este resultado, em sucessivos calores completa-se o trabalho, moldando o prato na sua

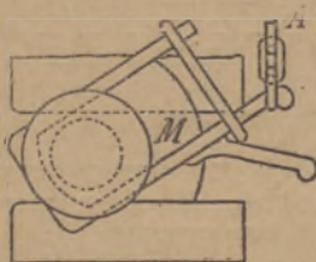


Fig. 146 — Aparelho para a torção das manivelas

forma definitiva, assim como a parte cilíndrica do veio compreendida entre o prato *P* e a manivela *A*, e entre esta manivela e *B*, verificando as dimensões, corrigindo, se preciso for, de forma a ficar tudo como deve.

Torna a presa a passar de *P'* para *P*, esboça-se a forma do extremo cilíndrico do veio e da parte compreendida entre as manivelas *G* e *A*.

Faz-se a torção no sentido conveniente da manivela *G*, seguindo os processos já indicados para a torção de *A*, e, conseguido esse resultado, completa-se o trabalho moldando a manivela *B* na forma definitiva, depois a porção de veio, entre *B* e *G*, a seguir a manivela *G* e finalmente a parte extrema

do veio, o qual, depois de separada a presa e cortado no comprimento, estará pronto do trabalho de forja, após o qual deverá ir a recozer ao forno.

Fabricação de tubos sem soldadura.— Antes de encerrarmos este capítulo, vamos indicar, embora de uma forma muito sumária, os processos seguidos na fabricação de tubos.

A *fig. 147* mostra em corte os cilindros de um laminador disposto para este género de trabalhos, o qual é caracterizado pela disposição dos respec-

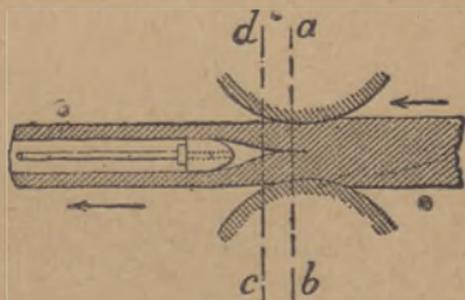


Fig. 147 — Fabricação de tubos

tivos cilindros, os quais, em vez de serem paralelos, formam entre si um determinado ângulo.

Fazendo passar neste laminador um varão previamente aquecido, o qual é guiado no seu movimento por forma a seguir a direcção da bissectriz do ângulo formado pelos cilindros do laminador, este varão terá dois movimentos, um de translação no sentido indicado e outro de rotação em torno do seu eixo.

Vê-se que no varão submetido ao trabalho do laminador assim disposto, em virtude de as moléculas da periferia terem movimento helicoidal mais rápido do que o adquirido pelas moléculas do centro, se produz uma cavidade ao centro do varão, conforme se observa na *fig. 147*, do que resulta

um tubo cuja parte oca pode ser regularizada por um molde, conforme se vê na figura, o qual tem a forma ogival para melhor facilitar o trabalho.

Este processo exige um considerável dispêndio de força motriz e uma velocidade muito grande dos cilindros do laminador.

A *fig. 148* representa o esquema de outro aparelho destinado ao mesmo fim e funcionando por

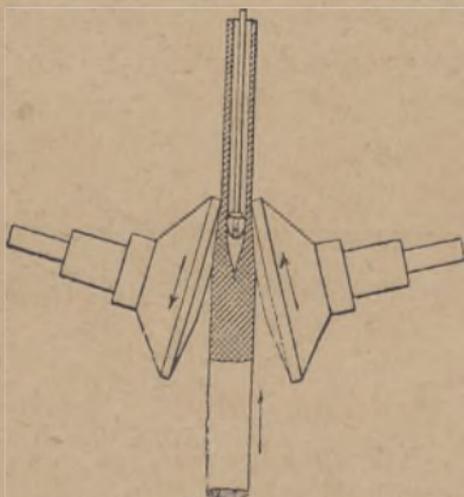


Fig. 148 — Fabricação de tubos

forma semelhante, mas em que os cilindros do laminador são substituídos por dois roletes tronco-cônicos de eixos não paralelos.

Em qualquer destes aparelhos não pode obter-se o tubo acabado, mas apenas esboçado, sendo necessário levá-lo a outro laminador especial, donde então sai devidamente regularizado e calibrado.



APÊNDICE

Gradeamentos e decorações em ferro forjado

Usualmente a manufactura de gradeamentos e motivos decorativos em ferro forjado constitui uma especialidade de algumas oficinas de serralharia civil; como, porém, a parte mais importante da sua execução é sem dúvida alguma a do forjamento, por isso lhe damos lugar neste volume, pois todo o ferreiro deve conhecer os processos mais geralmente seguidos para a execução deste género de trabalhos, sobre os quais daremos algumas indicações, embora resumidas. Do ferro forjado se podem obter motivos decorativos com aplicação a gradeamentos para portas, janelas, etc.

Como auxílio, apresentamos uma série de estampas, extraídas de catálogos de fábricas estrangeiras que exclusivamente se dedicam a esta especialidade. Devido ao pequeno formato do *Manual*, estas estampas tiveram de ser reduzidas, servindo no entanto para dar umas leves indicações, que a prática do officio completará, permitindo com um pouco de habilidade e de gosto obter *traços* maiores para a execução de um determinado trabalho.

Obtido o desenho da obra que se pretende executar em ferro, é necessário passá-lo em grandeza natural para uma tábua, ou melhor ainda para uma chapa de ferro, com o fim de a ela se sobre-

porem as peças a executar, ainda quentes, e assim verificar rapidamente se as suas dimensões e formas estão rigorosamente exactas. Além disso,



Fig. 149
Pontas espatilhada
e de cabeça

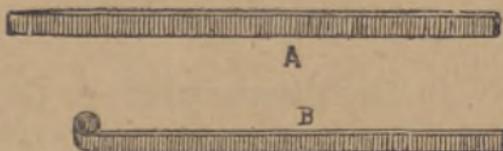


Fig. 150 — Forjar ponta espatilhada

desse traçado se tiram as formas para os *moldes* e *suécias* que servem para a execução das variadas curvas empregadas na ornamentação.

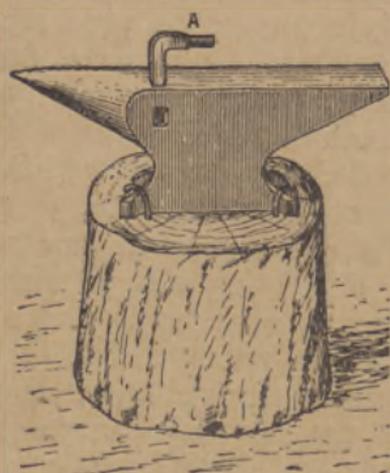


Fig. 151 — Cavalete com chifre
para espatilhar

Este género de trabalho é conhecido pelo nome de trabalho de *risco*, e há a distinguir duas formas: a primeira *A*, de *ponta espatilhada*, fig. 149, e a se-

gunda *B*, de *cabeça*, sendo usualmente mais empregada e de mais fácil execução a de ponta espatilhada.

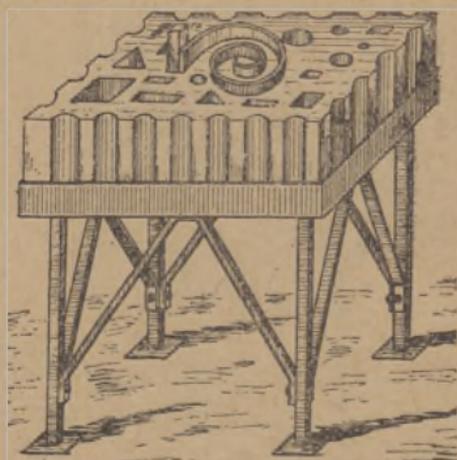


Fig. 152 — Virar barras na suécia



Para se obter uma curva de ponta espatilhada corta-se uma barra de ferro com o comprimento necessário e espatilha-se a ponta, como se vê em *A*, fig. 150; vira-se em seguida o extremo espatilhado,

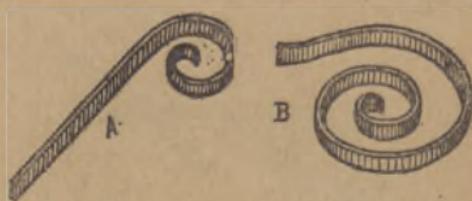


Fig. 153 — Caracóis

como em *B*, num *chifre* apropriado, com o diâmetro conveniente para a curva que se pretende obter. Este *chifre* *A* é montado no cavalete, fig. 151.

Obtida a primeira volta, que é apertada e curta, continua-se a curva se ela for em espiral (vulgarmente designada por *caracol*), empregando-se dife-

rentes moldes montados na *suécia*, *fig. 152*, cujo número é variável com o maior ou menor desenvolvimento da curva que se pretende obter.

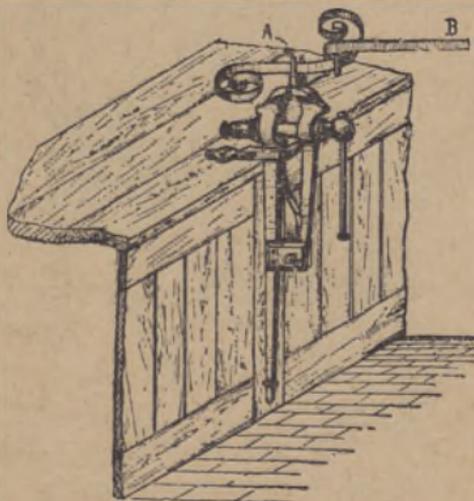


Fig. 154 — Acabamento no torno de bancada

Assim, para se conseguir um caracol como mostra a *fig. 153*, são necessários dois moldes, o primeiro para se obter a curva *A* e o segundo para

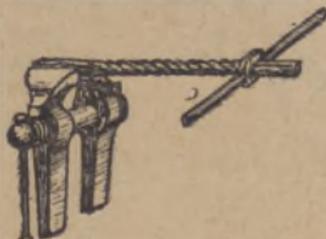


Fig. 155 — Torcer um vergalhão

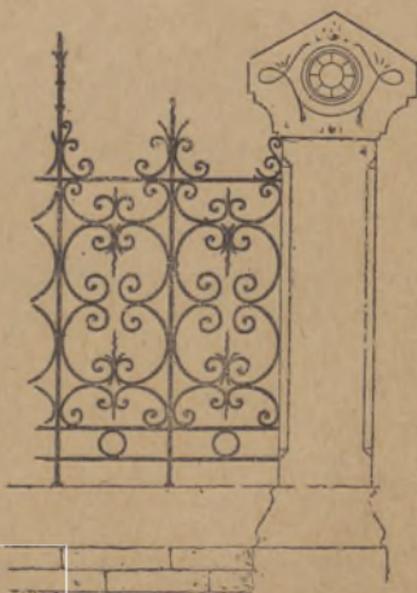
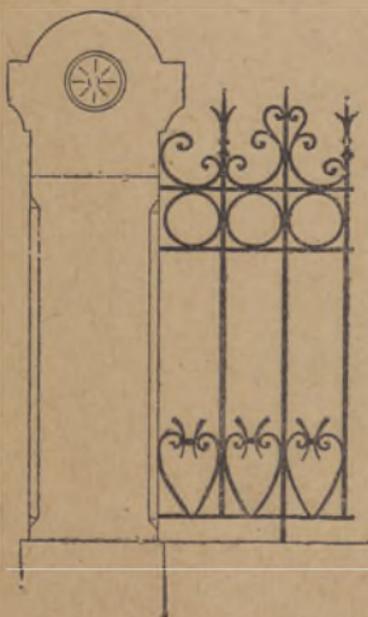
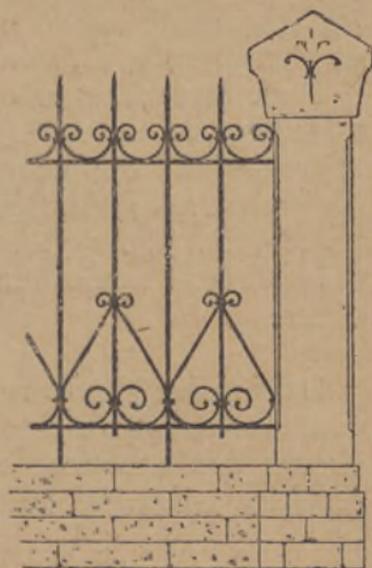
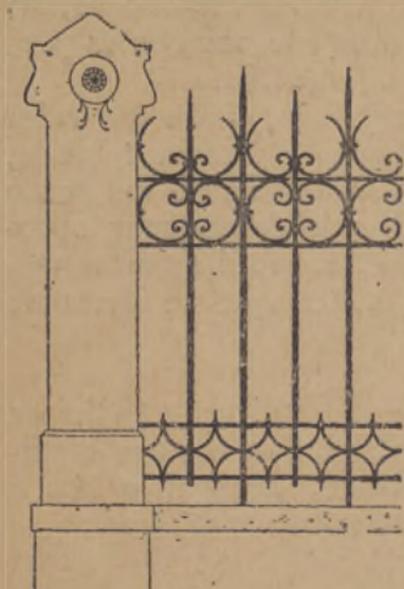
a curva *B*. Aquecida a barra ao rubro, obriga-se a contornar o modelo fixado na *suécia*, o que facilmente se consegue com alguma prática.

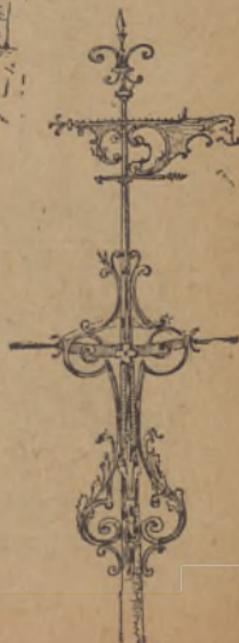
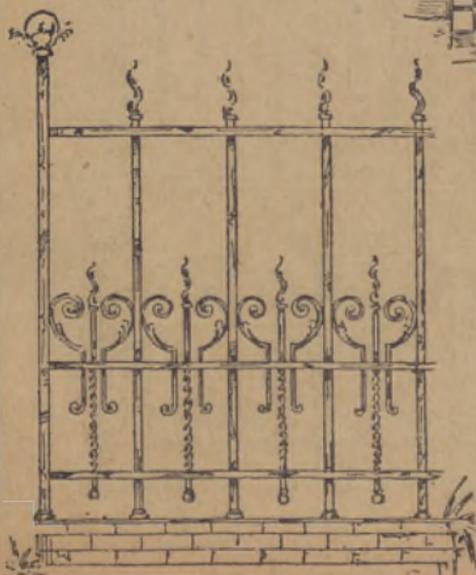
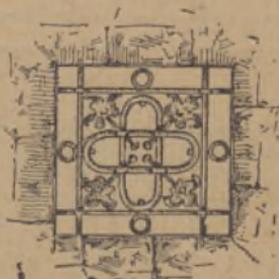
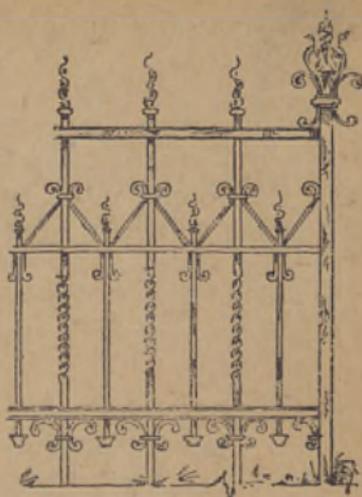
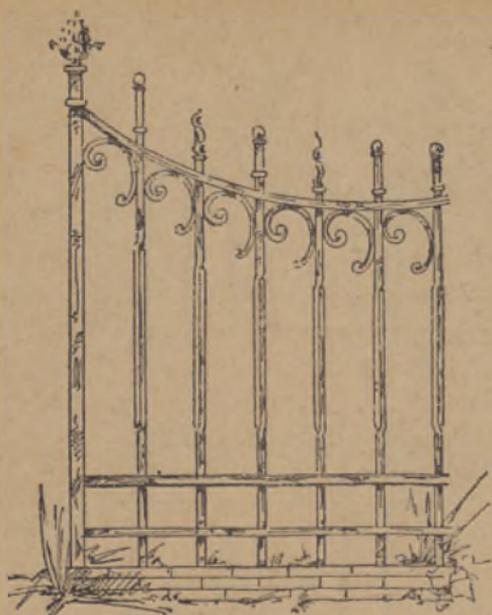
O acabamento do caracol obtém-se levando a

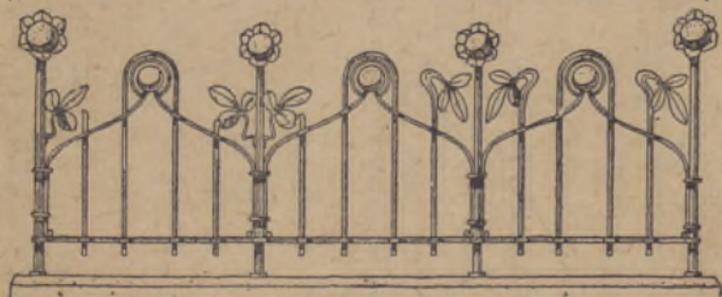
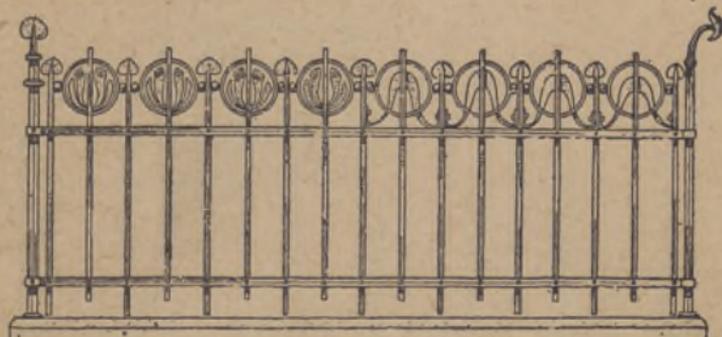
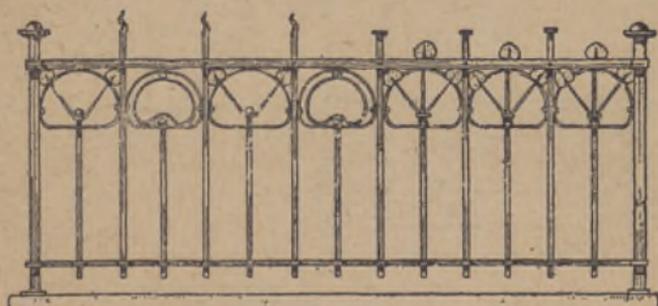
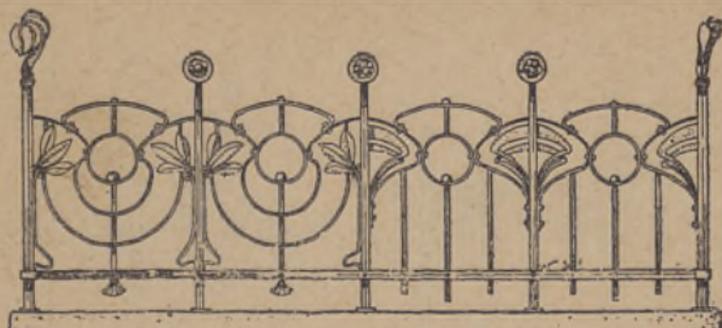
barra a um torno de bancada, no qual se aperta uma peça de ferramenta que se chama *dente-de-lobo*, *A*, *fig. 154*, onde se obriga a curva com uma outra peça de ferramenta, *B*, chamada *forquilha*.

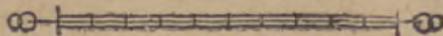
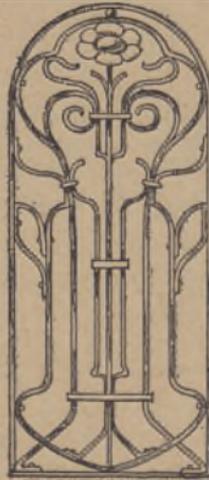
Para torcer barra ou vergalhão, dá-se um calor no ferro na extensão em que se deseja torcê-lo, aperta-se um dos extremos nas bocas de um torno de bancada e, empregando um desandador apropriado, *D*, *fig. 155*, torce-se, dando-lhe tantas voltas quantos anéis tem a hélice que se pretende obter.

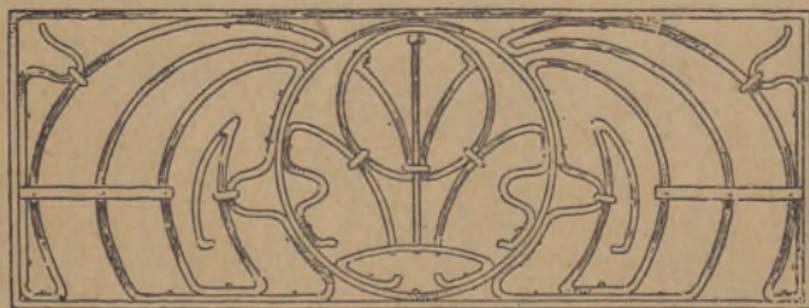
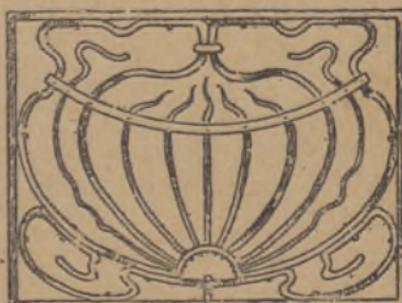
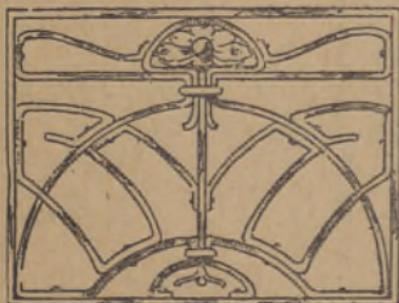
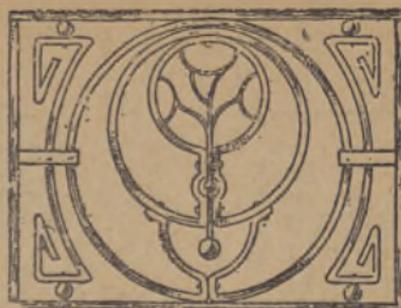
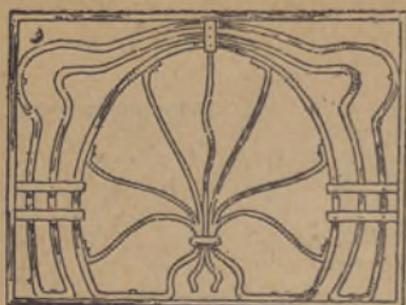
Da prática do ferreiro e da aplicação judiciosa dos moldes que as formas mais ou menos caprichosas dos desenhos indicarem, depende a boa e artística execução deste género de trabalhos.

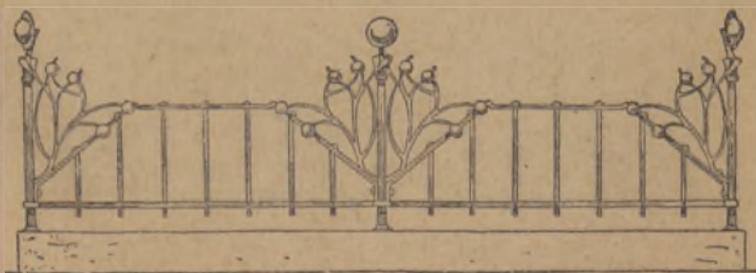
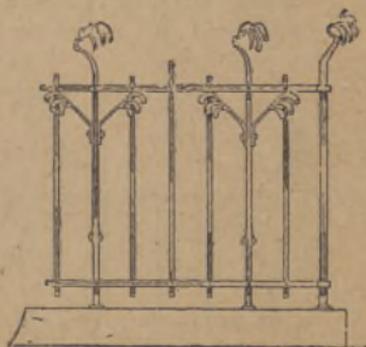
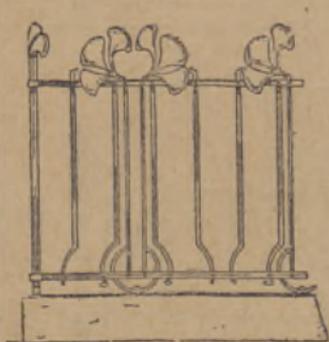
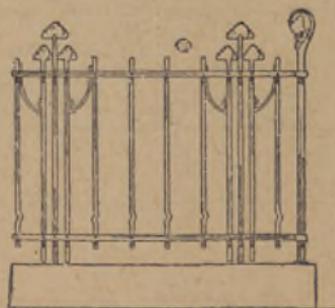
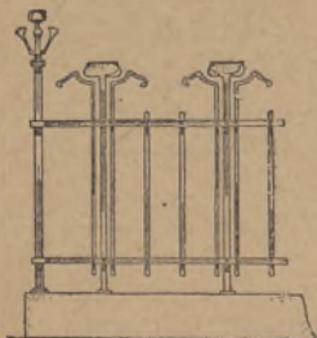


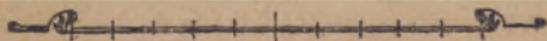
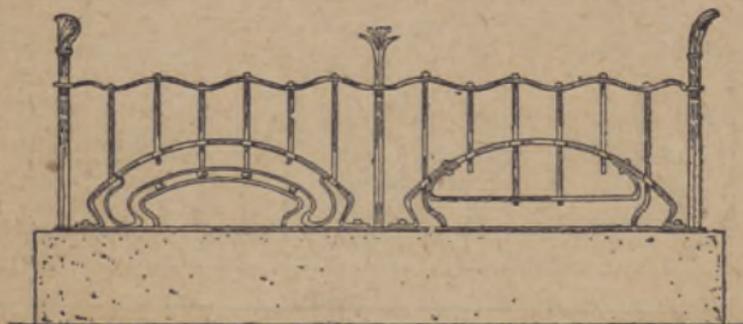
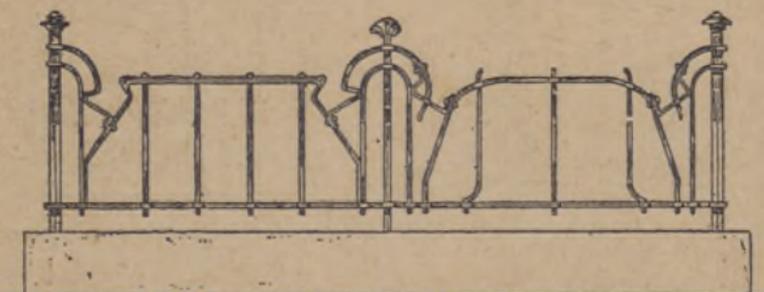
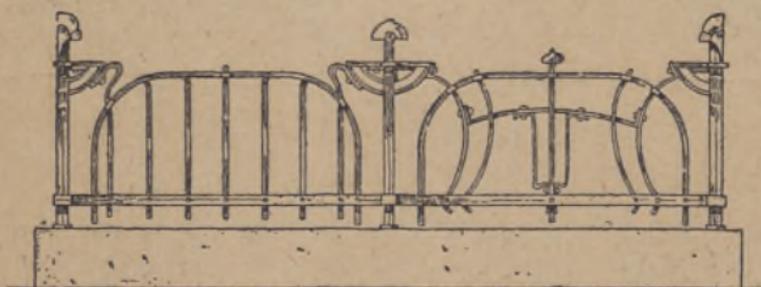
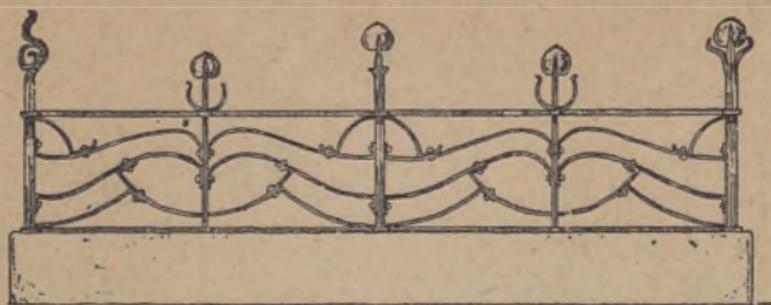


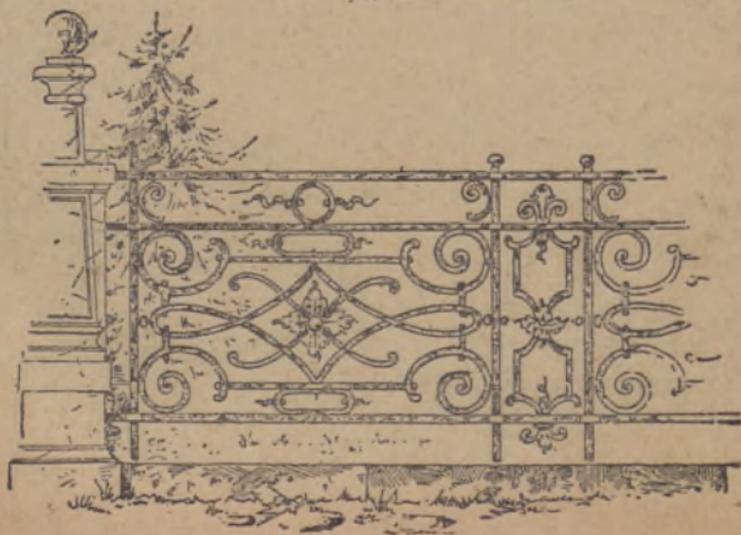
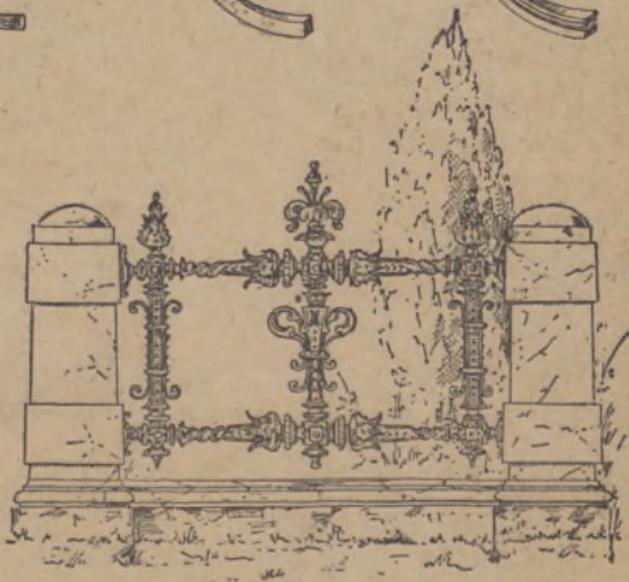


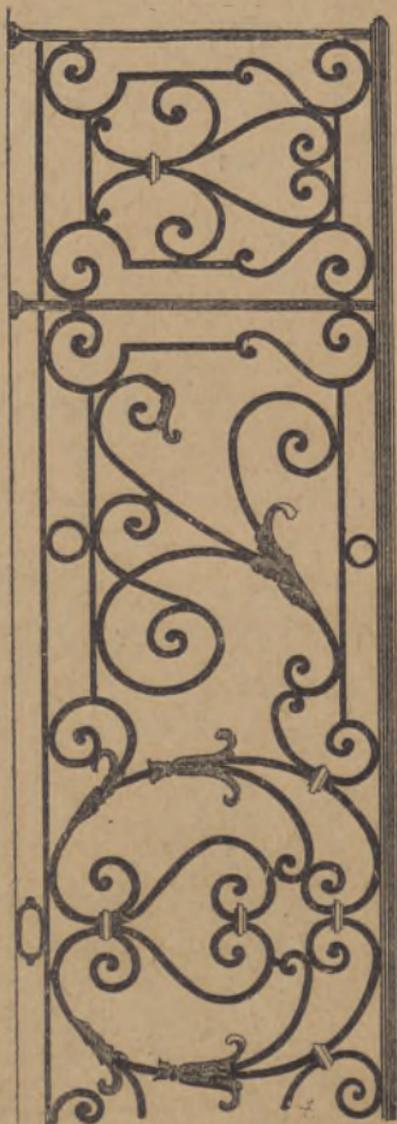


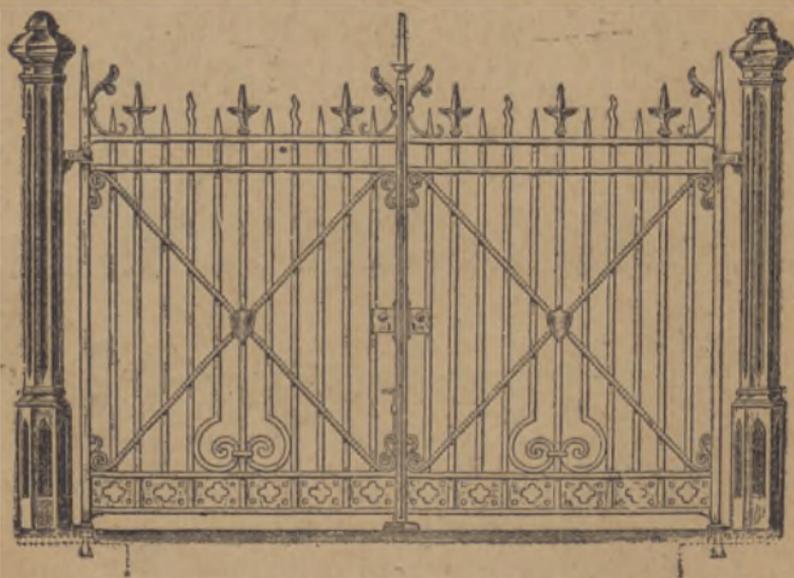
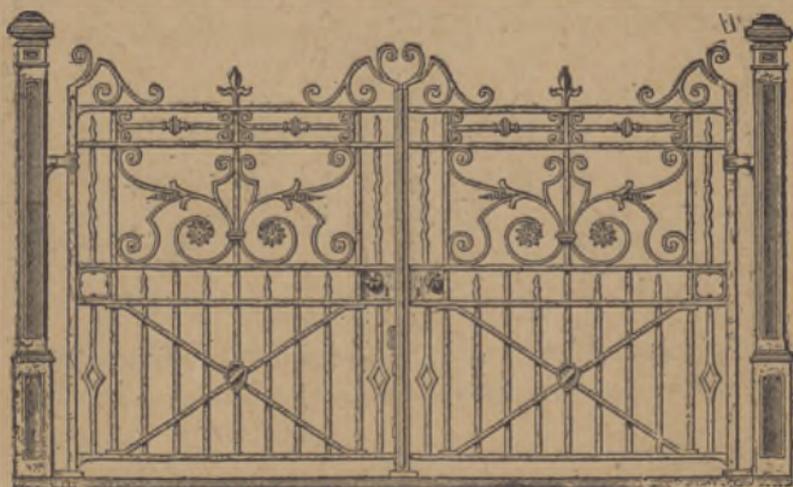


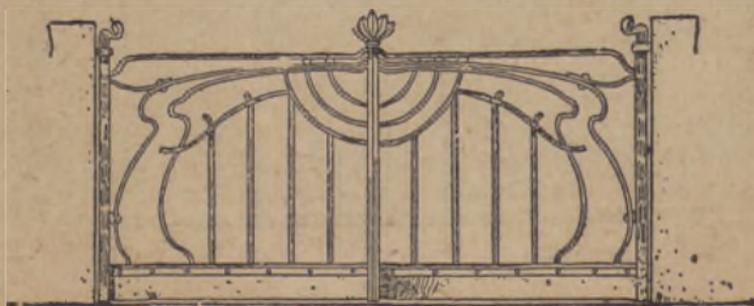
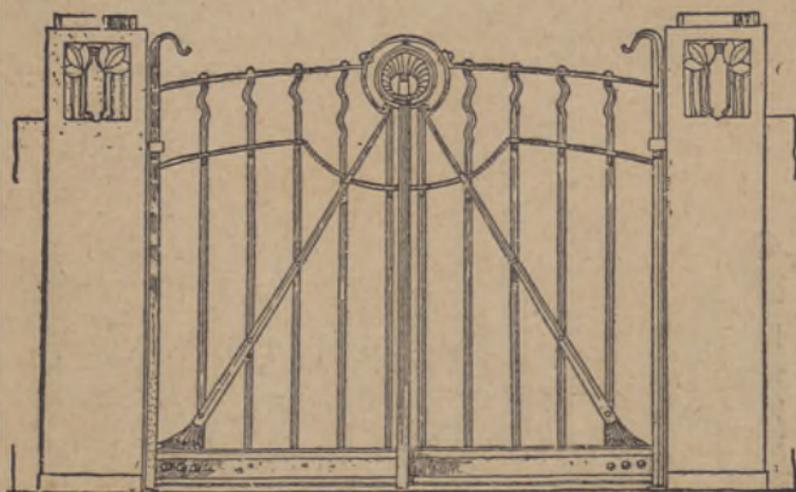
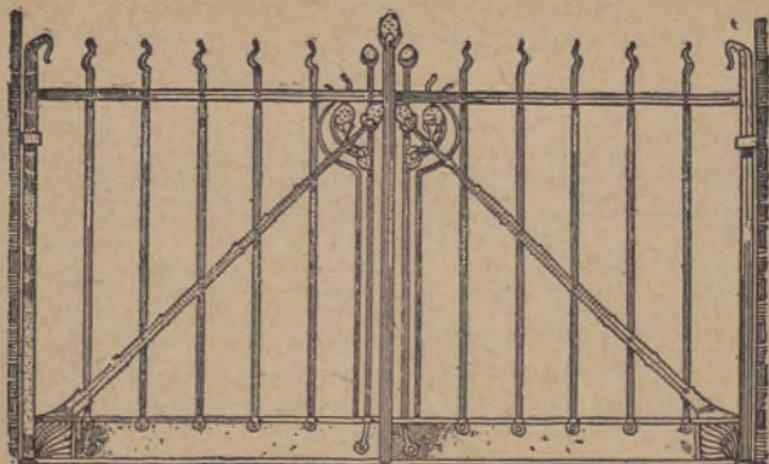


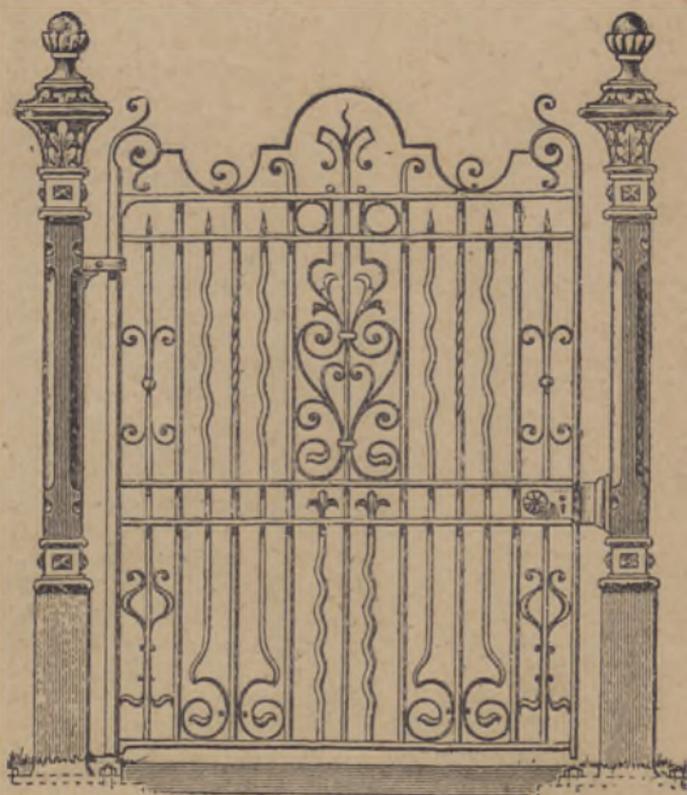
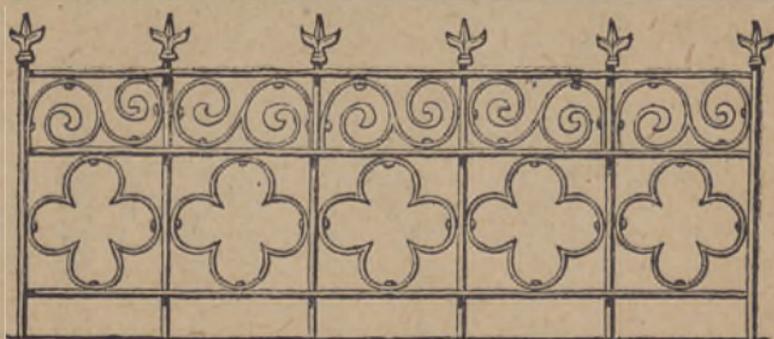


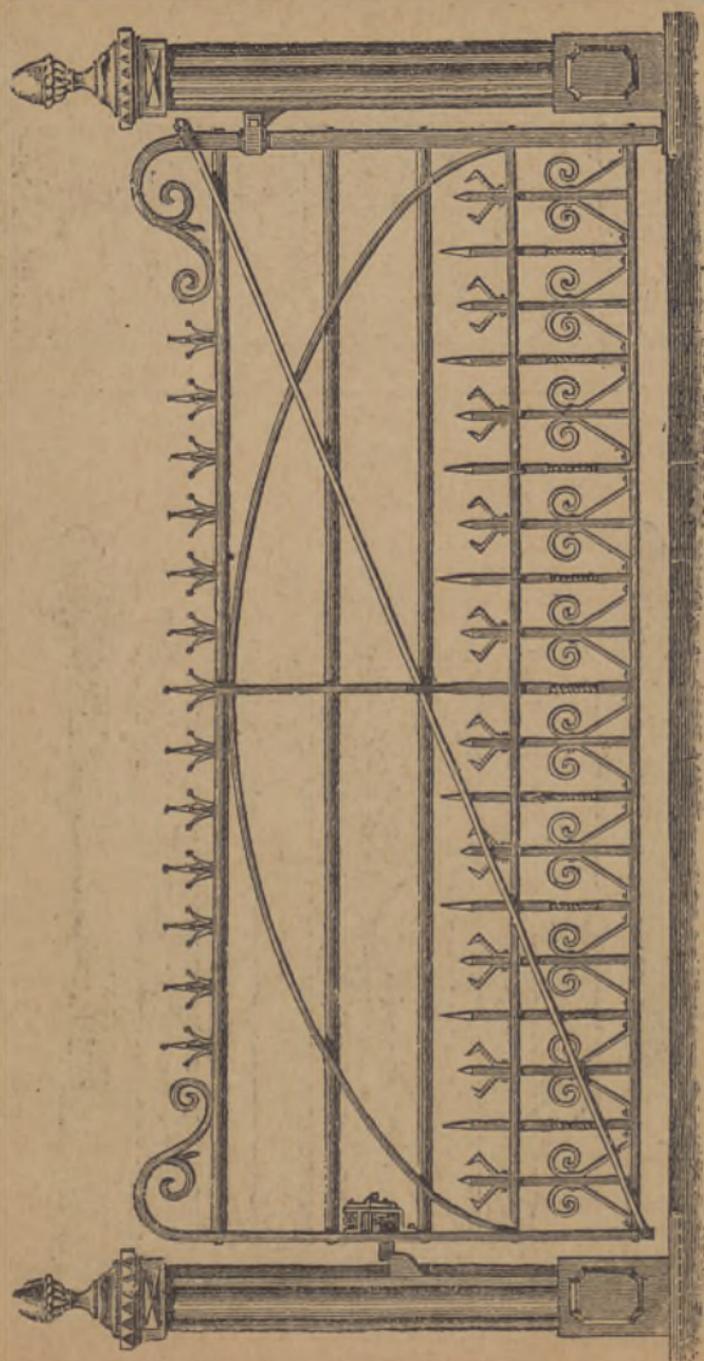


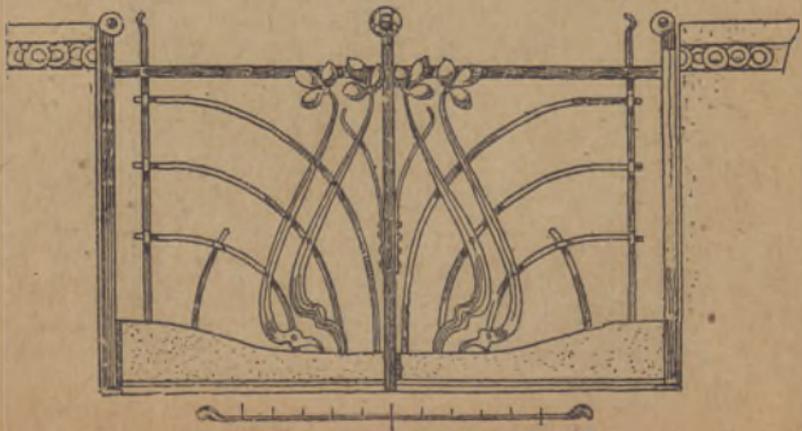
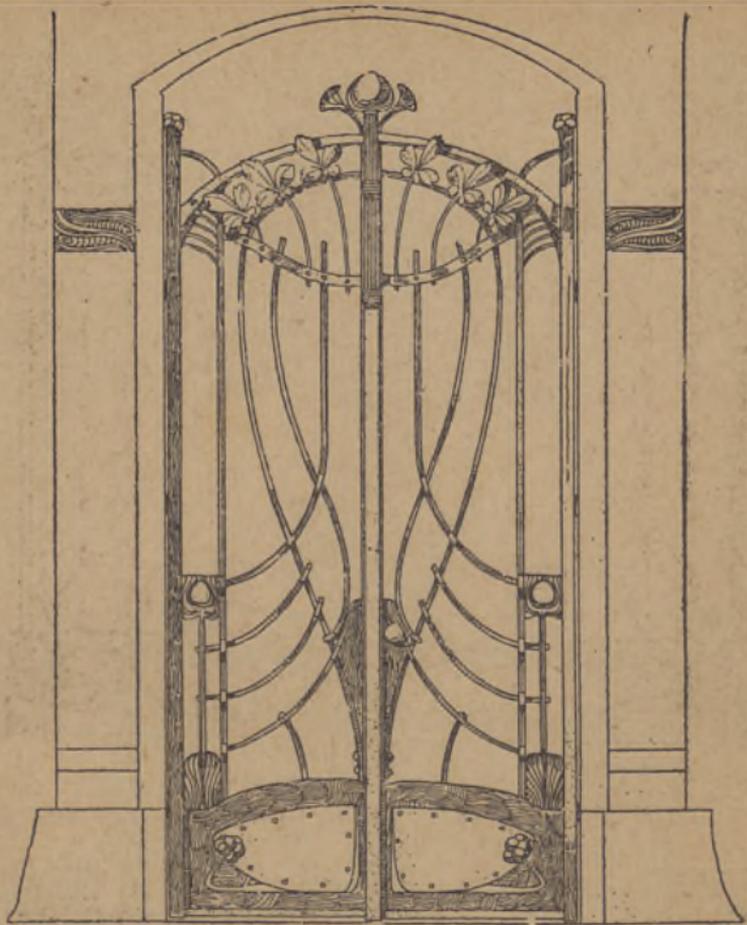


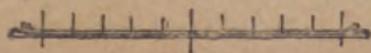
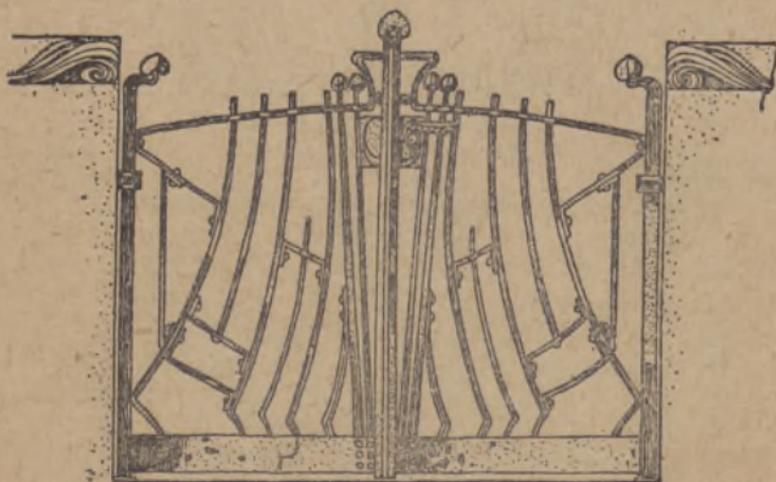
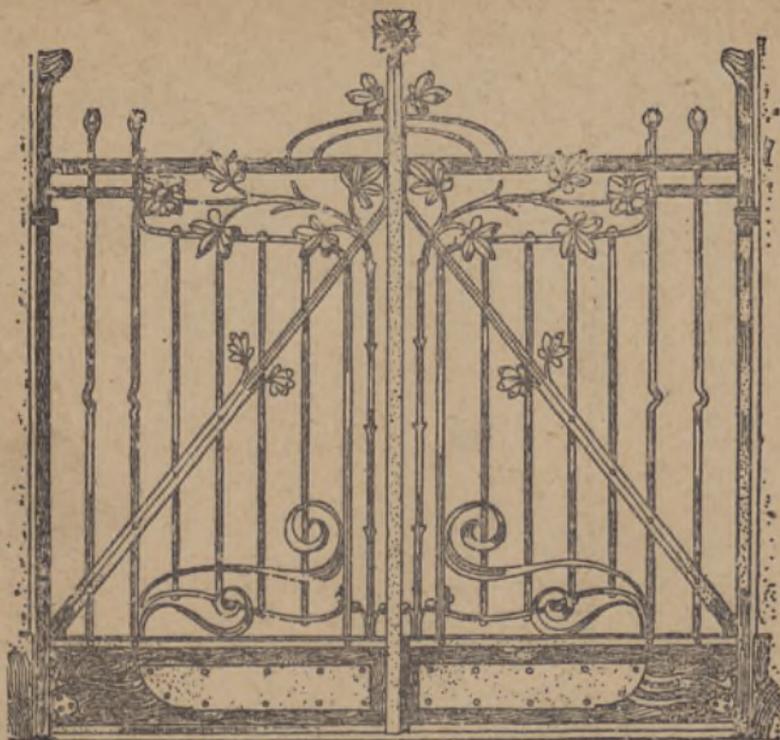


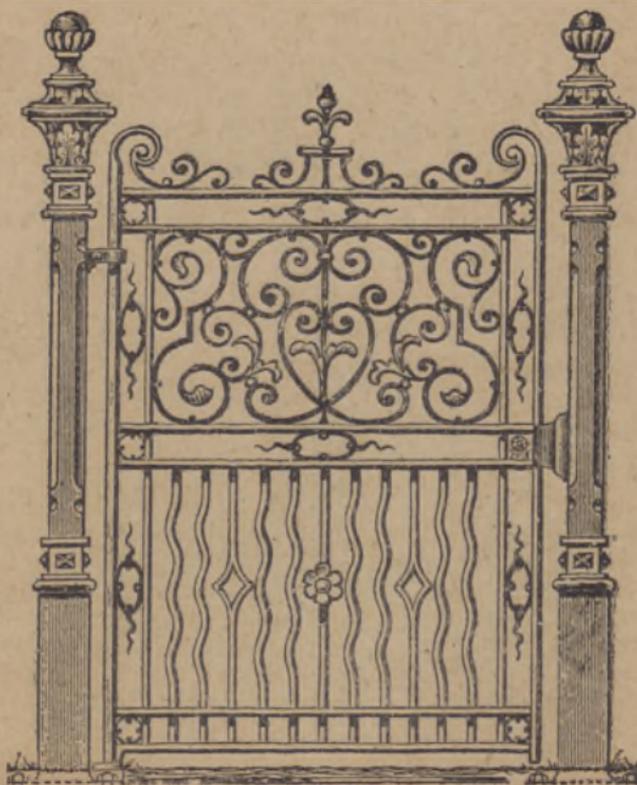
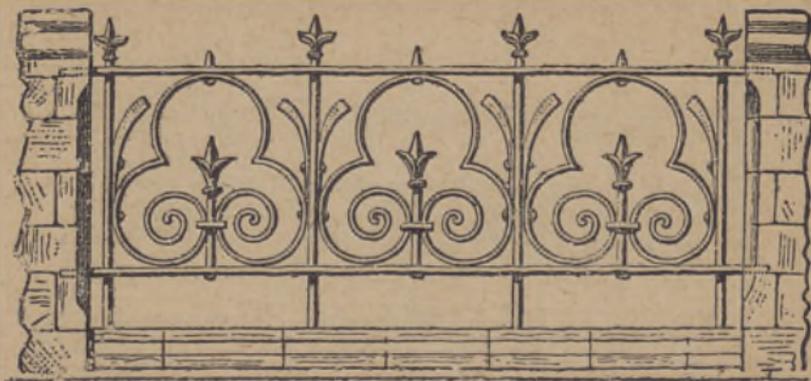


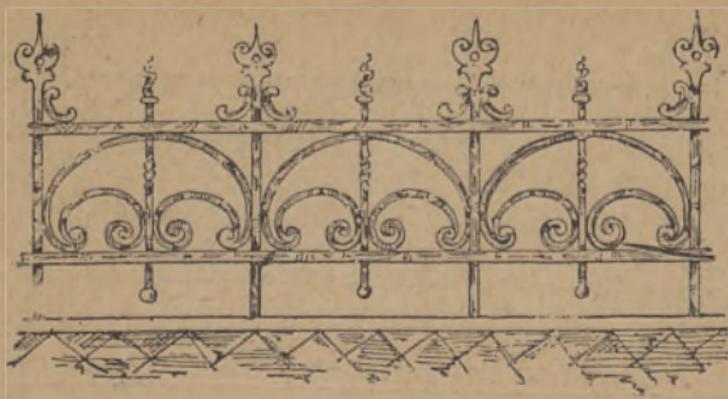


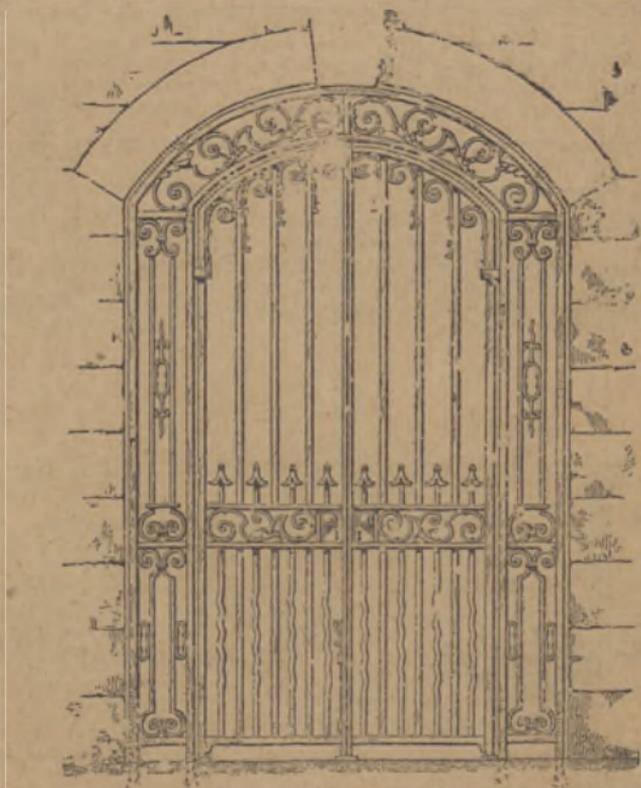
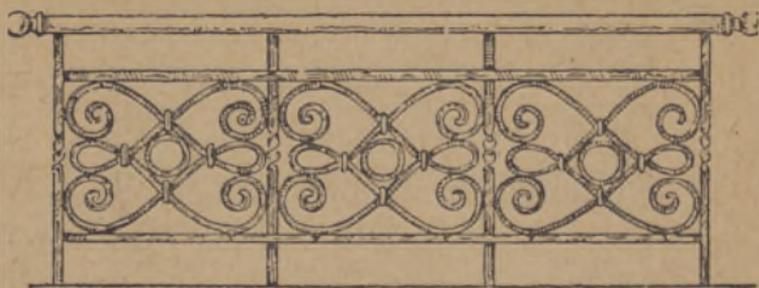


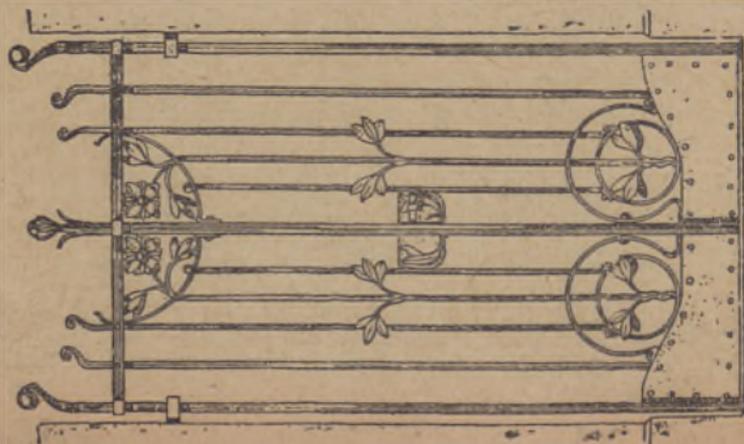
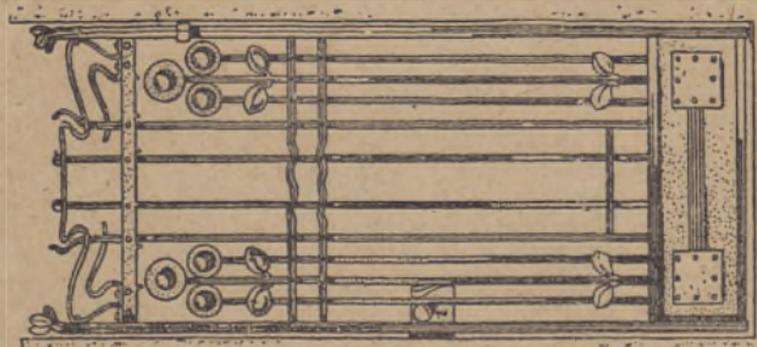
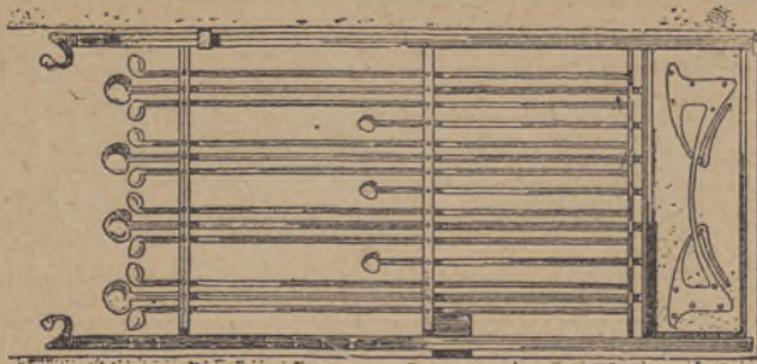


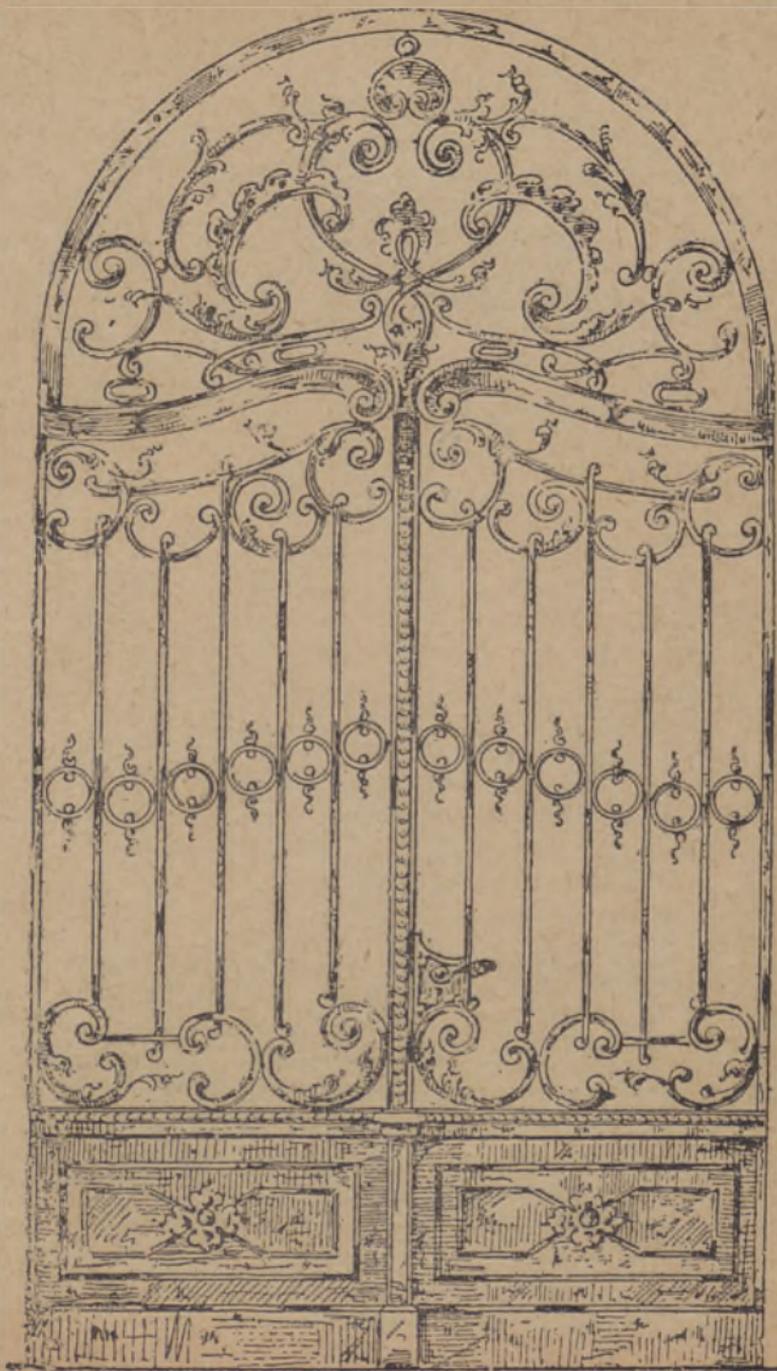


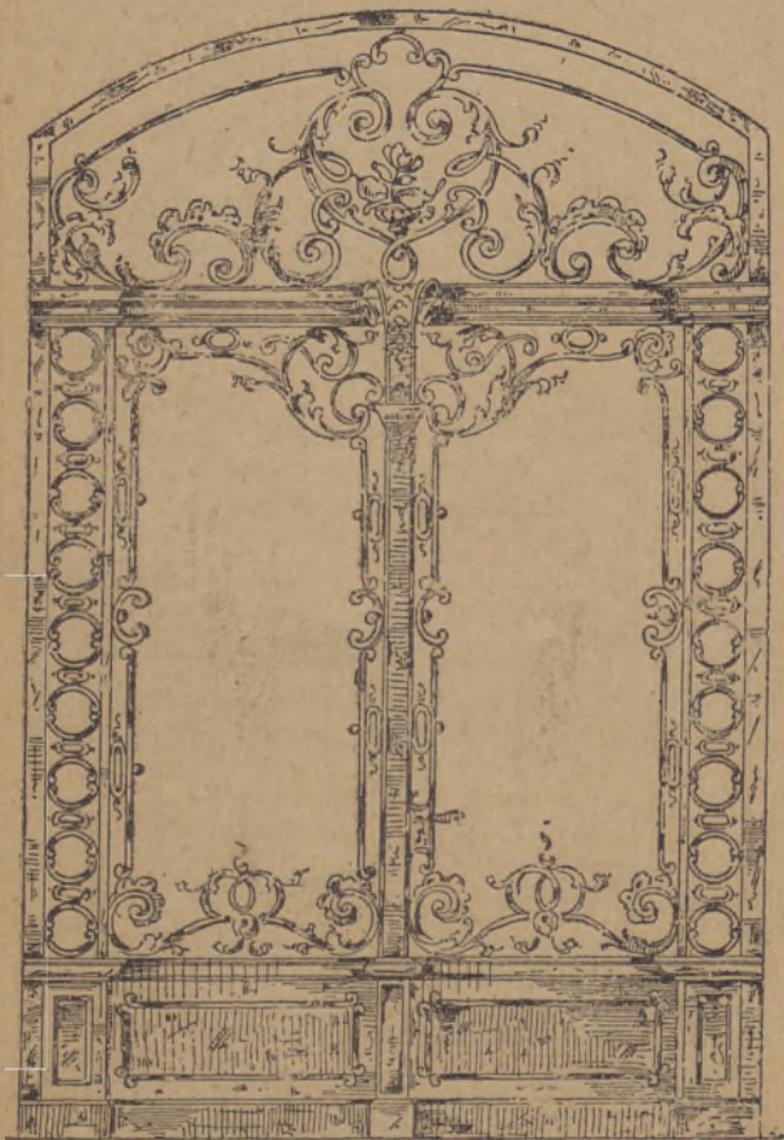


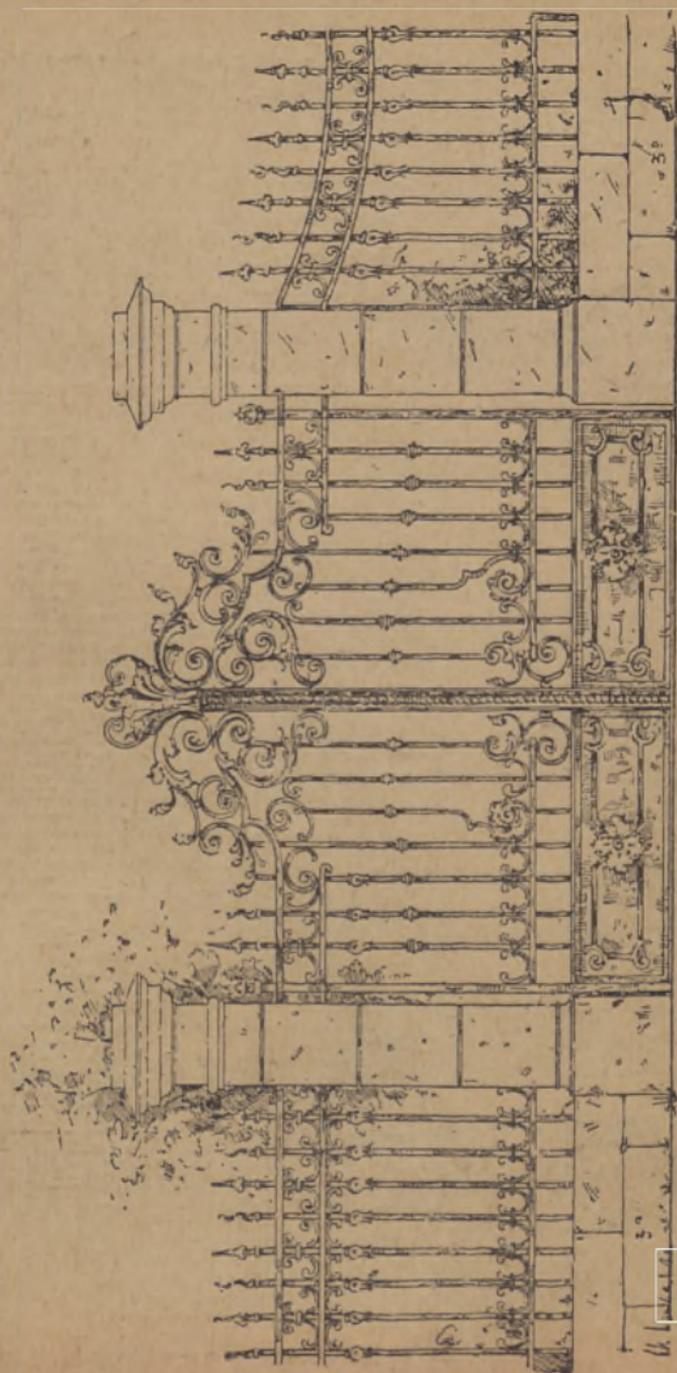


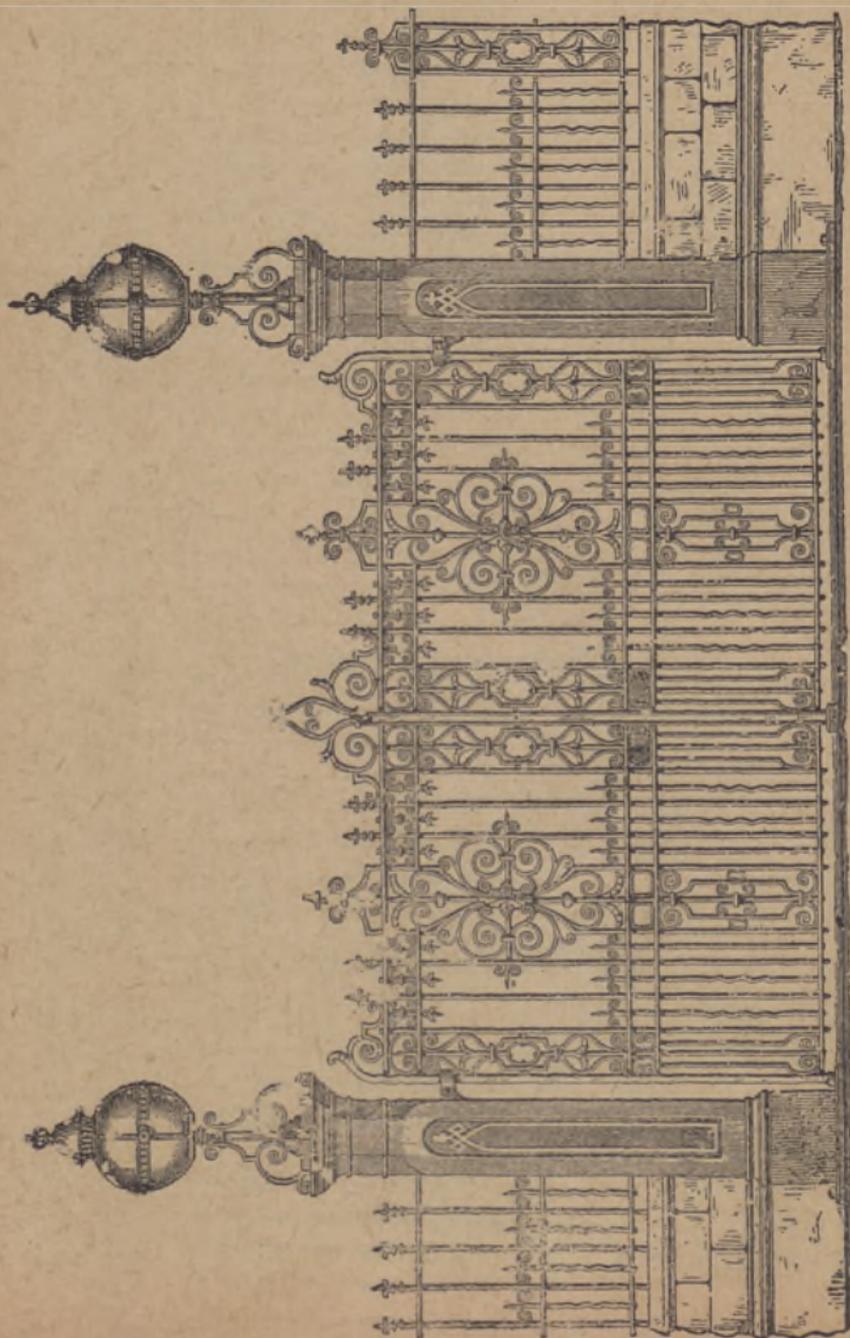


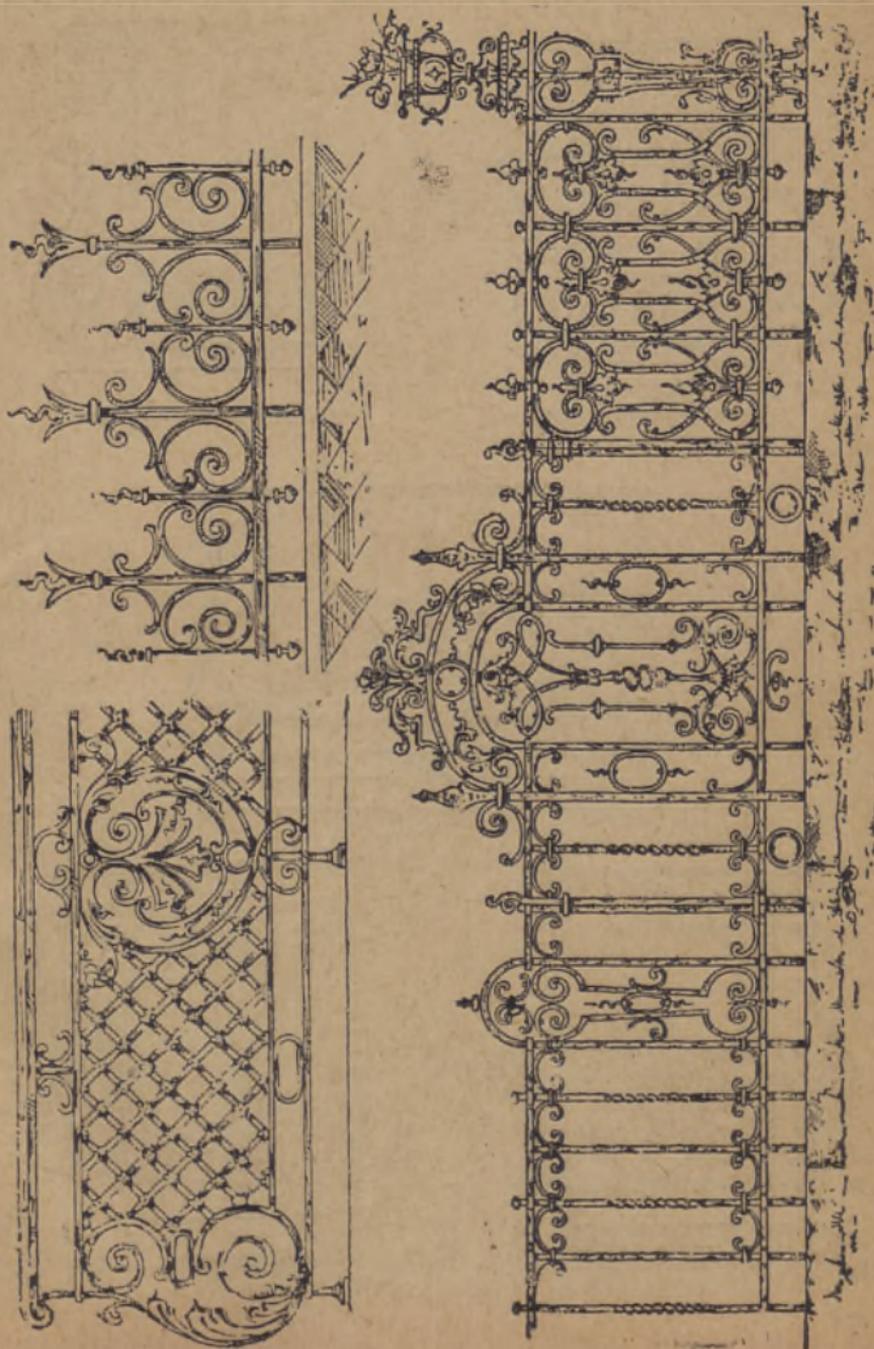


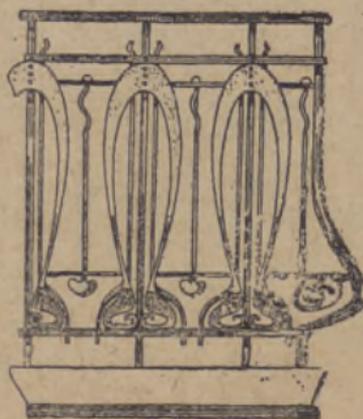
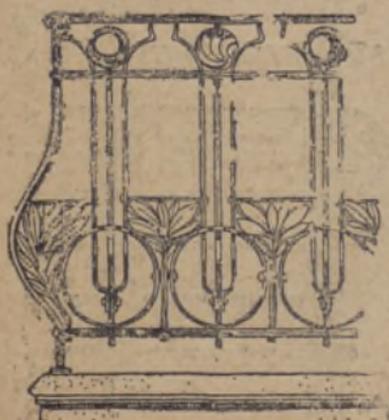
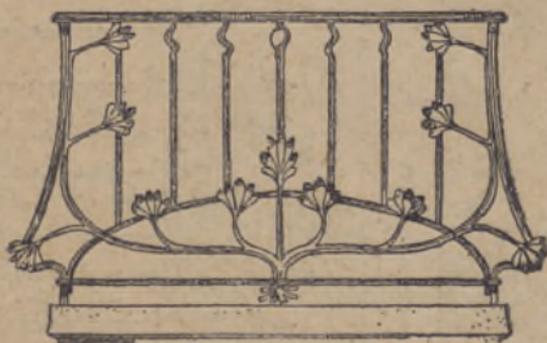
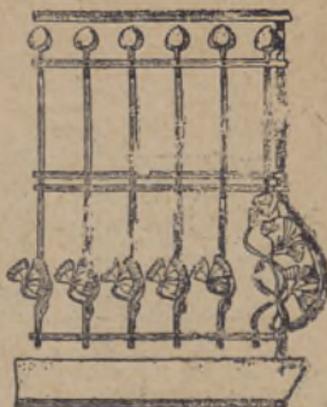
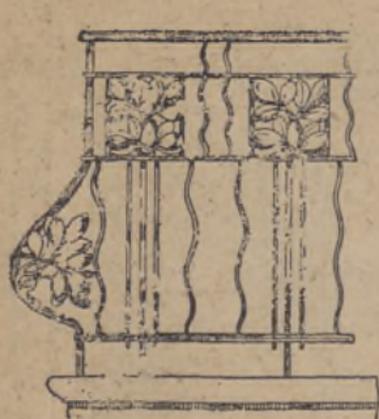


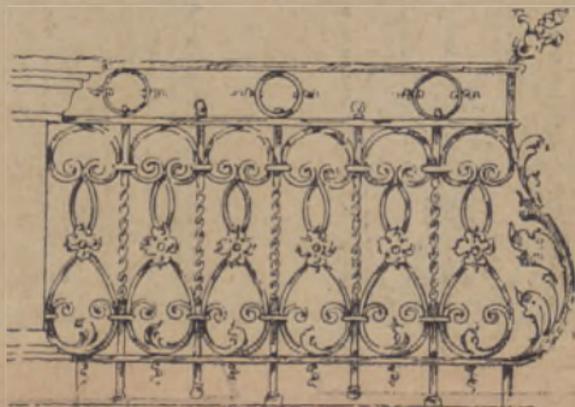
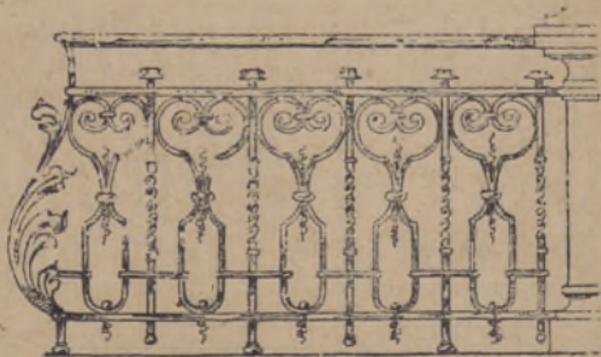
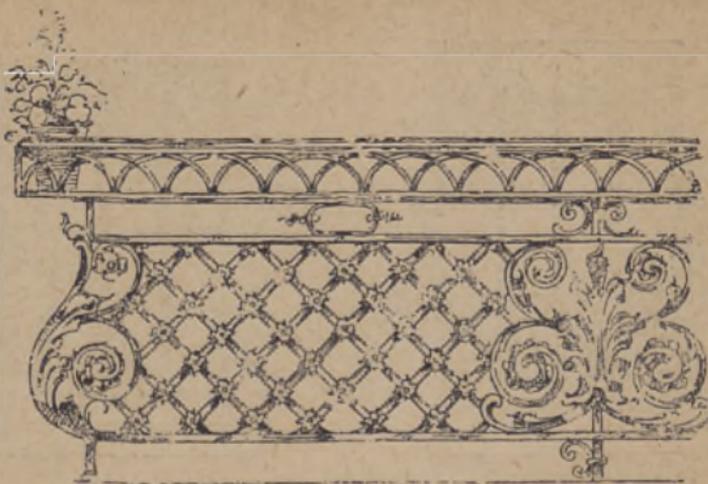


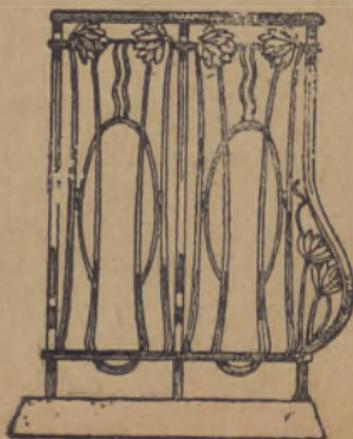
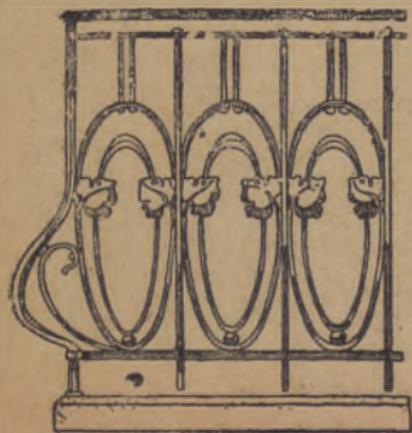
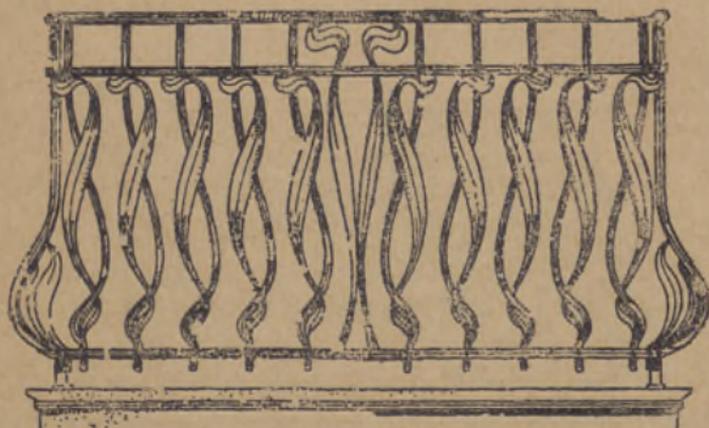
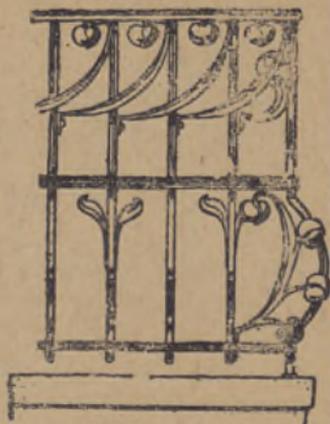
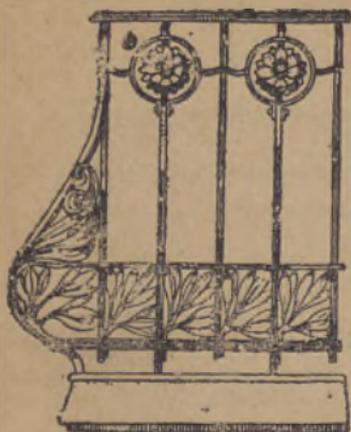


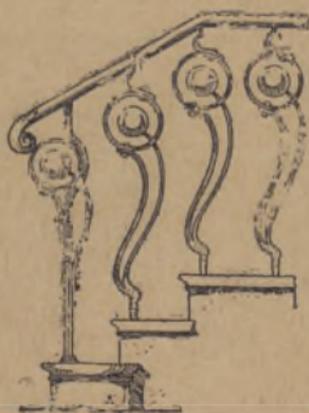
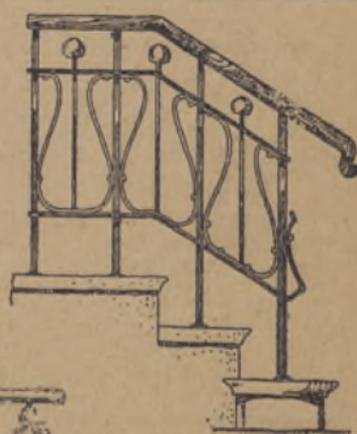
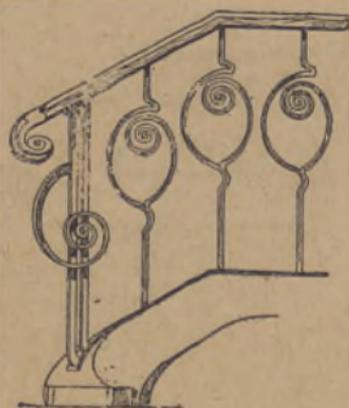
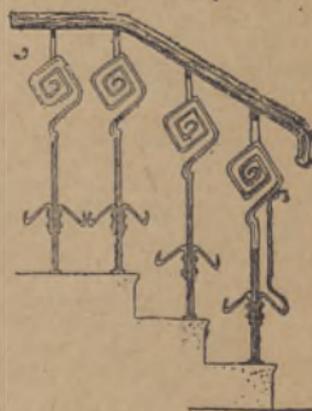
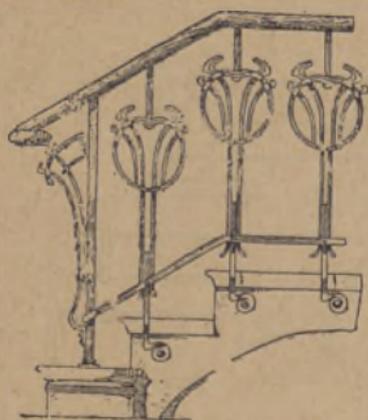


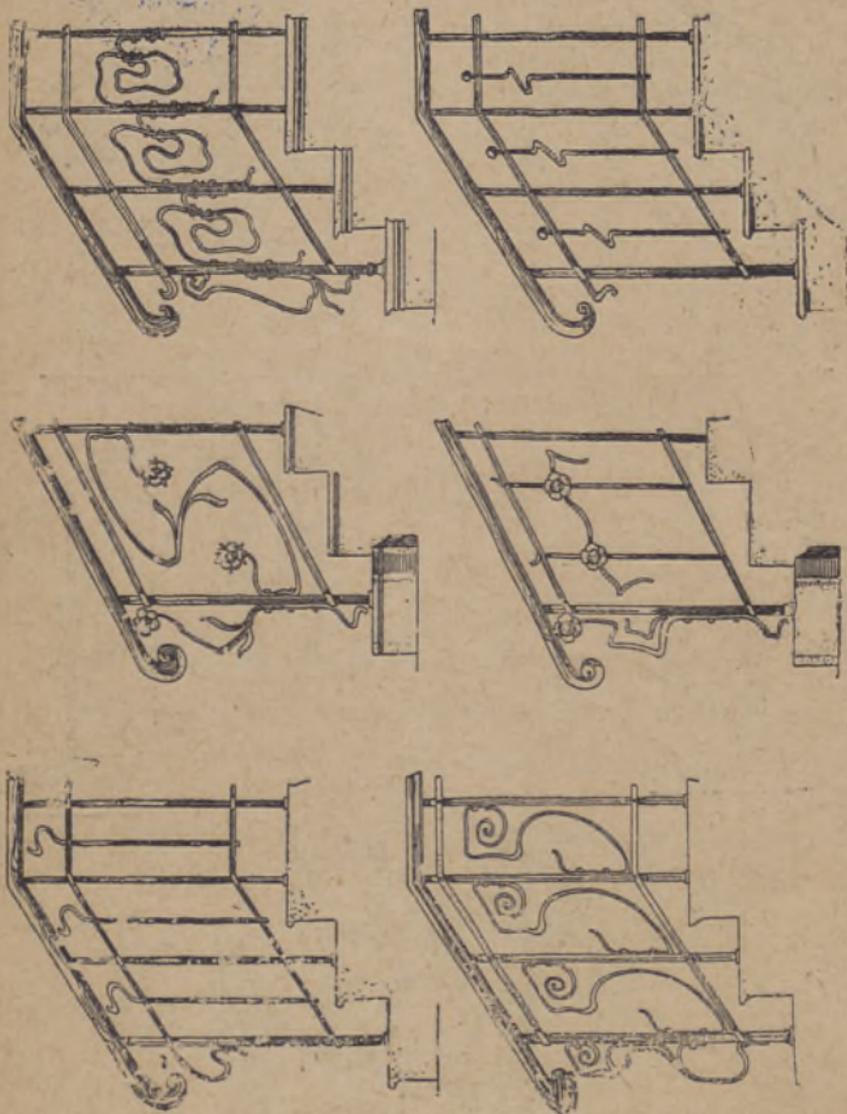


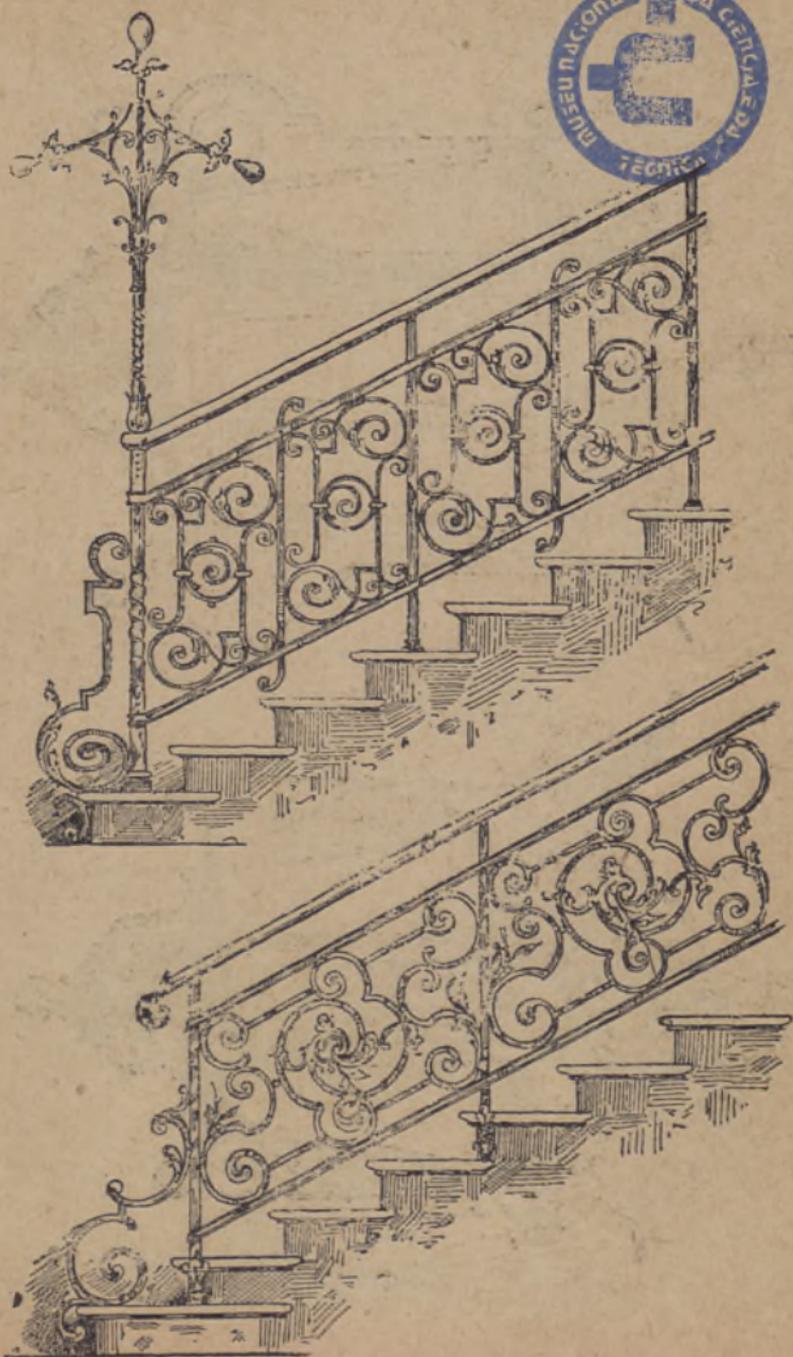


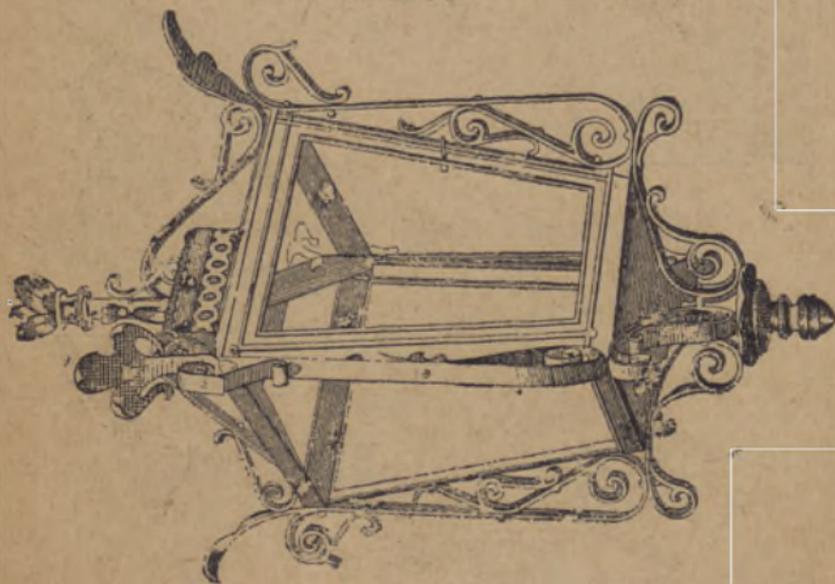
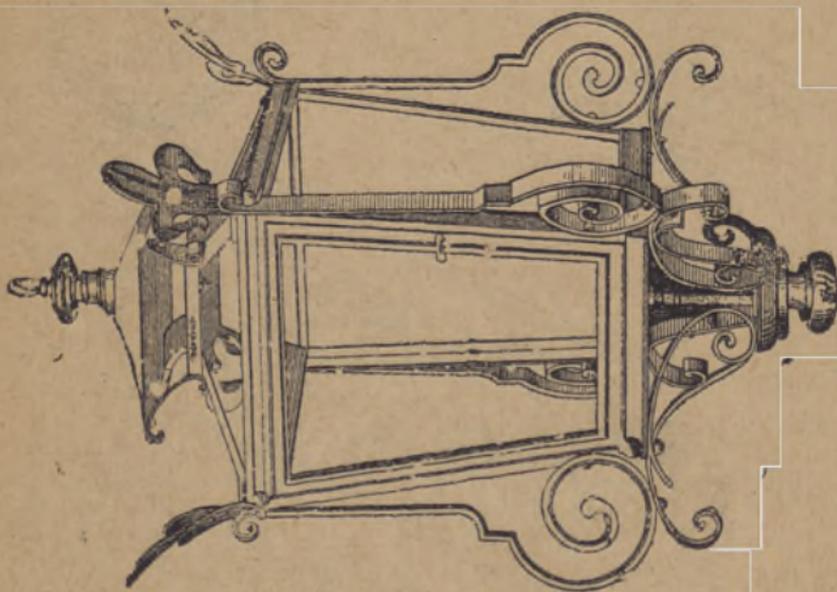


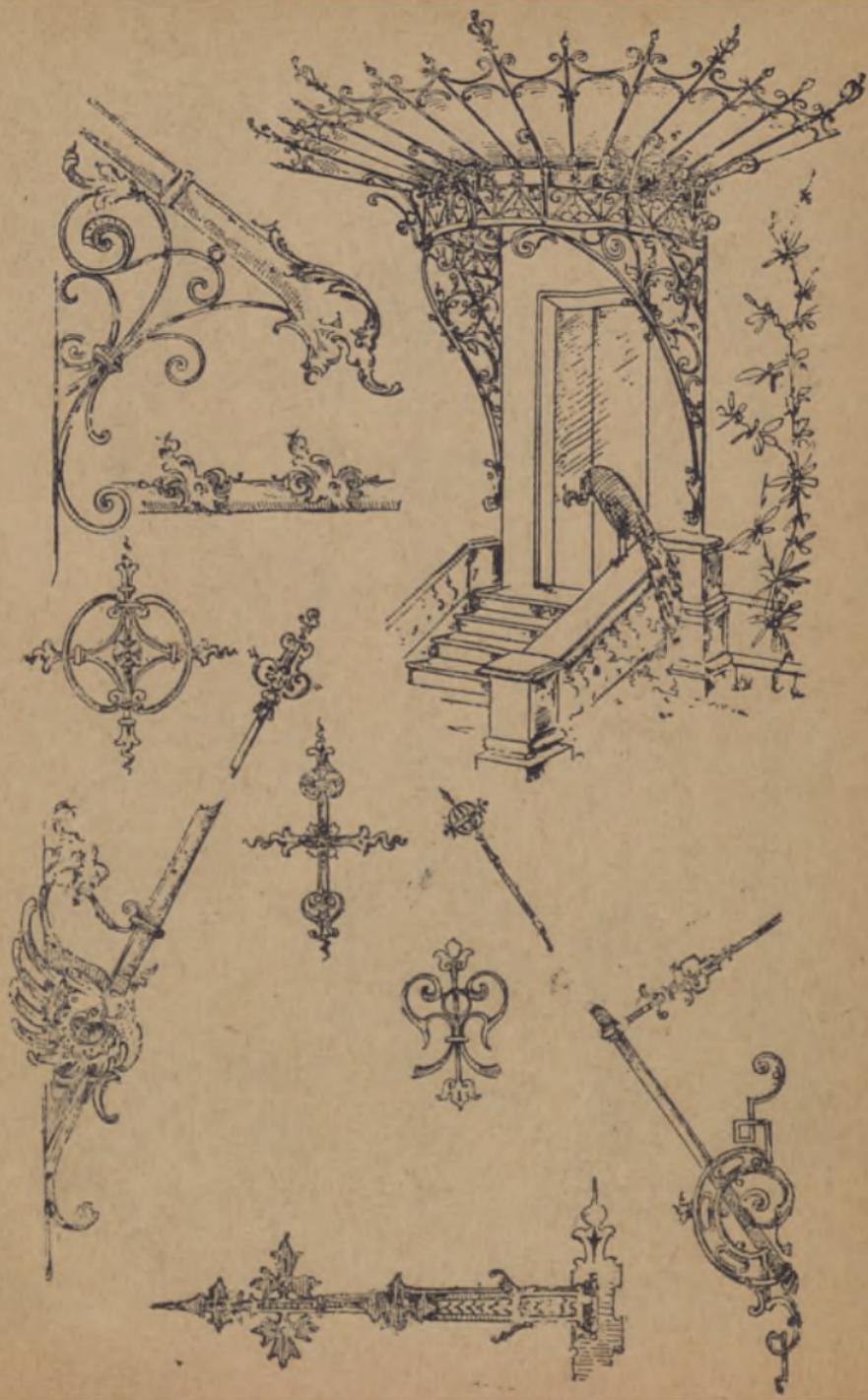


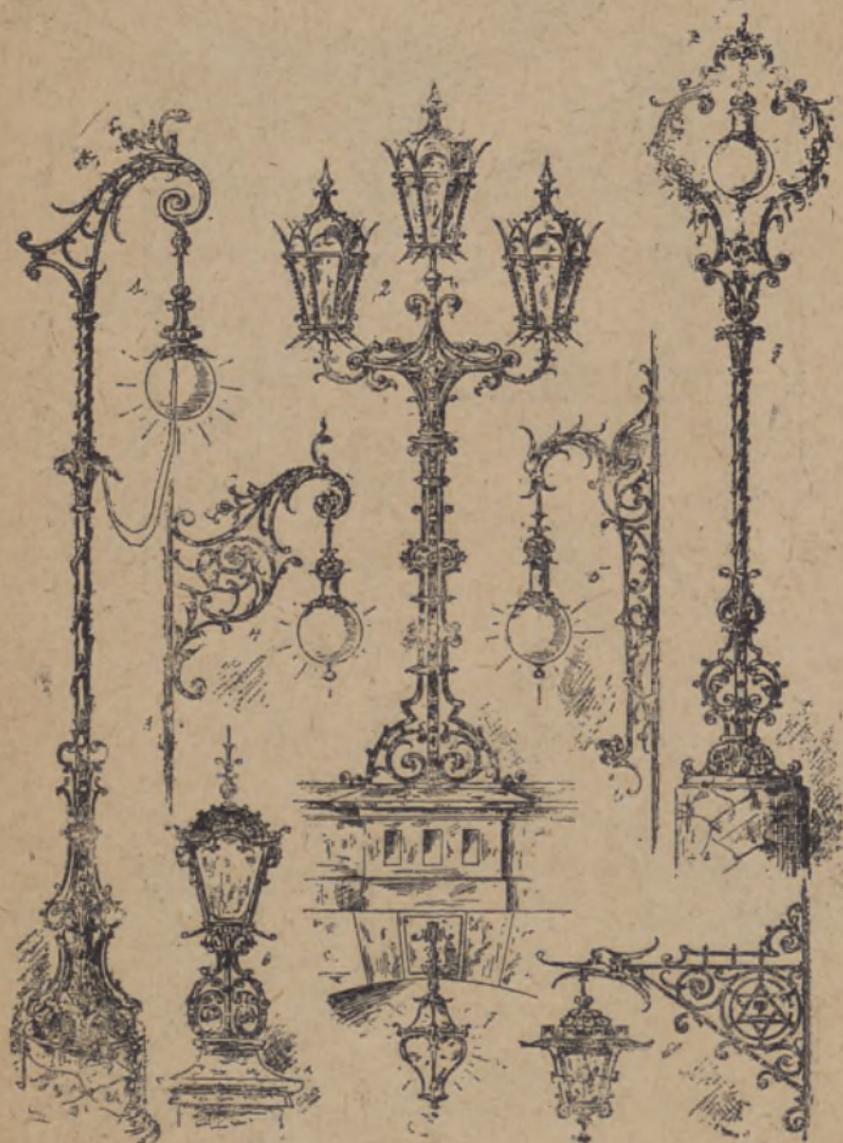


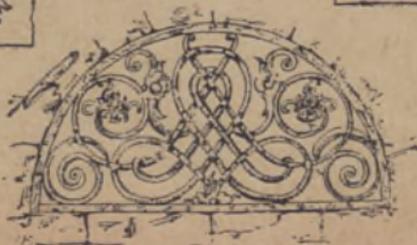
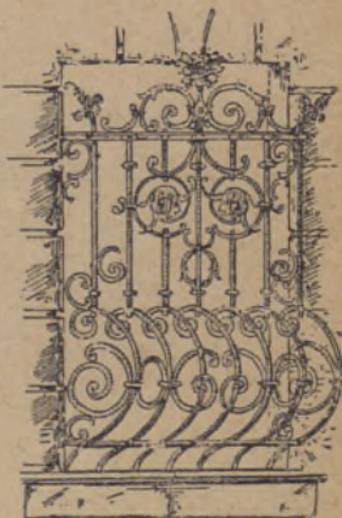
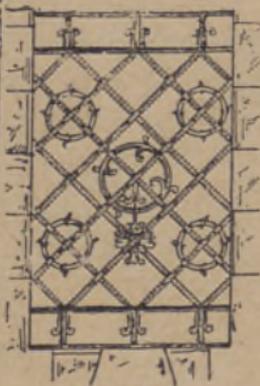
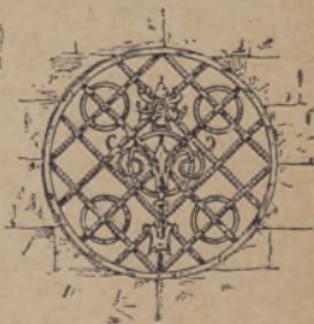
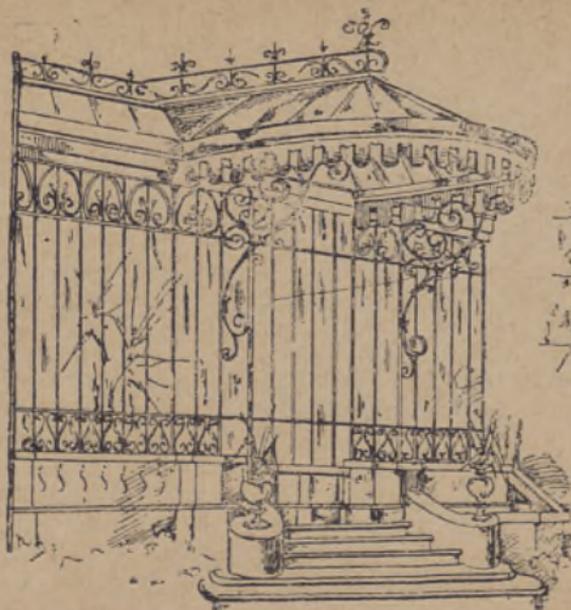














MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO NACIONAL
**MUSEU NACIONAL DA CIÊNCIA
E DA TÉCNICA**



ÍNDICE

	Pág.
CAPÍTULO I — Definições e noções gerais sobre o ferro, o aço e os combustíveis	5
Maleabilidade	5
Forjar	5
Oficina de ferraria	6 e 17
O ferro	6
Suas propriedades	10
Causas que influem na sua maleabilidade	12
O aço	14
Suas propriedades	19
Classificação comercial do ferro e do aço	21
Tabela — Classificação e emprego do aço fundido ...	22
Tabela — Classificação do aço Bessemer e Siemens Martin	23
Perfis mais vulgares	24
Exame do ferro e do aço	24
<i>Ferro</i> — Exame directo	24
Experiências a frio	25
Experiências a quente	26
<i>Aço</i> — Exame directo	30
Provas a quente	30
Combustíveis	30
Hulha	31
Coque	31
Carvão de madeira	32
Petróleo	32
CAPÍTULO II — Ferramenta	33
Maneiras de forjar	33
Forja fixa	35
Forja portátil	37
Forjas especiais	38
Forjas para petróleo	38
Fole	43
Ventoinha	45

	Pág.
Ventoinha Root	46
Ferramentas para condução do fogo	47
Ferramenta para segurar a obra	48
Tenazes	49
Preguiça	50
Cavalete	50
Bigorna	50
Ferramentas de mão para bater o ferro	51
Martelos	51
Marretas e malhos	51
Ferramentas de corte	52
Punções	53
Alfeça	53
Rompedeira	53
Corta-frio, talhadeira e goiva	54
Ferramentas para alisar as superfícies	55
Alisador, assentador e degolador	55
Moldes e contramoldes	56
Embutideira	56
Suécia	57
Craveira	57 e 58
Ferramentas de medição e verificação	58 e 59
Ferramentas para grandes trabalhos de forja ...	60 e 61
Tornos de ferreiro	58 e 60
Forno de revérbero	60
Guindastes	61
Ponfe rolante	61
Máquina hidráulica de enfornar	63
Martelo pilão a vapor	66
Martelo pneumático	69 e 72
Martelo de correia	75
Martelo de prancha	77
Martelo de mola	78
Formas de tais	79
Ferramentas para trabalhos ao martelo pilão	81
CAPÍTULO III — Forjamento à mão	82
Fazer a forja e condução do fogo	82
Lapa	83
Aquecimento do metal	85
Posição do ferreiro	86
Trabalho do ajudante ou malhador	87
Encalçar	89
Puxar	90
Curvar	92
Cortar	95

Furar	96
Acabamento do trabalho	97
Caldear	99
Calda de cunha	101
Calda de boca-de-lobo	103
Calda a topo	104
Calda de chanfrão	105
Calda embaraçada	107
Caldear uma anilha	108
Caldear uma mordente	108
Meter uma cunha ou chanfrão	109
Forjamento do aço	109
Calda do aço	110
Calçar de aço	111
Placa <i>Laffitte</i>	113
Composições empregadas para auxiliar a calda do aço	114
Têmpera e recozimento do aço	115
Revenir	116
Processos de têmpera	118
Banhos de têmpera	120
Têmpera por compressão ou martelagem	121
Têmpera de cavaletes, tais, bigornas e suécias	122
Têmpera de martelos, malhos, etc.	122
Têmpera de limas e riscadores	122
Têmpera das ferramentas de cortar metal	123
Têmpera de machos e mandris cónicos	123
Têmpera de brocas e punções	124
Têmpera de fresas	124
Têmpera de cunhos	124
Têmpera de peças pequenas	124
Têmpera de ferramenta de picar mós de moinhos	125
Têmpera de ferramenta para trabalhar em madeira	125
Têmpera das serras	126
Têmpera de ferramentas agrícolas	126
Têmpera para molas	126 e 127
Recozer	127
Forno de recozer	128
<i>Cementação do ferro</i>	129
Cementos para ferro macio	130
Cimento para o ferro rijo	130
Cementação muito superficial do ferro	130
Grandes trabalhos de forja	132
Preparar um pacote para caldear	135
Vaivém	137
Máquina para encalçar	138
Tesouras e saca-bocados	139

Tesouras circulares	141
Serras circulares para serrar a quente	141

CAPÍTULO IV — Forjamento moldado e hidráulico ...	143
Máquina de fazer rebites, parafusos e porcas	144
Máquina de forjar sistema <i>Ryder</i>	146
Bateria de martelos mecânicos	150
Prensas hidráulicas de forjar	151

CAPÍTULO V — Alguns exemplos da forma de executar vários trabalhos de forja	155
Forjamento de parafusos	155
Forjar uma porca hexagonal	158
Forjar uma tenaz de canal	160
Forjar um forçado	161
Forjar uma manilha	163
Forjar uma forquilha	164
Forjar um cotovelo para união de tubos	166
Forjar uma cruzeta para união de tubos	167
Forjar uma peça com a forma indicada no desenho ...	168
Forjar uma alavanca	170
Forjar um tirante	170
Forjar uma alavanca curva	171
Forjar uma âncora	172
Fabricação de amarras	174
Forjar o caixilho para um leme	178
Forjar o veio motor para uma máquina a vapor	183
1.º Método	186
2.º Método	187
3.º Método	191
Fabricação de tubos sem soldadura	195

APÊNDICE — Gradeamentos e decorações em ferro forjado	197 a 235
--	------------------







RÓ
MU
LO

CENTRO CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE COIMBRA



1329704044

