

# FABRICAÇÃO DE TUBOS DE AÇO EM GERAL <sup>(1)</sup>

ALPHONS KUCHLER <sup>(2)</sup>

## RESUMO

*O Autor, engenheiro da Companhia Siderúrgica Mannesmann, especializada na fabricação de tubos, apresenta interessante recapitulação dos mais importantes processos de fabricação de tubos, com e sem costura.*

### 1. TUBOS COM COSTURA

*Processo de estiragem por meio de funil* — No início do século XIX, quando M. Murdoch encontrou um processo de produção em escala industrial de gás de iluminação, a demanda de tubos de aço de pequenas bitolas aumentou muito. No ano de 1825 iniciou-se a fabricação em escala industrial de tubos de aço pela patente de C. Whitehouse, pelo processo de estiragem por meio de funil (fig. 1).

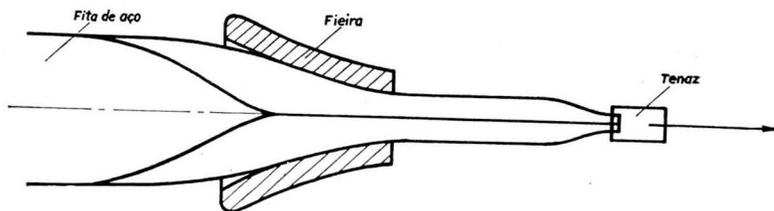


Fig. 1 — Fabricação de tubos pelo processo de estiramento por meio de funil (1825; patente Whitehouse).

Neste processo, uma fita de aço é apontada e dobrada no sentido longitudinal numa das extremidades; aquecida em seguida à temperatura de solda, é estirada dentro de uma fiação

(1) Contribuição Técnica n.º 450. Apresentada no XVI Congresso Anual da ABM; Pôrto Alegre, julho de 1961.

(2) Membro da ABM e Engenheiro da Companhia Siderúrgica Mannesmann; Usina do Barreiro; Belo Horizonte, MG.

em forma de funil. A forma de fieira faz com que a fita de aço seja curvada para formar um tubo com fenda. Como a circunferência do lado de saída da fieira é menor do que a largura da fita de aço, esta é soldada por pressão. Para estiragem era aproveitada uma máquina de estirar, cuja concepção de construção é ainda hoje empregada na trefilação a frio.

*Tubos de solda sobreposta* — Com a invenção da locomotiva a vapor, necessitava-se de tubos mais resistentes. Para isso foi encontrada a solução nos tubos de solda sobreposta (fig. 2). Uma fita de aço é pré-formada a frio ou a quente para tubo; é aquecida à temperatura de solda e depois transportada a um laminador-soldador. Êste laminador compõe-se de dois rolos laminadores com um mandril fixo no centro de laminação. O tubo é soldado por pressão entre os rolos laminadores e o mandril.

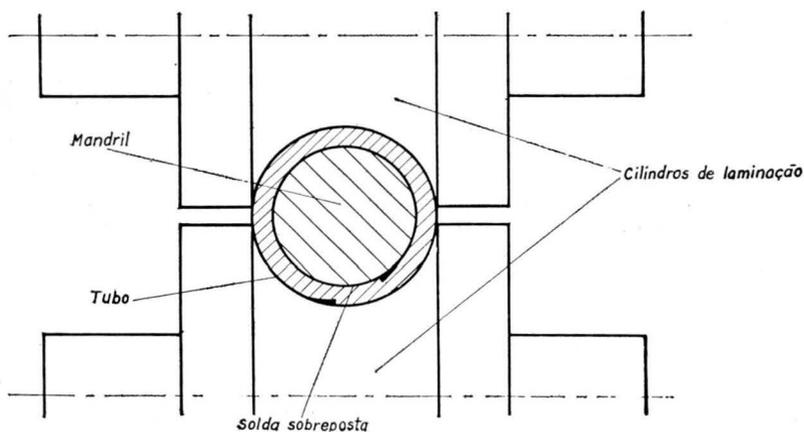


Fig. 2 — Fabricação de tubos por solda sobreposta.

Êste sistema foi empregado até na segunda década do século XX na Inglaterra e nos Estados Unidos, porém o mesmo não teve nenhuma importância no desenvolvimento dos sistemas de fabricação de tubos.

*Processo Fretz-Moon* — Por volta de 1920 desenvolveu-se um processo de estiragem por meio de funil para fabricação contínua de tubos de aço pelo sistema Fretz-Moon (fig. 3). As fitas de aço são soldadas umas às outras antes da entrada no forno contínuo de aquecimento. No lugar da fieira são apro-

veitados rolos calibradores que dobram a fita de aço até formar o tubo com fenda. Posteriormente um par de rolos laminadores reduz o diâmetro do tubo em cerca de 5%, para que seja realizado o processo de soldagem sob pressão.

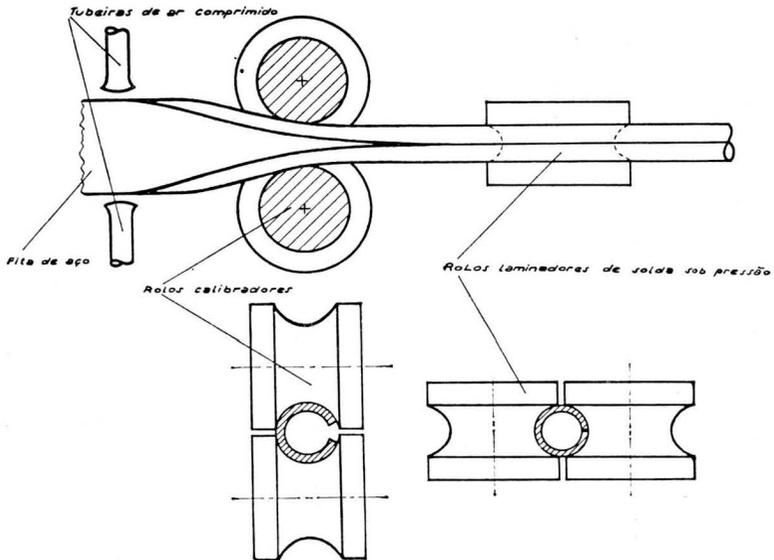


Fig. 3 — Fabricação de tubos pelo processo Fretz-Monn, de produção contínua.

No início da operação sopra-se ar nos rebordos da fita quente, a fim de auxiliar o processo de soldagem, eliminando a carepa e aumentando a temperatura nos limbos.

Serras que se movimentam com a mesma velocidade dos tubos acabados, cortam nos comprimentos desejados.

Tubos para água e gás com diâmetro externo de 10 mm (parede 2,0-2,5 mm) até 100 mm (parede 5,0-6,25 mm) podem ser fabricados vantajosamente sob o ponto de vista econômico por esse sistema, atingindo-se velocidade de fabricação de até 300 m por minuto para as bitolas menores.

*Soldagem a gás* (fig. 4a) — Neste processo de fabricação somente os limbos da fita de aço são aquecidos (ao contrário do que acontece com o processo Fretz-Moon) à temperatura de solda, por meio de um queimador múltiplo de chamas resfriado com água. Atrás do queimador está instalado um dispositivo de rolos de pressão que efetuam a solda por compressão. Podem

ser fabricados tubos por êsse sistema entre 10 a 250 mm de diâmetro externo e uma espessura de parede de 1,5 até 8 mm.

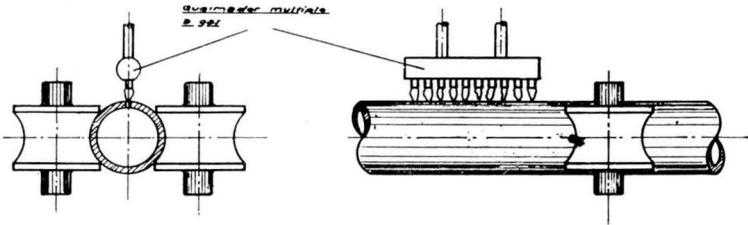


Fig. 4a — Processo de soldagem à gás na fabricação de tubos.

*Processo de solda por indução* (fig. 4b) — Um outro processo de solda a fogo é o de solda por indução. O princípio dêsse processo é o mesmo como no processo de soldagem a gás, sòmente que os rebordos da fita de aço são aquecidos não por queimador, mas sim por meio de uma bobina indutora de frequência média (entre 2 a 10 KHz). Os rebordos adequadamente aquecidos são soldados por meio de rolos de pressão.

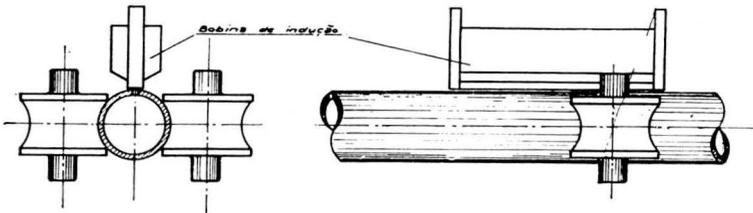


Fig. 4b — Método de solda de indução; os rebordos da fita de aço são aquecidos por bobina indutora de frequência média.

As aparas da solda são eliminadas por ferramentas que trabalham continuamente.

Tubos fabricados por êsse sistema, são cortados nos comprimentos desejados, por meio de uma bobina de indução, que acompanha o tubo saindo com a mesma velocidade, isto é, o calor de indução queima os tubos, cortando-os. Pelo sistema de solda por indução são fabricados tubos com diâmetro externo de 76 até 165 mm.

*Solda de topo por resistência elétrica* — Neste processo de fabricação, uma fita contínua de aço é deformada, passando entre rolos (fig. 5), tomando a forma de tubo. A solda dos limbos

é efetuada por meio de eletrodos sôbre rolos ou contactos de deslizamento de baixa voltagem e alta amperagem. A corrente elétrica aquece os rebordos à temperatura de solda. Rolos de pressão soldam um rebordo ao outro. A aresta da solda é eliminada a quente por dispositivos especiais localizados atrás do dispositivo de solda.

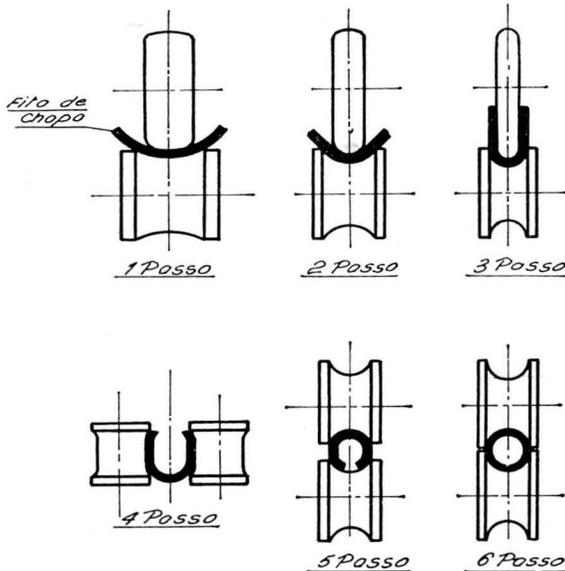


Fig. 5 — Fabricação de tubos por solda de resistência elétrica, vê-se o jogo de rolos calibradores.

Aumentando-se a freqüência e as potências dos transformadores, pode-se aumentar as velocidades de solda (fig. 6). As baixas freqüências situam-se entre 50 a 400 KHz, efetuando-se a soldagem à alta freqüência entre 400 a 500 KHz.

Do ponto de vista metalúrgico a principal vantagem desse processo de fabricação consiste no fato de que os rebordos a serem soldados têm a superfície limpa, melhorando, assim, a qualidade da costura. O efeito Skin que aparece na solda por alta freqüência faz com que a temperatura de solda se localize somente bem nas proximidades do limbo, possibilitando solda de ligas de aço e de metais não-ferrosos.

Por esse processo obtém-se tubos entre 10 a 500 mm de diâmetro externo para espessuras médias ou finas. Velocidades de operação de 35 até 50 metros por minuto, dependendo das espessuras de parede, freqüência e amperagem.

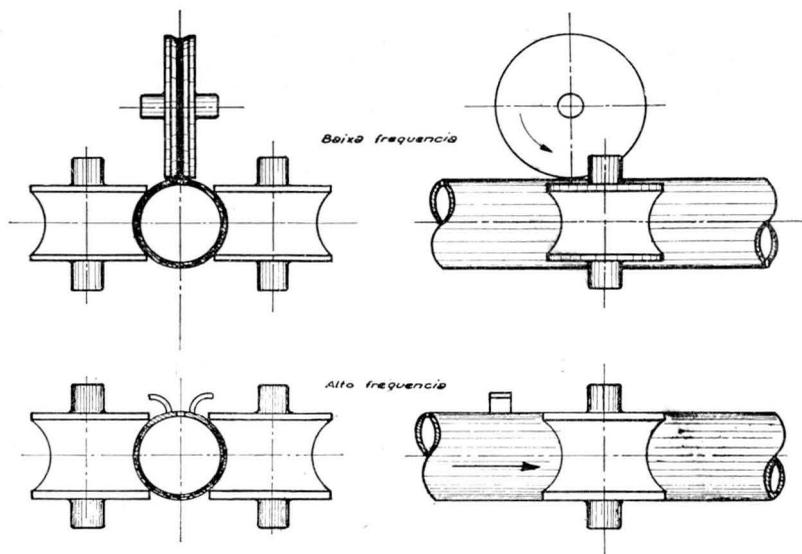


Fig. 6 — Solda de topo por meio de resistência elétrica; dispositivos de baixa frequência e de alta frequência.

*Tubos de bitolas grandes* — Na fabricação de tubos de mais de 500 mm de diâmetro externo (fig. 7), o tubo com fenda recebe sua forma em viradeiras de chapas. Nos últimos tempos empregam-se mais e mais prênsas hidráulicas, nas quais as chapas são prensadas para tomar a forma de tubos, podendo ser aproveitadas quaisquer espessuras soldáveis de chapas.

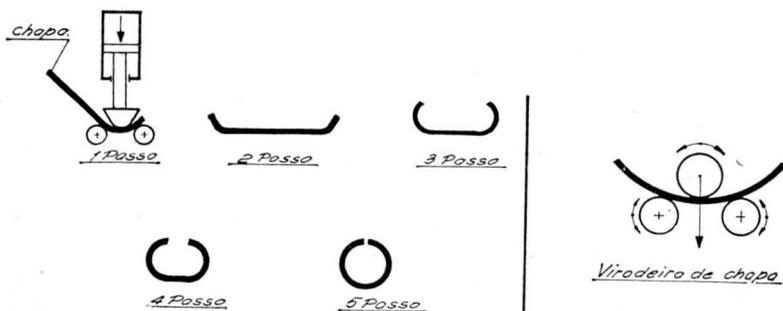


Fig. 7 — Na fabricação de tubos maiores  $\varnothing$  500 mm, são empregadas prênsas hidráulicas na conformação da chapa.

*Solda de tópo por caldeamento elétrico* — Neste processo de fabricação coloca-se ao longo da fenda contactos elétricos que produzem o caldeamento do tubo num curso de trabalho (fig. 8). Esse sistema de fabricação é empregado para tubos

de 500 até 1.400 mm de diâmetro externo, porém, somente é econômico para grandes quantidades de tubos numa só bitola.

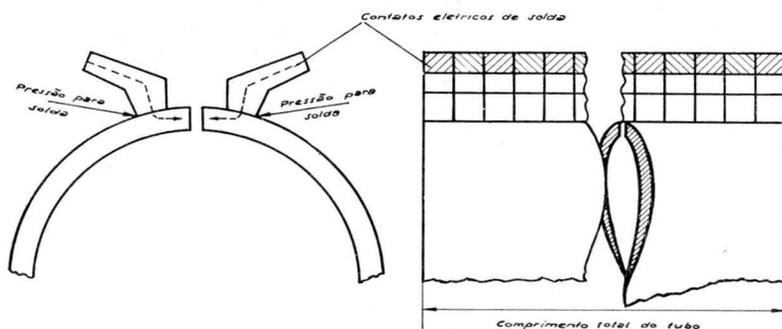


Fig. 8 — Solda de topo por caldeamento elétrico, para tubos  $\varnothing$  500 mm a 1400 mm, em grandes séries.

*Solda sob pó protetor (Sistema Ellira)* — As exigências sobre a qualidade da costura dos tubos soldados, tendo sempre aumentado, trouxeram consigo a solda pelo sistema Ellira (Electro-Linde-Rapid) (fig. 9). A fenda em forma de “V” do tubo é segurada por um dispositivo de mordentes. O processo de fundição do eletrodo de arame, cuja alimentação é executada automaticamente, realiza-se debaixo de pó, o que permite isolar a zona de fundição do meio-ambiente, aumentando-a, desoxidando-a e produzindo assim uma liga uniforme dos eletrodos com o aço da chapa. O resfriamento da costura é lento, evitando-se tensões internas devidas ao calor.

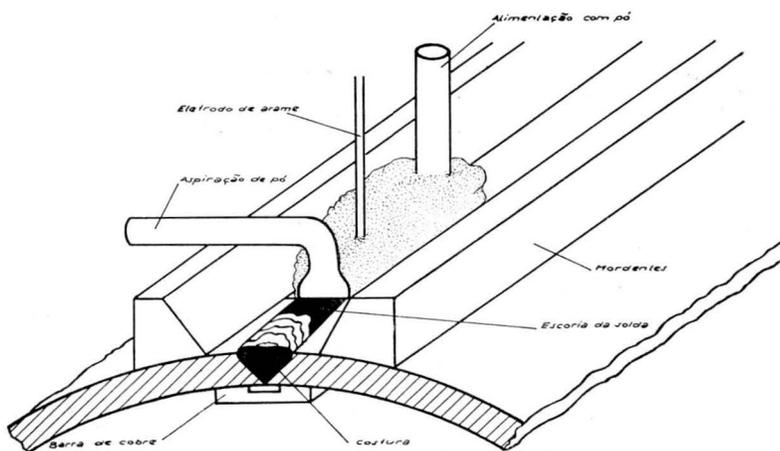


Fig. 9 — Solda sob pó protetor, sistema «ELLIRA».

Nesse processo, a costura é bem limpa. No caso em que a espessura dos tubos seja maior, empregam-se dois eletrodos de arame que são colocados um após outro, com intervalo de cerca de 170 mm, dentro da costura. Com êsse sistema, por exemplo, podem-se soldar tubos de espessura da chapa de 80 mm, a uma velocidade de 160 mm por minuto.

O processo permite fabricar tubos de 320 mm de diâmetro externo (5 até 20 mm de espessura de parede), até 2.020 mm (espessura de parede de 10 até 80 mm).

*Solda sob gás protetor* — Neste processo de solda, muito conhecido, gases inertes, como argônio, ou helio, têm a função do pó de proteção já mencionado. Êsse tipo de solda é bem adequado para chapas de alta liga.

*Solda de tubos em espiral* — Neste sistema de solda, a costura no tubo tem forma espiralada. Tubos dêsse tipo já eram conhecidos há 40 anos atrás. Êsse método de fabricação, entretanto, somente alcançou grande importância nos últimos anos (fig. 10). Uma fita contínua de chapa atravessa rolos desempenadores e em seguida rolos cortadores, ou num outro sistema, rolos decaladores dos rebordos, para que a largura da fita seja sempre igual. A fita de chapa entra no ângulo do espiral dentro da máquina de enrolar. A soldagem é executada durante a formação do tubo, sendo a máquina de soldar composta de uma cabeça para solda sob pó protetor externa e interna. As mais modernas máquinas dêsse tipo são construídas para solda sob pó protetor ou por alta frequência.

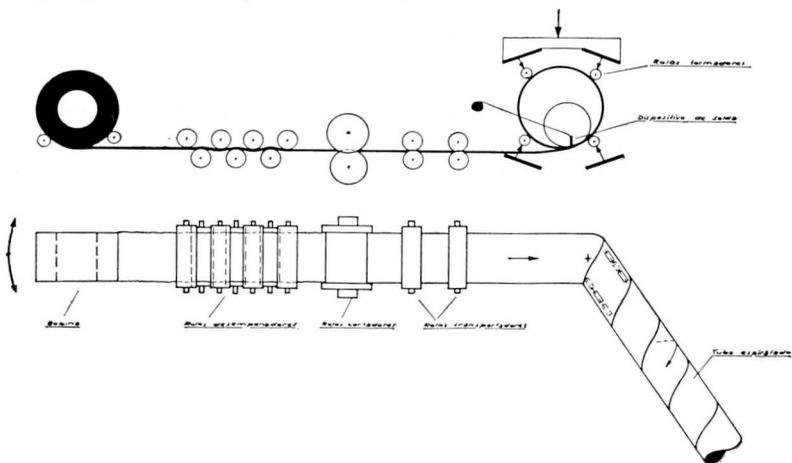


Fig. 10 — Esquema da máquina de soldar tubos espiralados. Dela há tipos transportáveis para o local das obras.

Os limites econômicos de fabricação nesse processo são de 150 até 3.000 mm de diâmetro externo, podendo-se aproveitar um número bem reduzido de tamanhos de fitas de aço.

Devido ao comprimento maior da costura espiral, a produção por unidade de tempo, de tubos por êsse sistema é muito menor que nos outros sistemas de soldagem anteriormente mencionados. Essa desvantagem é, porém, compensada pelo custo mínimo de inversões nas instalações, necessitando-se para a fabricação dos tubos de 150 até 3.000 mm de diâmetro externo somente 2 a 3 tipos de máquinas. Outra vantagem do processo de solda em espiral é a de que as máquinas podem facilmente ser ajustadas para qualquer bitola, variando somente o ângulo de entrada da fita. Devido à forma da costura espiralada, o esforço das tensões na mesma é muito menor que nos tubos com costura reta.

O último desenvolvimento nesse processo de fabricação é de máquinas transportáveis, que podem fabricar êsses tubos no lugar da obra na qual os mesmos vão ser empregados.

## 2. TUBOS SEM COSTURA

O processo da técnica moderna trouxe consigo, já no fim do século XIX, a demanda de processos econômicos de fabricação de tubos de aço sem costura. Foram dois os processos de fabricação dêsses tipos de tubos, que se desenvolveram naqueles tempos: laminação com rolos oblíquos e a prensa hidráulica de perfurar.

*Laminação com rolos oblíquos* — Os irmãos Mannesmann obtiveram em 1886 a patente para a fabricação de tubos de parede grossa por meio de rolos laminadores oblíquos com uma calibragem cônica dupla (fig. 11).

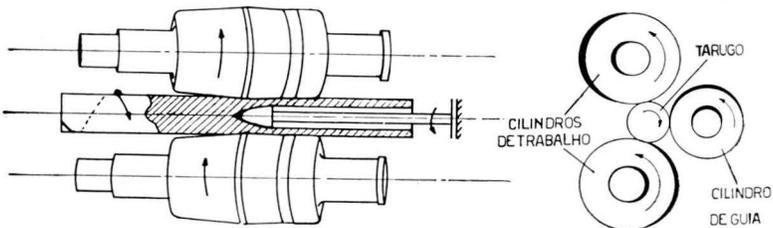


Fig. 11 — Tubos sem costura: laminador oblíquo tipo Mannesmann; (Patente inicial de 1886).

Os rolos oblíquos já eram conhecidos, sendo empregados no alisamento das barras redondas de aço, desde o início do século XIX.

Compõe-se o laminador Mannesmann de 3 rolos, cujos eixos ficam numa posição inclinada, em relação à horizontal e a posição do outro rolo. O laminador oblíquo Mannesmann tem dois rolos de trabalho e um de guia. Por meio de simples modificações de posições dos rolos pode-se obter facilmente diversas bitolas de tubos. A calibragem dos rolos oblíquos Mannesmann compõe-se de uma parte cônica ao lado da entrada da barra redonda nos rolos. A barra incandescente é arrastada pelos rolos num movimento de parafuso. Nessa posição a barra é submetida a tensões alternadas fortes, que provocam a ruptura do material no centro. Um mandril colocado no centro da barra auxilia o processo de ruptura e a formação de um furo, alisando a parede desse furo. O tubo produzido por esse método tem parede muito grossa. É então estirado no processo de laminação "passo de peregrino" (fig. 12).

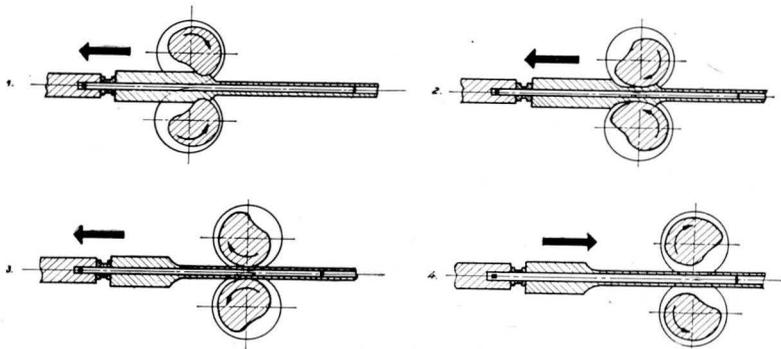


Fig. 12

Fig. 12 — Tubos sem costura: laminação "passo de peregrino".

Neste processo, a biela é introduzida com o bloco furado entre cilindros de calibragem especial que têm numa parte da superfície a calibragem de laminação, e na outra, o canal que permite ao tubo de parede grossa entrar parcialmente entre os cilindros. Inicialmente os cilindros começam por comprimir uma parte do bloco ôco incandescente. Continuando em sua rotação, laminam em tubo essa parte do bloco ôco, de acôrdo com a sua calibragem especial. A diminuição progressiva do diâmetro da calibragem dos cilindros alisa a parte já laminada do tubo até se concluir a operação de laminação. No momento seguinte, em que a abertura da calibragem volta à posição inicial, o tubo é virado em 90° e avança de novo até que uma nova parcela

penetre entre os cilindros, repetindo-se a operação de laminação. Com tubos menores êsse processo se repete até mais de 30 vêzes por minuto; com tubos maiores, devido à massa bem aumentada do bloco ôco (até 5.000 kg), 30-40 vêzes.

Êsse processo pode ser considerado como universal para a fabricação de tubos sem costura, de 45 mm de diâmetro externo e 2,25 — 7 mm de espessura de parede até 650 mm de diâmetro externo e de 9 até 40 mm de espessura de parede.

Podem ser laminados por êsse processo tubos sem costura com um comprimento máximo de 25-30 m e, em casos especiais, até 40 metros. Instalações modernas têm um bom coeficiente de produtividade.

As tensões e os esforços nos rolos oblíquos requerem um tipo de aço adequado para tubos. Para as bitolas pequenas empregam-se barras laminadas a quente, e para as bitolas maiores são empregados lingotes fundidos de aço ou lingotes produzidos pelo processo de lingotagem contínua.

Do diâmetro de 250 mm em diante, uma prênsa perfuratriz (fig. 13) perfura os lingotes antes dos mesmos serem introduzidos nos rolos oblíquos, o que produz uma considerável melhora na qualidade do tubo, além de diminuir a ação de defeitos do aço.

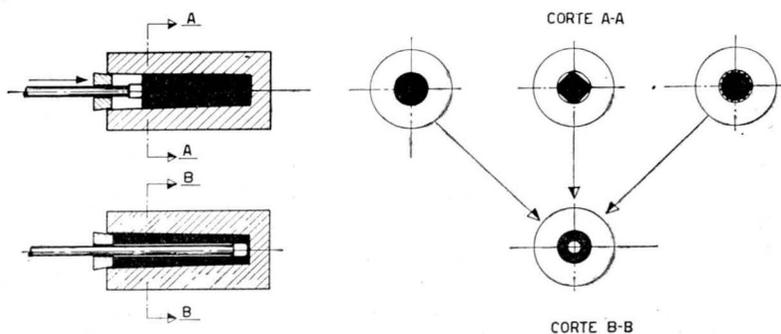


Fig. 13 — No processo da figura anterior e para diâmetros maiores que 250 mm, uma prensa perfuratriz perfura os lingotes antes de serem introduzidos nos rolos oblíquos.

*Rolos cônicos* — Nos anos de 1896-97, para ser contornado o processo de laminação dos irmãos Mannesmann de rolos oblíquos, foi patenteado o sistema de fabricação de tubos por rolos cônicos e rolos de discos (fig. 14).

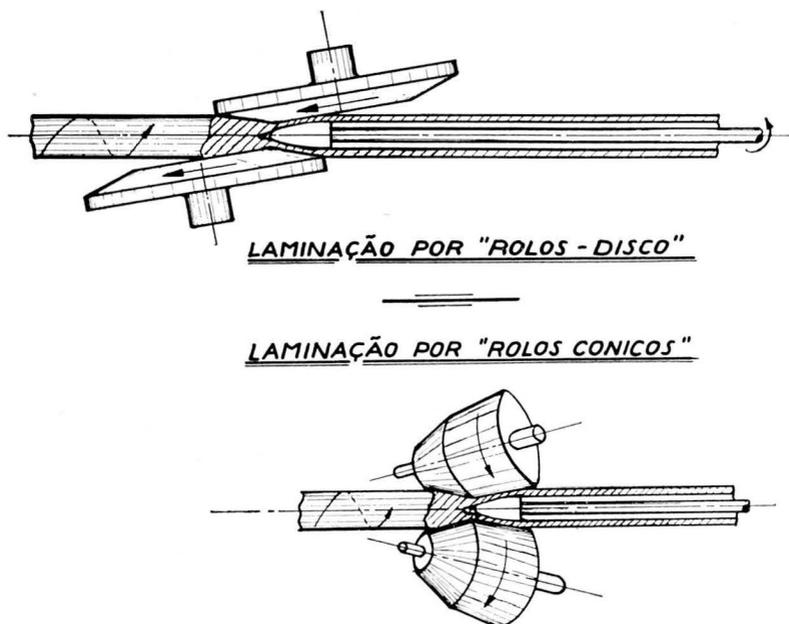


Fig. 14 — Tubos sem costura: laminação por "rolos de disco" e por "rolos cônicos".

Nesse processo, conforme se pode verificar na figura, o princípio é o mesmo como na laminação por rolos oblíquos da patente Mannesmann; no lugar do cilindro de guia foram colocadas guias fixas para evitar um desvio do lingote e ajudar a esticar o tubo. As guias têm uma calibragem semelhante à dos cilindros de laminação. A lupa é após introduzida no laminador com mandris (fig. 15). Este laminador com mandris é composto de um trem duo com calibragem redonda. No início, a volta do tubo para um novo passo de laminação efetuava-se por intermédio do cilindro superior do laminador. Atualmente emprega-se para esse movimento um par de rolos especiais de retrocesso. Por motivo de construção mais fácil e econômica, usam-se hoje os rolos cônicos, principalmente, para bitolas médias de tubos, sendo usados rolos de discos para bitolas menores.

*Laminador automático* — Há uns 40 anos, os Estados Unidos aperfeiçoaram o laminador com mandris. Os rolos oblíquos tomaram a forma de tonel (fig. 16). As guias superiores e inferiores, localizadas entre os rolos, têm por fim apoiar o processo de estiragem. O laminador com mandris executa o resta da estiragem.

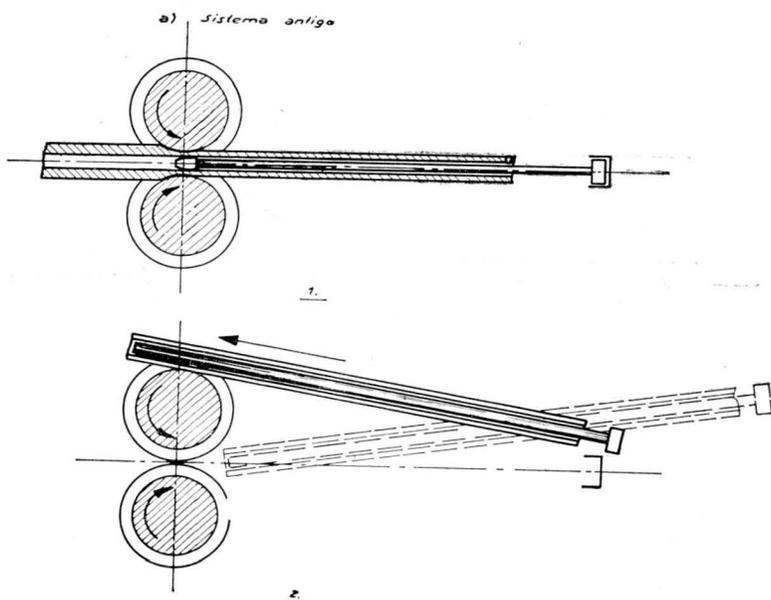


Fig. 15a — Tubos sem costura: laminador com mandris do sistema antigo.

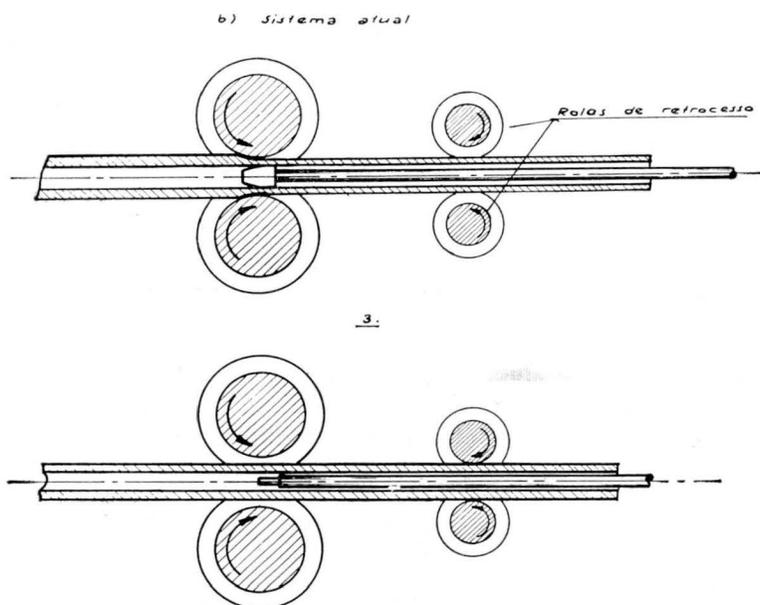


Fig. 15b — Tubos sem costura: laminador com mandris do sistema atual.

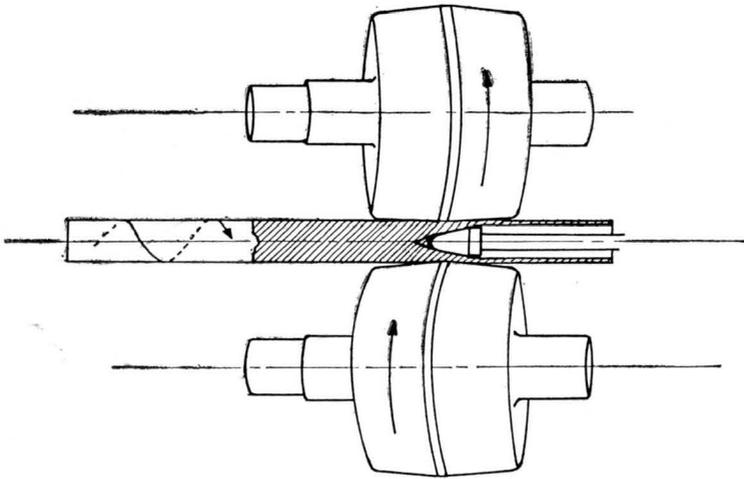


Fig. 16 — Rolos oblíquos para laminador automático, em forma de tonel.

No laminador alisador (fig. 17), são igualadas pequenas saliências da parede. Num laminador calibrador (fig. 18) instalado depois do alisador, é executada a calibragem exata do diâmetro externo do tubo quente. Por êste processo são fabricados tubos sem costura entre 57 a 420 mm de diâmetro externo, com espessura de parede média até grossa, e em comprimentos médios. O processo é empregado atualmente para a fabricação da maioria dos tubos sem costura, especialmente daqueles destinados à indústria petrolífera.

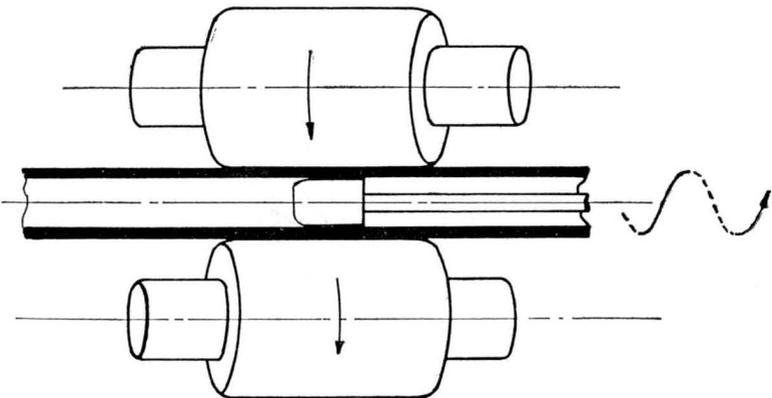


Fig. 17 — No laminador alisador são regularizadas pequenas saliências internas e externas.

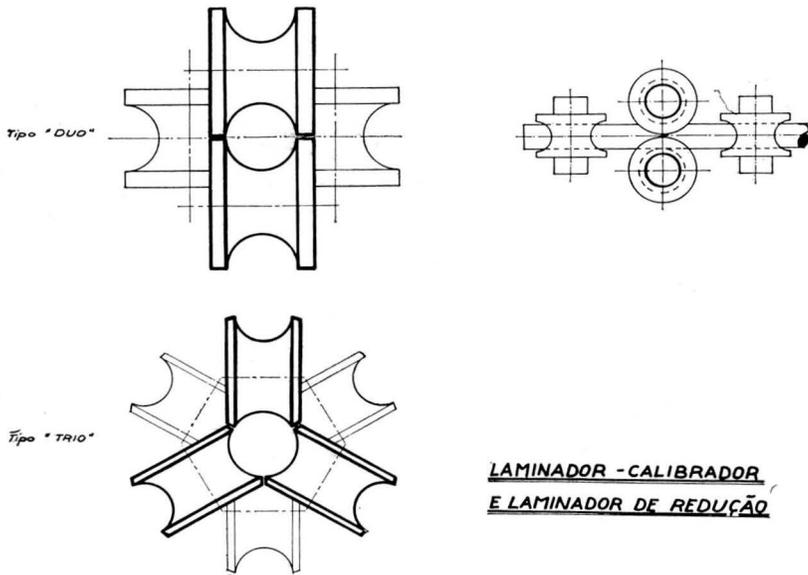


Fig. 18 — Laminador calibrador e laminador de redução; executam a calibragem exata dos diâmetros do tubo, a quente.

*Laminador contínuo* — A idéia de reduzir o diâmetro e estirar blocos ôcos fundidos por meio de uma biela e de uma seqüência de gaiolas duo de laminação com calibragem redonda, estava já esboçada na patente KELLOG de 1889. A falta de uma técnica adequada de fundição, a qualidade insuficiente das ferramentas, e dificuldades na construção das máquinas, impediram que o processo lograsse êxito no princípio, sendo aperfeiçoado em 1930 por Fassl e Foren.

A barra redonda é perfurada e estirada nos rolos oblíquos. O diâmetro externo e a espessura da parede são reduzidos e a lupa estirada num laminador contínuo.

A lupa é laminada numa série de laminadores duos, cuja calibragem tem forma oval para facilitar o estiramento do tubo. A laminação neste laminador é efetuada por cima de uma biela que se movimenta conjuntamente com o tubo (fig. 19).

Tôdas as gaiolas têm acionamento singelo, regulável. A biela é retirada e o tubo é posteriormente reduzido e estirado num laminador de redução. As velocidades de laminação nesse processo podem atingir 275 metros por minuto. Em virtude de sua grande capacidade de produção, o processo de laminação contínua é econômico sômente para laminar grandes quantidades de tubos numa só bitola. O processo é empregado para

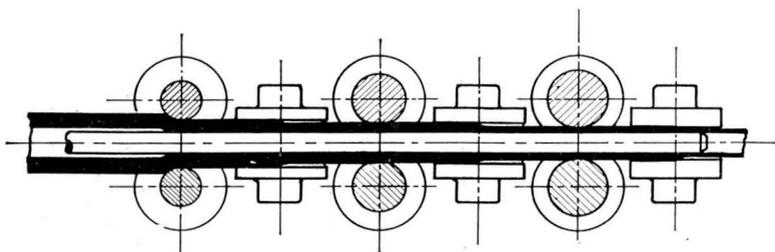


Fig. 19 — Laminador contínuo para tubos sem costura.

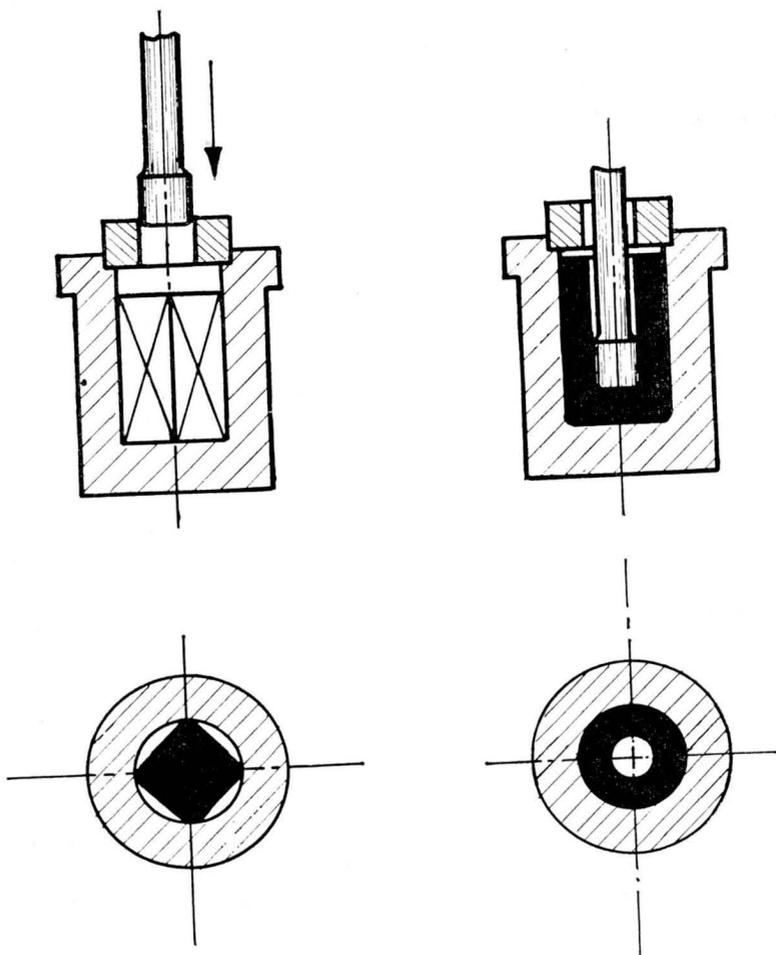


Fig. 20 — Tubos sem costura: princípio de funcionamento da prensa Erhardt.

tubos sem costura entre 50 a 130 mm de diâmetro externo, com paredes finas, e em comprimentos até 20 metros.

*Processo de laminação Erhardt* — Quase na época em que apareceu o processo de laminação dos irmãos Mannesmann, foi patenteado por H. Erhardt, em 1891, um outro processo de produção de tubos sem costura: a fabricação de blocos ocios numa prensa hidráulica (fig. 20). Um bloco quadrado fundido, quente, é colocado na prensa hidráulica dentro de uma matriz redonda, ligeiramente cônica.

Um pino, por força hidráulica, perfura o bloco. Para o posterior estiramento do tubo, existem dois processos:

- a) O bloco ôco é laminado num laminador com mandris conforme (fig. 15a);
- b) o bloco ôco passa por dentro de anéis de estiramento (fig. 21).

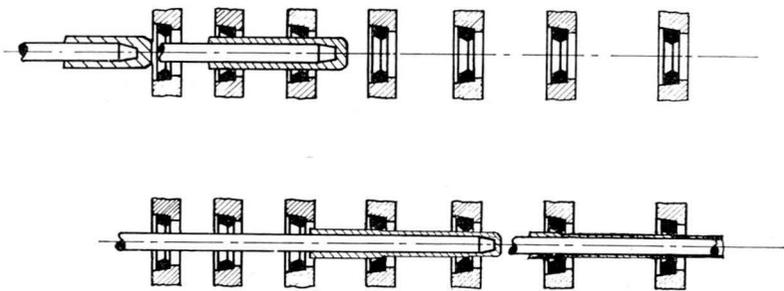


Fig. 21 — Máquina de estiramento a quente, por meio de anéis redutores.

Devido às dificuldades da laminação, o primeiro processo de reduzir o bloco ôco foi abandonado. Atualmente, a segunda fase do processo Erhardt realiza-se do seguinte modo: o bloco é perfurado em forma de dedal e estirado por meio de uma biela, em seguida passa por um certo número de anéis de estiramento colocados um após outro diminuindo, assim, o diâmetro externo e a parede.

O processo Erhardt recebeu novo impulso quando os anéis de estiramento foram substituídos por jogos de rolos redutores tipo duo ou trio (fig. 18).

Um outro aperfeiçoamento foi obtido por meio da prensa de estiramento (fig. 22). Pelo processo citado são fabricados tubos sem costura de 50 mm de diâmetro externo com 2-6 mm de espessura de parede e até 140 mm de diâmetro externo com 4-15 mm de espessura de parede.

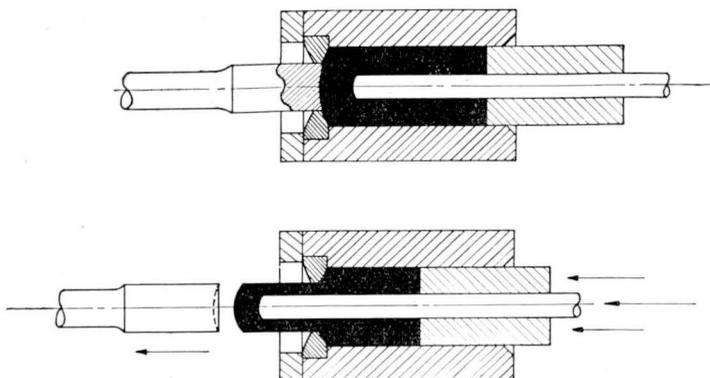


Fig. 22 — Prensa de estiramento para tubos sem costura.

*Processo de laminação Roeckner* — Este processo é aproveitado para laminação de tubos sem costura de parede grossa, acima dos diâmetros conseguidos na laminação tipo “Passo de peregrino” (620-1.800 mm de diâmetro externo). Devido às dificuldades de laminação, o processo Roeckner (fig. 23) hoje é pouco usado, estando agora substituído por um processo de fabricação, no qual os tubos de parede grossa são estirados numa prênsa hidráulica.

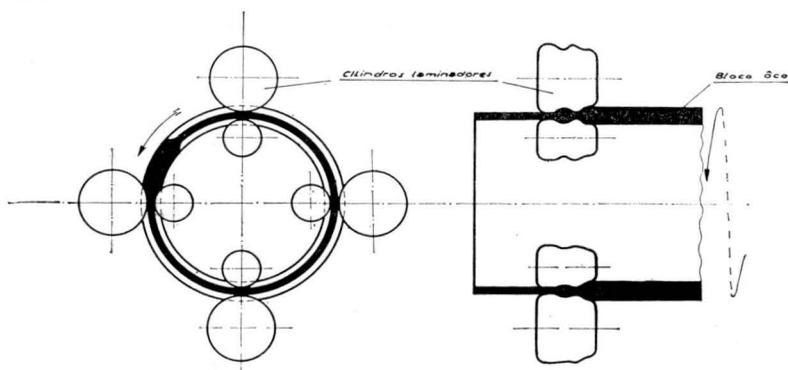


Fig. 23 — Processo de laminação «Roeckner» para tubos sem costura de paredes grossas, hoje pouco usado.

*Prênsa de extrusão de F. Singer* — Ao início deste século já se fabricavam tubos de metais não-ferrosos por meio de uma prênsa de extrusão. Singer estendeu esse processo para a fabricação de tubos de aço, construindo uma prênsa de extrusão de acionamento mecânico, com manivela. O princípio de funcionamento dessa prênsa é o seguinte (fig. 24):

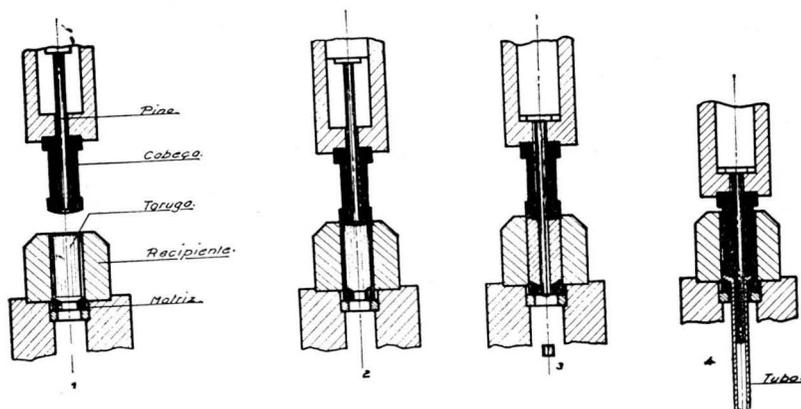


Fig. 24 — Princípio de funcionamento da prensa de extrusão para tubos de aço, de F. Singer.

Uma barra redonda, de aço incandescente, é introduzida na matriz cilíndrica da prensa, cujo fundo tem uma abertura também cilíndrica e menor.

A cabeça da prensa ajusta-se ao tarugo de aço, sem comprimí-lo. Depois o pino, cujo diâmetro é menor que o furo redondo da abertura da matriz, perfura o tarugo, e em seguida entra em ação a cabeça da prensa, obrigando o aço a sair através a abertura redonda que se forma entre o pino e a matriz, dando origem a um tubo. Esse processo efetua-se num curto espaço de tempo de menos de 2 segundos. As prensas mecânicas para esses fins são construídas para uma capacidade de prensagem de até 2.200 toneladas. Esse processo tem a vantagem de ser aproveitado para a fabricação de tubos sem costura em qualquer tipo de aço, a começar dos aços carbonos até de alta liga.

O diâmetro externo máximo dos tubos fabricados por esse processo é de 90 mm. O último aperfeiçoamento do processo Singer foi o de empregar duas prensas trabalhando em seqüência em vez de uma somente, dividindo assim o trabalho de formação dos tubos, podendo ser prensados tubos de maiores diâmetros externos e de maiores comprimentos.

*Laminadores de redução e expansão* — Os processos descritos anteriormente para a fabricação de tubos com e sem costura têm sempre limites às vezes bastante estreitos com referência às bitolas dos tubos que possam ser fabricados por meio destes. Para corrigir essas desvantagens e por motivos econô-

micos, os tubos fabricados pelos processos atrás mencionados são expandidos ou reduzidos em laminadores de expansão ou de redução. Os laminadores de redução compõem-se de rolos tipo duo, colocados um atrás do outros, a  $90^\circ$ , ou do tipo trio a  $60^\circ$  só recentemente usado (fig. 18).

A função do laminador de redução é de reduzir o diâmetro externo do tubo. Caso seja necessário reduzir também a espessura da parede dos tubos, aumenta-se adequadamente a velocidade de laminação dos laminadores posteriores.

Em laminadores de construção recente, a redução do diâmetro do tubo vai até 75% e a diminuição da espessura de parede até 35%. As velocidades de laminação nesses laminadores vão até 270 m por minuto, para as bitolas menores.

Êstes laminadores diminuem os custos de fabricação, já que com poucas bitolas de tubos laminados por um dos métodos anteriormente descritos pode-se conseguir um grande número de bitolas menores aos originais.

Os laminadores de expansão são pouco empregados nesses últimos tempos. Existem dois tipos: o laminador de expansão de rolos oblíquos, que se originou do laminador de rolos oblíquos dos irmãos Mannesmann (fig. 25a) e o laminador tipo tambôr (fig. 25b).

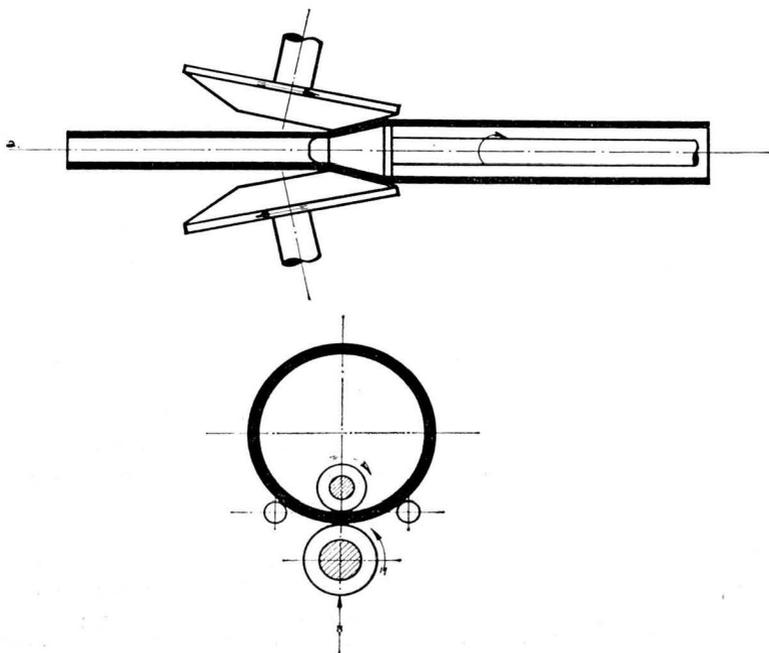


Fig. 25 — Laminadores de expansão a) e b).

### 3. TREFILAÇÃO A FRIO E LAMINAÇÃO A FRIO PELO SISTEMA "PASSO DE PEREGRINO"

Para conseguir diâmetros externos e espessuras de parede mais exatos, e para fabricar tubos com diâmetros e paredes menores que os obtidos pelos processos de fabricação mencionados anteriormente, os tubos de aço são trefilados a frio ou laminados a frio pelo sistema "passo de peregrino". Na trefilação (fig. 26), o tubo é apontado numa das extremidades, na qual se coloca uma tenaz que puxa o tubo através da fieira, de diâmetro interno menor que o diâmetro externo do tubo, até que se alcance a medida desejada.

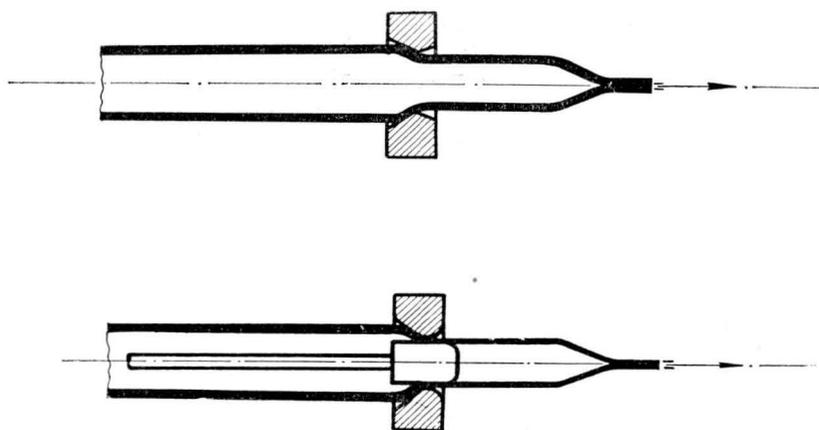


Fig. 26 — Trefilação de tubos para conseguir diâmetros externos e espessuras de parede mais exatos.

Caso que também a espessura da parede do tubo deva ser reduzida, este é puxado também internamente, num mandril colocado dentro da fieira.

Por esse processo fabricam-se tubos redondos, quadrados, ovais ou de diversos perfis (fig. 27). Na trefilação de tubos obtém-se em grau de redução até 50% por passe. As velocidades de trefilação dos tubos são até 60 m por minuto. Os limites de fabricação nesse processo são os seguintes:

Diâmetro externo mínimo .....	3 mm (em casos especiais até 0,6 mm)
Espessura mínima de parede .....	0,5 mm
Diâmetro externo máximo .....	250 mm
Espessura de parede .....	2,5 — 10 mm

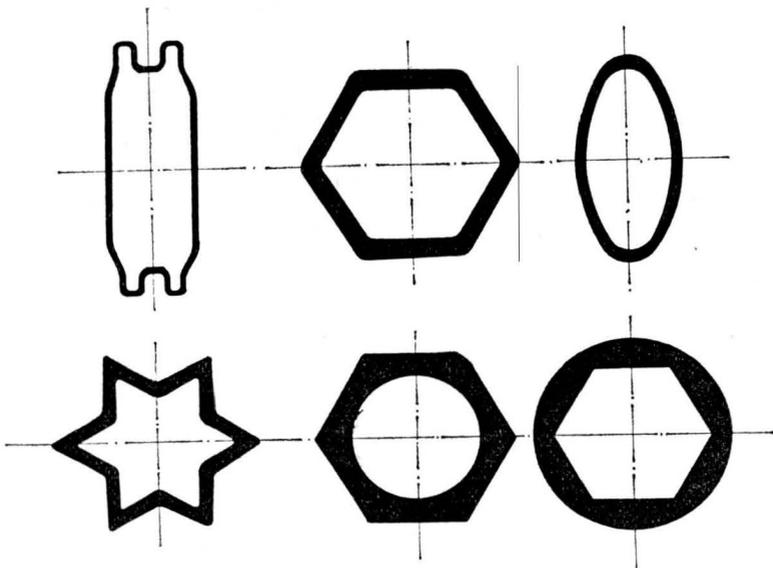


Fig. 27 — Perfis de tubos trefilados.

A laminação a frio pelo sistema “passo de peregrino” foi desenvolvida do processo de laminação a quente com o mesmo nome, que descrevemos anteriormente. Dois rolos com calibragem cônica reduzem o tubo parcialmente sôbre um mandril cônico. As conicidades do mandril e a dos rolos correspondem à redução de diâmetro e espessura desejada. O grau de redução pode ser distribuído à vontade entre o diâmetro e a espessura de parede. Reduções até 80% são alcançadas num passe. Os limites de fabricação dêsse processo são de 12 mm de diâmetro externo e 1 mm de espessura de parede, até 180 mm de diâmetro externo e 3 mm de espessura de parede.



## DISCUSSÃO <sup>(1)</sup>

**Werner Grundig** <sup>(2)</sup> — Antes de abrir os debates, quero agradecer ao Autor e à CSM a iniciativa da apresentação de tão interessante trabalho, que nos dá um panorama geral e autorizado da fabricação de tubos de aço, com e sem costura.

(1) Contribuição Técnica n.º 450. Apresentada na Comissão «H» do XVI Congresso Anual da ABM; Pôrto Alegre, julho de 1961.

(2) Membro da ABM e Presidente da Mesa; Professor Catedrático da URGs; Pôrto Alegre, RS.

**L. C. Corrêa da Silva** (3) — Queria tamém congratular-me com o Autor pelo valor e oportunidade de seu trabalho. Contribuições dessa natureza, didáticas e de divulgação de processos metalúrgicos, são muito úteis; seria interessante até que delas a ABM solicitasse a tirada de maior número de separatas, para distribuição às Escolas de Engenharia e a associados que as solicitassem. São contribuições que concorrem para a cultura geral de engenheiros de todos os ramos da metalurgia.

**J. G. Leal de Abreu** (4) — Perguntaria qual é o diâmetro máximo do tubo extra-forte sem costura?

**A. Kuchler** (5) — 650 milímetros, pelo processo «Passo de Peregrino». Pelo processo «laminador automático», o diâmetro maior é de 420 milímetros externo. Mas a CSM só produz tubos com 273,1 milímetros de diâmetro externo.

**J. Leal de Abreu** — A Mannesmann tem problemas para aumentar êsse diâmetro?

**A. Kuchler** — Em qual processo? No processo do laminador automático o problema não é o diâmetro externo, mas o diâmetro interno do tubo. Se no processo do laminador automático aumenta muito o diâmetro externo, os mandris ficam grandes e pesados demais, e há dificuldade para se colocar o mandril na biela. Com o processo «Passo de Peregrino» há o problema da biela muito grande. As bielas são de aço especial e muito caras. Assim, tècnicamente é possível, mas economicamente é difícil.

**J. Leal de Abreu** — Em nosso trabalho em Volta Redonda temos dificuldade em comprar tubos de diâmetros maiores e extra-fortes, acima de 3 polegadas.

**A. Kuchler** — Nós produzimos tubos até 273,1 milímetros de diâmetro externo. Com a laminação automática da CSM um diâmetro maior não é possível, porque primeiramente foi planejada até 8 5/8", quer dizer até 219 milímetros de diâmetro externo. Nós ampliamos, há dois anos, a nossa laminação para tubos até 273,1 milímetros de diâmetro externo, mas isto é o máximo realizável. Não podemos ampliar mais, senão comprando uma instalação completamente nova.

**J. Leal de Abreu** — Produzem padrões americanos?

**A. Kuchler** — Nós produzimos todos os padrões americanos. Produzimos o API, ASTM e também DIN. A Companhia Siderúrgica Mannesmann tem autorização para usar a sigla API.

**J. Leal de Abreu** — Lá em Volta Redonda as dimensões de rósca e de diâmetro são de padrões americanos; mas, temos dificuldade em encontrar êsses tubos.

**A. Kuchler** — Nós produzimos tubos laminados desde 1/2" até 10 3/4" com quase tôdas as paredes desejadas. Nós laminamos, por exemplo, tubos de 273,1 mm de diâmetro externo com parede de até 25 mm, e

(3) Membro da ABM; Professor de Siderurgia da EPUSP e Chefe da Secção de Aços do IPT; São Paulo, SP.

(4) Membro da ABM; Engenheiro da Usina de Volta Redonda da CSN; Volta Redonda, RJ.

(5) Membro da ABM; Engenheiro da Companhia Siderúrgica Mannesmann; Usina do Barreiro; Belo Horizonte, MG; autor do trabalho.

também tubos mecânicos, com paredes mais grossas, que não têm tolerância de diâmetro externo tão estreita.

**M. Prado Uchôa** <sup>(6)</sup> — Poderia me informar qual o diâmetro mínimo de tubo? O máximo é de 273, e o mínimo?

**A. Kuchler** — Na CSM o mínimo é de meia polegada, 21 milímetros. E fazemos tubos trefilados com até 8 milímetros de diâmetro externo.

**L. Sérgio Marcondes** <sup>(7)</sup> — O senhor poderia indicar as temperaturas em que são laminados os tubos patenteados pelos irmãos Mannesmann?

**A. Kuchler** — A temperatura varia muito segundo a qualidade do material. Mas o bloco saindo do forno, geralmente tem uma temperatura entre 1.270°C até 1.310°C. Com os processos mais modernos, por exemplo com o laminador contínuo e automático, usa-se uma temperatura um pouco mais baixa, de 1.200°C até 1.270°C. Com o processo mais antigo dos irmãos Mannesmann, nós usamos temperaturas até 1.310°C. Antigamente, os laminadores só usavam temperaturas muito elevadas, acima de 1.310°C, para limpar a superfície do bloco. Mas, há desvantagens, porque o bloco pode ser queimado e isso pode estragar a superfície do tubo saindo.

**M. P. Uchôa** — Eu gostaria de saber se é possível obter um tubo de 6 polegadas, por exemplo, com diâmetro exato externo? A COSIPA precisou de cinco mil metros desse tubo, com uma medida precisa.

**A. Kuchler** — (Interrompendo) — A Mannesmann fabrica tubos de 6 polegadas DIN, de 164 e meio milímetros, e ASTM com 168,3 milímetros, com a tolerância de  $\pm 1\%$ .

**M. P. Uchôa** — E se quiser variar um pouquinho o diâmetro externo?

**A. Kuchler** — Variar menos do que  $\pm 1\%$ ? No futuro nós poderemos também fabricar tubos estirados a frio de diâmetros maiores, e com esses poderemos ter uma tolerância bem menor.

**M. P. Uchôa** — Não é questão de tolerância. No caso, nós precisávamos de 150 milímetros de diâmetro externo.

**A. Kuchler** — A possibilidade nós temos, mas não podemos fazer tubos assim, porque precisaríamos novos jogos de cilindros para os vários laminadores, e isso custaria milhões de cruzeiros. Uma grande encomenda justificaria essa despesa. No laminador automático, a produção por hora é na base de 20 toneladas. E a modificação do calibre no trem inteiro demora muito. O senhor pode imaginar o custo da modificação, quer dizer da interrupção do trabalho, para poder laminar a dimensão desejada. Esse é o problema. Não é problema técnico, somente econômico.

(6) Membro da ABM e Engenheiro Metalurgista; São Paulo, SP.

(7) Membro da ABM; Engenheiro da COBRASMA; São Paulo, SP.