

tível para motor "Diesel" (comumente designado Óleo Diesel) e estabelece as condições técnicas para o seu fornecimento".

De acôrdo com a natureza do emprêgo são admitidas 3 classes de óleo Diesel, que são :

Classe 1 — Recomendado para ser usado em motor de velocidade superior a 800 r. p. m. com ampla escala de velocidade util (caminhões, tratores, locomotivas).

Classe 2 — Recomendado para ser usado em motor de velocidade de 300 a 800 r. p. m. com regular ou pequena escala de velocidade util (tratores, locomoti-

vas, pequenas instalações, bombas, etc.).

Classe 3 — Recomendado para ser usado em motor de velocidade inferior a 300 r. p. m. (motores pesados, principalmente quando a instalação permite preaquecimento do óleo).

Os característicos que diferenciam os óleos são: Índice Diesel, mínimo, viscosidade cinemática a 38° C, mínimo e máximo, destilação a 760 mm, temperatura máxima para 10 %, 80 % e 90% do destilado, ponto de inflamação (Pensky Martens) mínimo, água e sedimentos, em vol. max., residuo de Carbono (Conradson) max. Cinza max. (E. L. B.).

Os tratamentos térmicos dos aços-- Aços especiais

E. OROSCO

Do Inst. Nac. Tecnologia

Num anterior artigo publicado nesta mesma Revista (1), procurou-se dar uma idéia geral e sumária, acessível a qualquer leitor, dos processos industriais correntes na transformação do minério de ferro em metal, ou liga metálica de aplicação prática.

Viu-se ali que é o aço, dentre os demais produtos siderúrgicos, o que encontra maior campo de aplicação, graças à grande variedade das características que lhe poderão ser emprestadas, mediante tratamento conveniente.

Originariamente, a siderurgia se contentava com o aço, material maleavel, mole, flexível, forjável.

Aos processos antigos de obtenção do aço, empíricos puramente, seguiam-se tratamentos também empiricamente realizados, quasi que exclusivamente destinados à confecção de utensílios de forma conveniente. O acaso foi indicando a cada operário certas particularidades de trabalho, e es-

tas, habilmente aproveitadas, chegaram a fazer a fama de muitos centros siderúrgicos primitivos: — na Renascença era motivo de orgulho se possuir uma adaga em "aço de Toledo". — Já anteriormente, encontra-se no anedotário histórico e religioso menção de propriedades miraculosas das águas de certos rios que enrijavam as espadas e lanças nelas mergulhadas, após exposição à chama purificadora. O sacerdote encarregado do sacrificio ritual ficaria hoje perplexo, sem dúvida, ao observar efeito idêntico, produzido dentro de uma usina, por uma água suja qualquer colhida por um simples operário.

TRATAMENTO DO AÇO

Aço laminado — aço estirado

Saindo em fluxo líquido do Bessemer, do Thomas, ou do forno Siemens-Martin, corre o aço fundido, a temperatura elevada, para fôrmas adrede preparadas. Peças de formas complicadas, lingotes, tarugos são assim obtidos, de característi-

(1) *Revista do Serviço Público* — Ano III, Vol. II, n.º 3 — junho, 1940.

cas mecânicas variáveis com a composição do metal, ou melhor, da liga metálica que constitui um aço.

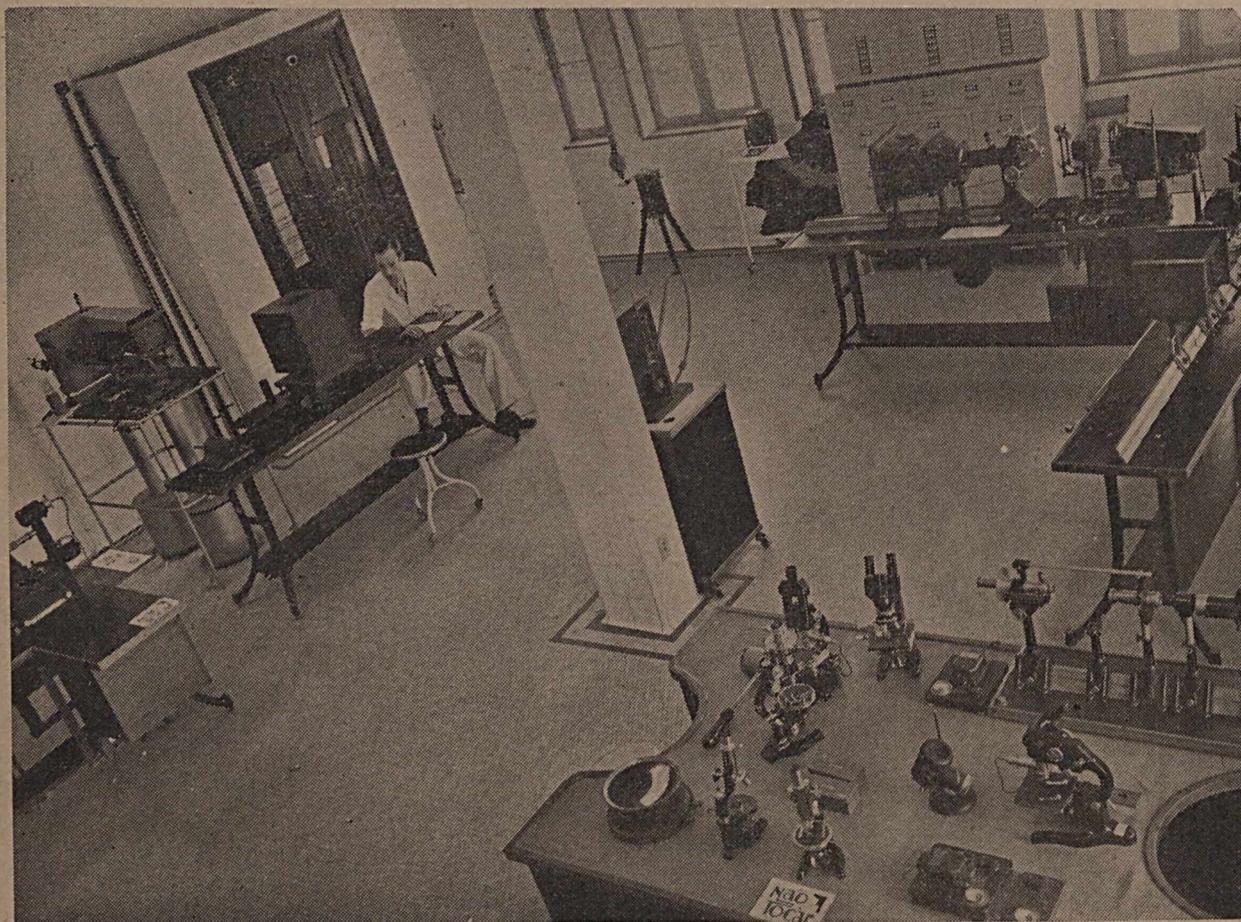
A indústria já utiliza, em grande número de aplicações, esses aços em estado de fundição bruta.

A conformação de certas peças, um vergalhão para construção em concreto armado, por exemplo, é impraticável por essa via. E tanto

tura, a um vergalhão de 2 x 2 cm. e mais de 30 ms. de comprimento.

Eis então uma primeira variedade de aço decorrente de um tratamento térmico e mecânico corrente na siderurgia: — *aço laminado*.

Durante a laminação, realizada a quente, a parte externa do aço sofre uma oxidação bastante acentuada; em perfis de secção pequena, esta oxidação já se torna prejudicial, por interessar uma



Vista de um laboratório de estudo de metais

mais quanto tal vergalhão, em estado "bruto de fundição", teria características mecânicas incompatíveis com os fins a que se destinaria.

O lingote de grande secção, porém, passado entre os cilindros do laminador, a elevada temperatura, pode ser sucessivamente estirado, e cada vez mais, até ser reduzido ao perfil definitivo; passa, como sóe acontecer, de um grande prisma quadrado, de 10 x 10 cm. e cêrca de 1,5m de al-

ârea percentualmente importante do material laminado. O recurso aí é então simples — a laminação a frio, ou a trefilação a frio, obtendo-se aços laminados a frio (raros) e aços estirados ou trefilados (fios, arames, etc.).

Tais tratamentos, deformando plasticamente o material, a frio, alteram suas características mecânicas. O aquecimento posterior das peças conduz o material às características primitivas.

Seja, a título de exemplo, o caso abaixo :

Aço carbono de 0,20 % Carbono.

PASSADO DO MATERIAL	Dureza	Carga de rutura	Alongamento
Bruto de fundição.....	95	32 kg/mm ²	22%
Laminado a quente (laminação normal)			
Redução de 30% da secção ...	98	33 kg/mm ²	22%
> 60% da secção ...	102	35 kg/mm ²	21%
> 75% da secção ...	115	38 kg/mm ²	20%
Laminado a frio			
Redução de 10% da secção ...	108	35 kg/mm ²	21%
> 25% da secção ...	121	41 kg/mm ²	18%
> 40% da secção ...	135	44 kg/mm ²	12%

Vê-se bem que enquanto a laminação a quente pouco altera as características mecânicas, a frio são profundamente alteradas, em um ou outro sentido.

Na laminação a frio, em muitos casos, ha tal aumento de dureza e diminuição de alongamento e limite de elasticidade que o material se fissa ao passar entre os rolos do laminador. Nesse caso, alternando-se as passagens com o aquecimento do material, evitam-se êsses inconvenientes.

Aço temperado

As propriedades mecânicas dos aços, como já apontámos, variam notavelmente com o teor dos seus elementos constituintes. São esses, nos aços comuns, o Carbono principalmente, o Silício, o Manganéz, o Fósforo e o Enxofre. Si bem que cada um desses exerça sua influência na qualidade do aço, é principalmente a variação do teor em carbono que lhe empresta gama bastante vasta de valores de características.

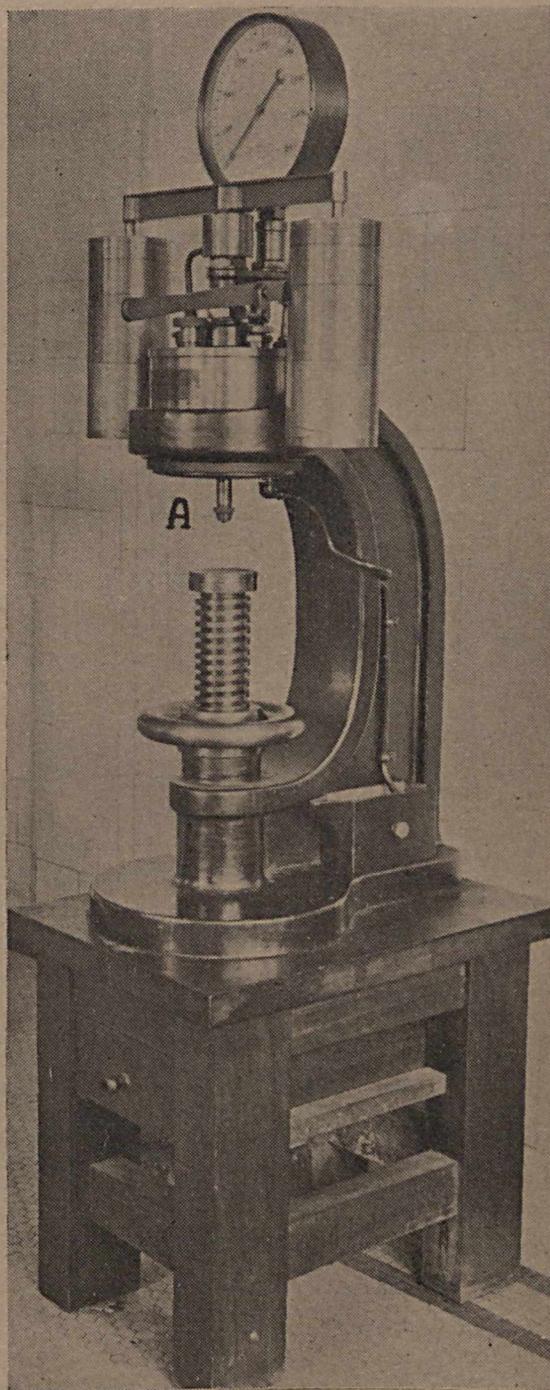
Assim, a dureza dos aços, com o teor em carbono de 0 a 1,7 %, varia de 80 a 250. A carga de rutura, de 20kg/mm² a 80 kg/mm².

Esses valores se referem ao aço recozido, isto é, ao aço aquecido a uma dada temperatura, determinavel para cada caso e resfriado ao ar, lentamente, portanto.

Aquecendo um aço a uma temperatura conveniente, e resfriando-o bruscamente, por imersão em água, óleo, etc., nota-se um fenômeno peculiar, a "têmpera" do aço. Aumenta consideravelmente a dureza, a carga de rutura, e diminue o alongamento, a resistência à fratura por choque.

Eis uma variedade de apresentação do aço — o aço temperado.

A têmpera ocorre não só nos aços como em grande número de ligas metálicas. No caso em apreço, é causada pelo fato do ferro apresentar



Máquina para ensaio de dureza dos metais, segundo Brinell. A peça de ensaio é comprimida entre o prato do topo do parafuso e a ponta com uma bilha de aço A. A dureza é medida pela profundidade da impressão deixada pela bilha no metal

duas variedades alotrópicas. (Entende-se por variação alotrópica de um elemento, modificações de algumas de suas propriedades, sem prejuízo de outras que continuam a caracterizá-lo).

O ferro puro apresenta-se até 900°C . sob a forma alotrópica "alpha", incapaz, praticamente, de dissolver o carbono; acima de 900°C , sob a forma "gamma" que dissolve o carbono.

Num aço, onde estão presentes ferro e carbono, a dissolução pode então ser obtida por aquecimento acima da temperatura em que se dá a

Ainda aqui, um aquecimento seguido de resfriamento lento, o recozimento, destrói estes efeitos de têmpera.

Consoante o teor em carbono, a têmpera é atingida por aquecimento a temperaturas variáveis.

No ferro puro, a transformação se passa a 900°C , decrescendo até 720°C para o aço com 0,9 % de carbono e subindo novamente a 1150°C para aço com 1,7%.

O manganês e o silício alteram os valores das temperaturas apontadas; dêsse modo, só é possi-



Microscópio metalográfico. É o principal auxiliar do metalurgista no laboratório, permitindo-lhe inúmeras conclusões seguras, impossíveis de obter por outros meios

transformação de alpha em gamma. Resfriando bruscamente o aço com o carbono em dissolução, procede-se a estabilização dessa dissolução em condições não normais, e daí as variações dos valores das propriedades mecânicas assinaladas.

vel uma exata idéia da mesma, mediante determinação de laboratório para cada caso particular. Si após atingir a temperatura de têmpera o resfriamento é feito ao ar, já se viu que haverá um recozimento do aço, já recozido anteriormente, sem

alterações do mesmo. E' portanto o resfriamento brusco que produz o endurecimento. Esse endurecimento, logo se percebe, será então, dentro de certos limites, variavel com a rapidez do resfriamento. Temperando por imersão em água, em óleo e em chumbo fundido, obter-se-ão endurecimentos cada vez menores.

Entre a dissolução total do carbono no ferro gamma e a sua total insolubilidade, apresenta o aço uma série de estados intermediários, acompanhados naturalmente de uma série de valores de características mecânicas. E' possível, após a têmpera máxima, passar por esses estados intermediários, mediante um recozimento parcial, isto é, destruição parcial da têmpera. Esses recozidos parciais se denominam "revenidos". A operação de "revenir" consiste no aquecimento mais ou menos prolongado do aço, a temperaturas tanto maiores quanto maior for a destruição desejada dos efeitos de têmpera. E' comum se observar, inicialmente, aumento das características por revenidos fracos, antes da queda das mesmas.

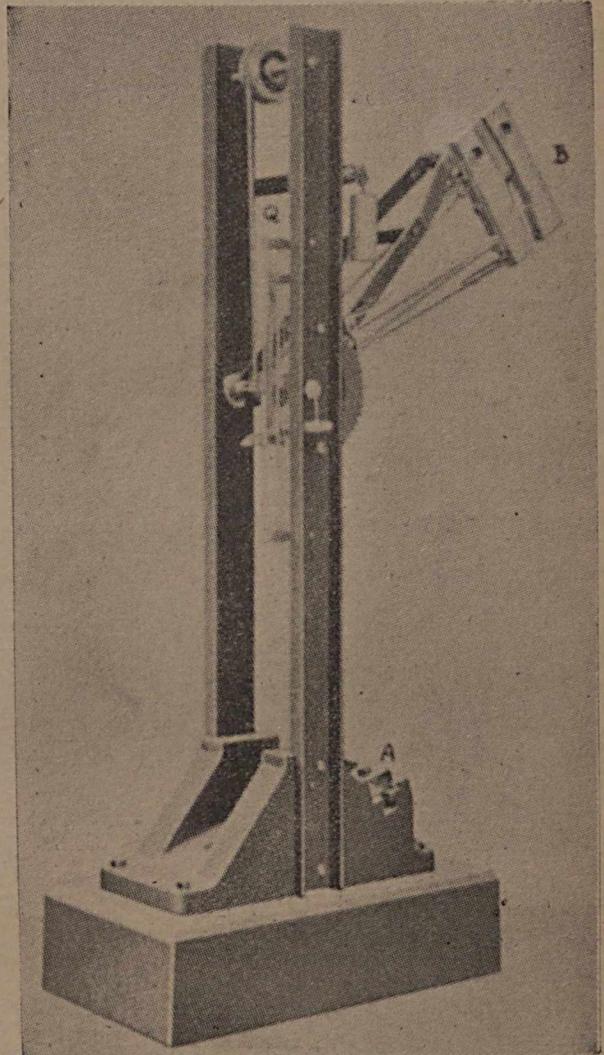
Vejam-se agora em valores numéricos, o resultado dos tratamentos térmicos de têmpera e revenido, em três aços diferentes :

TIPO DE AÇO	TRATAMENTO TERMICO				
	Bruto	Temperado	Revenido a 200°C.	Revenido a 500°C.	Revenido a 700°C.
Teor em carbono	Dureza	Dureza	Dureza	Dureza	Dureza
0,25%.....	118	118	201	152	135
0,55%.....	153	365	452	302	198
0,80%.....	205	659	600	375	220

Aços especiais

Surge agora um problema comum na indústria : Desejam-se características, só possíveis de atingir por têmpera, para um aço, que deverá trabalhar a quente. Isto significa que durante o trabalho, o aço vai ser sujeito a um verdadeiro revenido, e, portanto, voltará às características anteriores à têmpera, que não satisfiziam. Problema desta natureza é que levaram a técnica siderúrgica a criação de novos tipos de aço, os aços especiais.

Um primeiro grupo consta de aços especiais possuindo propriedades mecânicas no estado recozido superiores às dos aços ao carbono comuns. Tais propriedades são conseguidas pela adição de elementos ditos especiais, como o Tungsteno, o Cromo, o Niquel, o Manganéz, o Silício, etc.

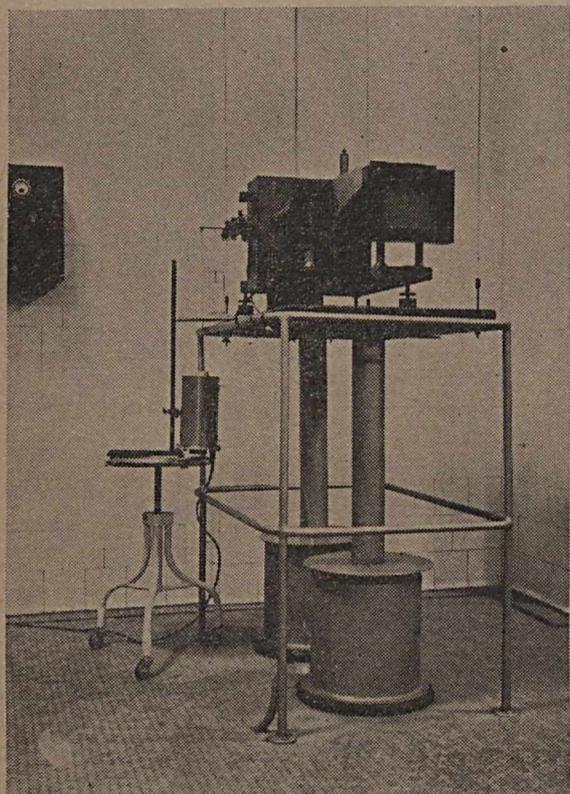


Máquina para ensaiar a resistência ao choque dos metais, segundo Charpy. Uma barreta, posta em A, recebe um choque do pêndulo B ao cair. A resistência ao choque (resiliência) é medida pelo trabalho absorvido na rutura, lendo-se-a na régua Q.

Um segundo grupo consta de aços semelhantes, capazes de fornecerem as mesmas características desejadas, após o tratamento de têmpera, mas também capazes de manter essas características durante o trabalho a que são destinados.

Pode-se considerar ainda um terceiro grupo, compreendendo aços com elementos especiais, adicionados com o fim de lhes emprestar propriedades novas, não apresentadas em forma nítida, nos aços comuns.

1.º grupo — Os aços com Manganês são comumente utilizados independentemente de têmpera. Eis o efeito do manganês sobre algumas pro-



Aparêlho Saladin-Le Chatelier para estudo da têmpera dos aços e ligas metálicas

priedades mecânicas de um aço com 0,35% de Carbono :

MANGANEZ %	Carga de rutura kg/mm ²	Alongamento	Dureza
0,10.....	54,8	31%	164
0,40.....	56,2	30%	170
0,80.....	58,3	31%	175
1,12.....	59,7	30%	181
1,53.....	66,8	28%	199
1,76.....	75,0	24%	222
1,85.....	72,1	22%	234

Como se vê, sem apreciável prejuízo do alongamento, foi possível aumentar a dureza e a carga de rutura de quasi 50%. Nesse caso, a resistência ao choque fica praticamente inalterada, o que não seria possível através da têmpera do aço carbono comum.

2.º grupo — Uma simples experiência de laboratório mostra a importância dos elementos especiais na "fixação" das características atingíveis por têmpera. Sejam dois aços, A e B (o caso é real). A tem 0,6% de Carbono e pequenas porcentagens de elementos que praticamente não interferem no caso. B tem, além de 0,6% de Carbono 5% de Cromo, 12% de Niquel, 0,8% de Vanádio e 5% de Cobalto.

Temperados cada um à temperatura conveniente, atingiu-se a mesma dureza — 720.

Divide-se o aço em pequenos blocos e cada um será submetido a um revenido a dada temperatura e tempo diferente. Eis os resultados obtidos para a dureza :

Revenido a 500°C.

TEMPO DE REVENIDO	Aço A	Aço B
0 horas.....	720	720
1/4 horas.....	452	640
1 hora.....	363	610
2 horas.....	285	608
4 horas.....	172	595

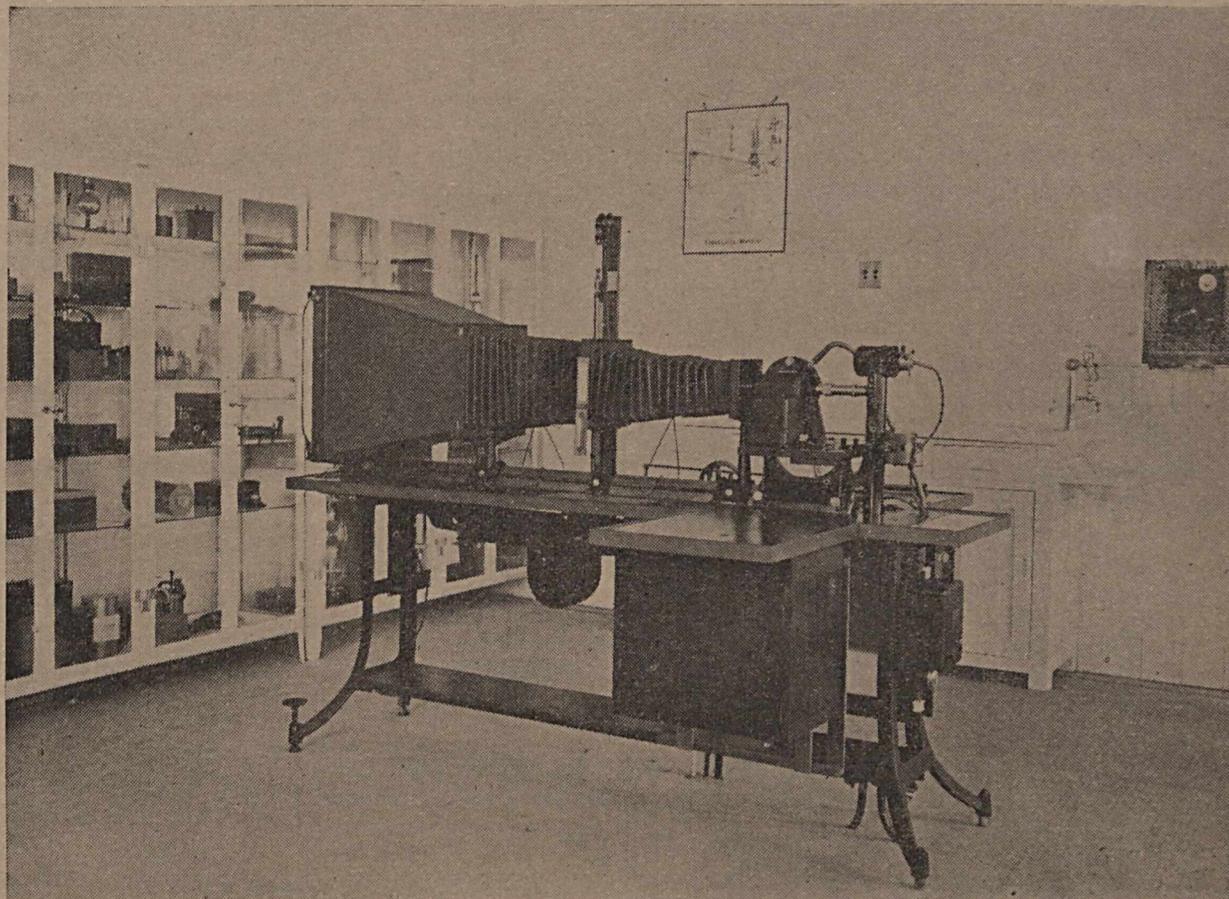
E' evidente que o aço especial (B) resistirá muito mais que o comum (A) a um trabalho a quente, sem grande queda de suas propriedades mecânicas.

3.º grupo — Desde que apresentassem certas propriedades físicas e químicas aliadas às que normalmente apresentam, os aços seriam o material ideal para numerosas aplicações. E' sabido que os ácidos, por corrosão, destroem o ferro e o aço. Esse inconveniente é afastado por meio de adição de Cromo e Niquel, fornecendo os aços inoxidáveis especiais que, além do mais, resistem notavelmente à oxidação pelo ar, mesmo a quente.

Veja-se, a título de exemplo, o caso abaixo, em que se compara a perda de pêsso do aço cromo-

niquel, por imersão durante 24 horas em ácido nítrico a 10 %, a quente, com a de outros aços, comuns e especiais, bem como outros metais.

O que sobretudo se teve em vista, no presente artigo, foi, ao par de uma idéia geral da questão, frizar a importância, muitas vezes desprezada, dos



Dilatômetro Chevenard-Leitz, para determinações de coeficiente de dilatação, transformações e temperatura de têmpera das ligas metálicas

TIPO	PERDA DE PESO
Aço carbono.....	2,05 gr/dm ²
Aço Cr-Ni 18/8.....	0,001 gr/dm ²
Aço Mn.....	0,95 gr/dm ²
Cobre-Niquel.....	0,010 gr/dm ²
Niquel.....	0,012 gr/dm ²

Da revista sumária feita em torno dos aços, material básico da indústria moderna, poder-se-á apreciar, em linhas gerais, a complexidade das questões que envolvem sua elaboração e emprêgo.

tratamentos e, por conseguinte, da composição dos aços, de sua "nuance", para cada uso particular.

A presente exposição, como se apreciou, si não foi desenvolvida em maior profundidade, deve-se à complexidade do assunto. Uma compreensão mais justa de muitos pontos aqui deixados em semi-obscuridade exigiria conhecimentos científicos mais aprofundados. O autor, *a priori*, admite não existirem tais conhecimentos no leitor a que este artigo se destina.

O presente trabalho não passa de simples obra de divulgação.