Escola Politécnica da USP
Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais
PMT2404 – Transformação Mecânica I

Tubos com e sem costura: breve histórico e principais processos produtivos

Bruno Nagle Armendro
Felipe Martins Pereira Ribeiro
Marco Aurélio Pereira Fiori

1) Breve histórico dos Tubos

- O primeiro indício do uso de tubos vem da China entre os anos de 3000 a.C. e 2000 a.C., onde sua fabricação se dava utilizando bambus e seu uso era principalmente para o abastecimento de água dos vilarejos

- Os egípcios 5000 anos atrás também já faziam uso de tubos para abastecer a população com água, bem como para irrigar suas plantações. Descobertas indicam que seus tubos eram feitos de cobre

- Na Grécia os tubos começaram a ser usados entre os anos de 1600 a.C. e 300 a.C., também com o intuito de transportar água. Contudo os materiais empregados eram vários: barro, rochas, chumbo e bronze. Sua fabricação era feita de tal forma que as extremidades tinham diâmetros diferentes, permitindo o encaixe das partes adjacentes

- As tubulações usadas pelo Império Romano datam de 400a.C. a 150d.C. e o que chama a atenção é o fato de algumas serem utilizadas ainda nos dias de hoje. Eram fabricados com barro, bronze, madeira, chumbo e até mesmo prata

- Durante a Idade Média houve algum retrocesso. Exceto pelos povos árabes do norte da África não há registro do uso de tubulações para o transporte de água. No Renascimento, com a ida das pessoas para as cidades voltou-se vagarosamente a produzir-se tubos, destaque para os primeiros tubos feitos de ferro fundido

- Os séculos XVIII e XIX marcam um aprimoramento na fabricação de tubulações de ferro fundido. Na França, financiado pelo Estado o cientista Mariotte que desenvolvia técnicas para o bombeamento de água pôde testar uma série de materiais, principalmente o ferro fundido.

- O final do século XIX e início do século XX trouxe a necessidade de transportar não só água mas também óleo e gás, insumos necessários na indústria que se desenvolvia. Houve o aprimoramento das técnicas de soldagem e o surgimento das primeiras normas técnicas

2) Tubos sem costura

- **Tubos produzidos de modo que não haja solda na direção longitudinal. Em geral empregados em: oleodutos e gasodutos, usinas nucleares, tubos para aquecimento e arrefecimento, entre outros**

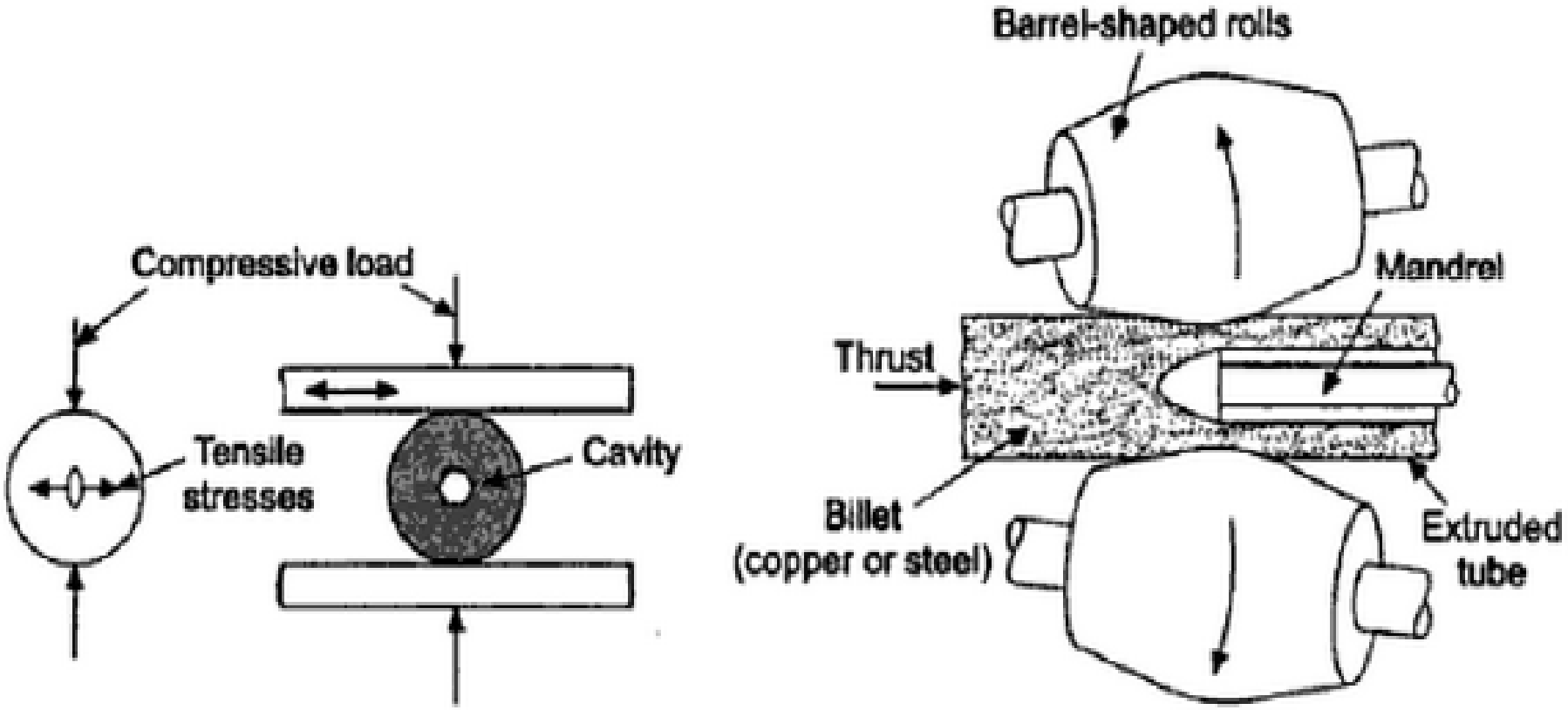
- **Durante a fabricação são feitos tratamentos químicos e térmicos, de modo a garantir ao tubo propriedades como ductilidade e resistência a corrosão**

2.1) Processos de produção de tubos sem costura

2.1.1) Produção por tubo penetrante rotativo (processo Mannesmann)

- **O material é submetido a tensões de compressão e a aquecimento, de modo a diminuir seu limite de escoamento e facilitar sua deformação**

- **Rolos posicionados de forma oblíqua giram o cilindro e o empurram contra um mandril cuja extremidade apresenta um formato adequado para a retirada de material do interior do cilindro de modo a formar o tubo**



Esboço do processo Mannesmann

2.1.2) Processos de laminação cruzada

- **Os processos de laminação cruzada são variações do processo Mannesmann.**

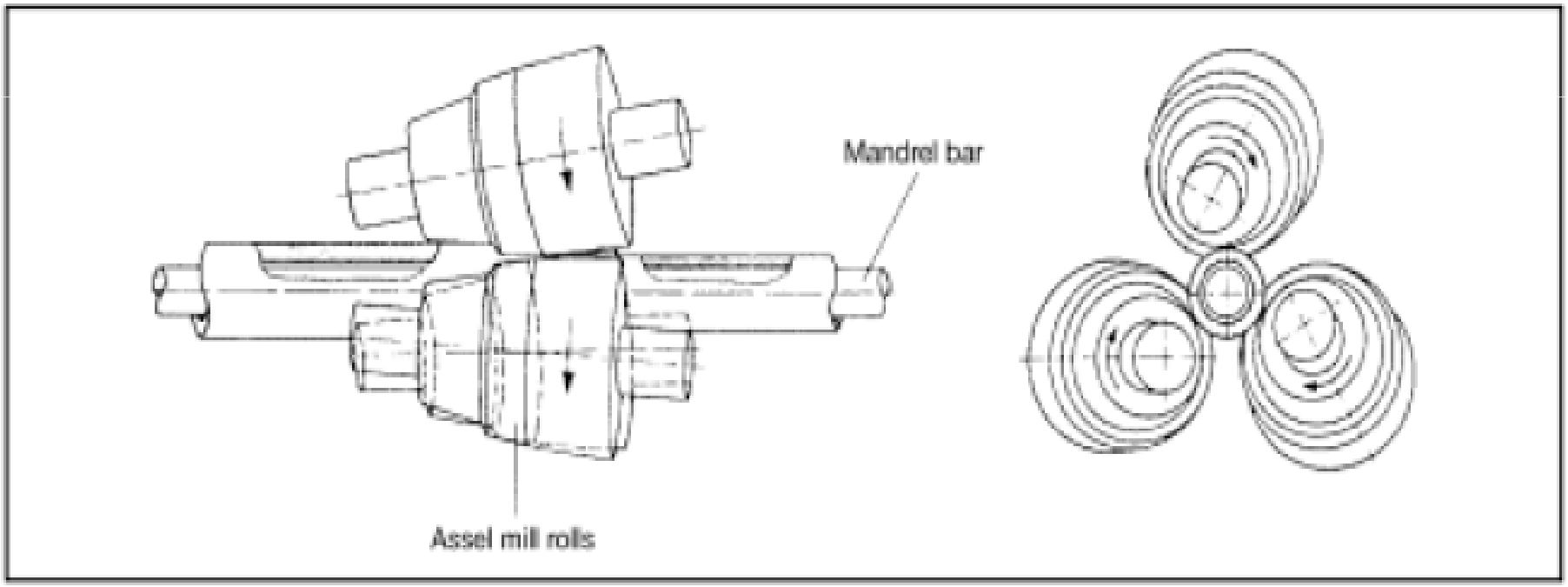
- **Os processos receberam os nomes de seus respectivos desenvolvedores: Diescher e Assel, sendo que este último foi implantado em maior escala**

2.1.2.1) Processo de laminação Assel

- **Esse processo se inicia da mesma forma que a laminação Mannesmann, diferenciando-se por apresentar etapas posteriores que permitem uma conformação de tubos com maior controle de diâmetro e concentricidade**

- **Uma vez processado material semi-acabado com seção circular, passa por três rolos de trabalho posicionados formando ângulo de 120° entre si, estes são responsáveis por rotacioná-lo e pressioná-lo contra o mandril**

- **O mandril utilizado nesse processo é chamado flutuante; ao término ele é eliminado junto com o tubo, sendo necessário retira-lo de dentro do tubo para reutilizá-lo.**

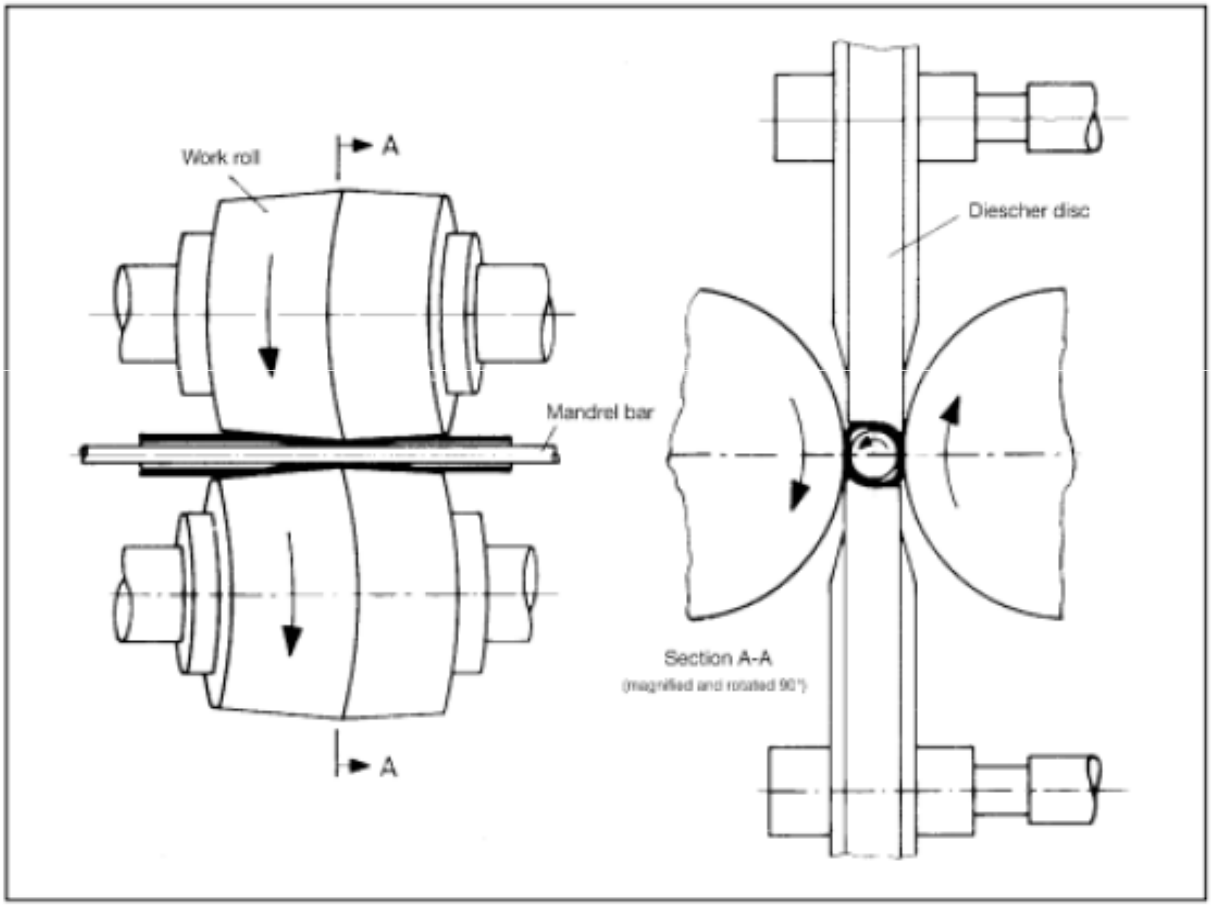


Esboço do processo Assel

2.1.2.2) Processo de laminação Diescher

- **No processo Diescher uma barra cilindrica é submetida a um processo prévio de furação na extremidade. Esse furo é alongado no equipamento por meio de um mandril.**

- **Os dois elementos fundamentais desse processo são:**
- **Par de rolos de trabalho: responsáveis pelo movimento rotacional**
- **Par de discos Diescher: responsáveis por fazer a barra trasladar contra o furador**



Esboço do processo Diescher

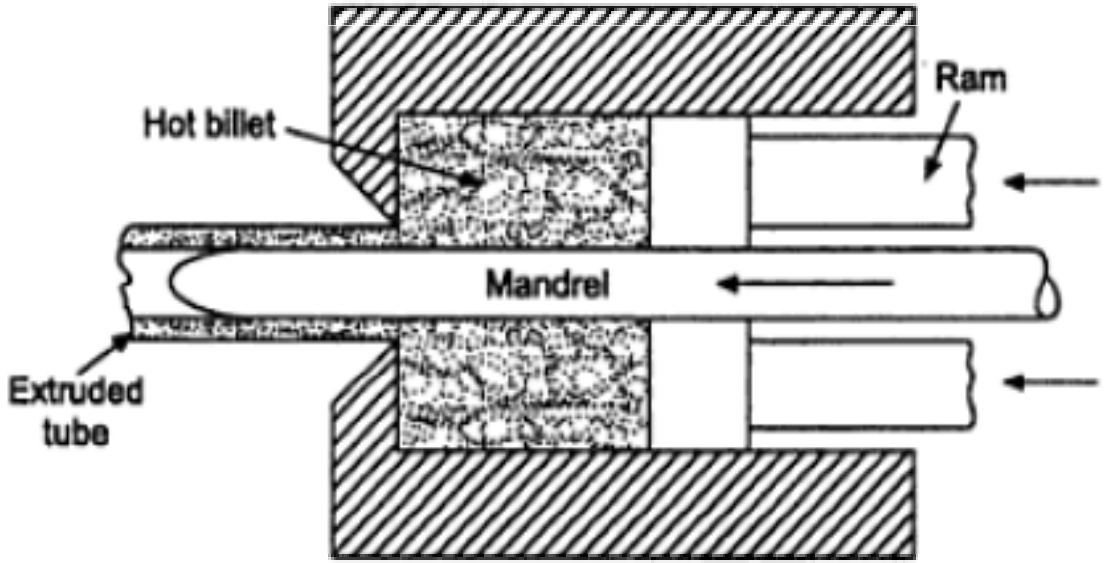
2.1.3) Produção por extrusão

- Submete-se o tarugo à passagem forçada através de uma matriz com o objetivo de conferir a ele o formato desejado

- Deve-se destacar que, devido às grandes deformações, é necessário empregar metais com menor limite de escoamento. É empregado inclusive alta temperatura na matriz para aumentar a deformabilidade dos metais

- Há que se atentar para a formação de inclusões devido ao óxido formado na superfície à alta temperatura

- São gerados produtos com elevada densidade, devido a elevada pressão envolvida, e com bom acabamento superficial e tolerância dimensional



Esboço do processo de produção por extrusão

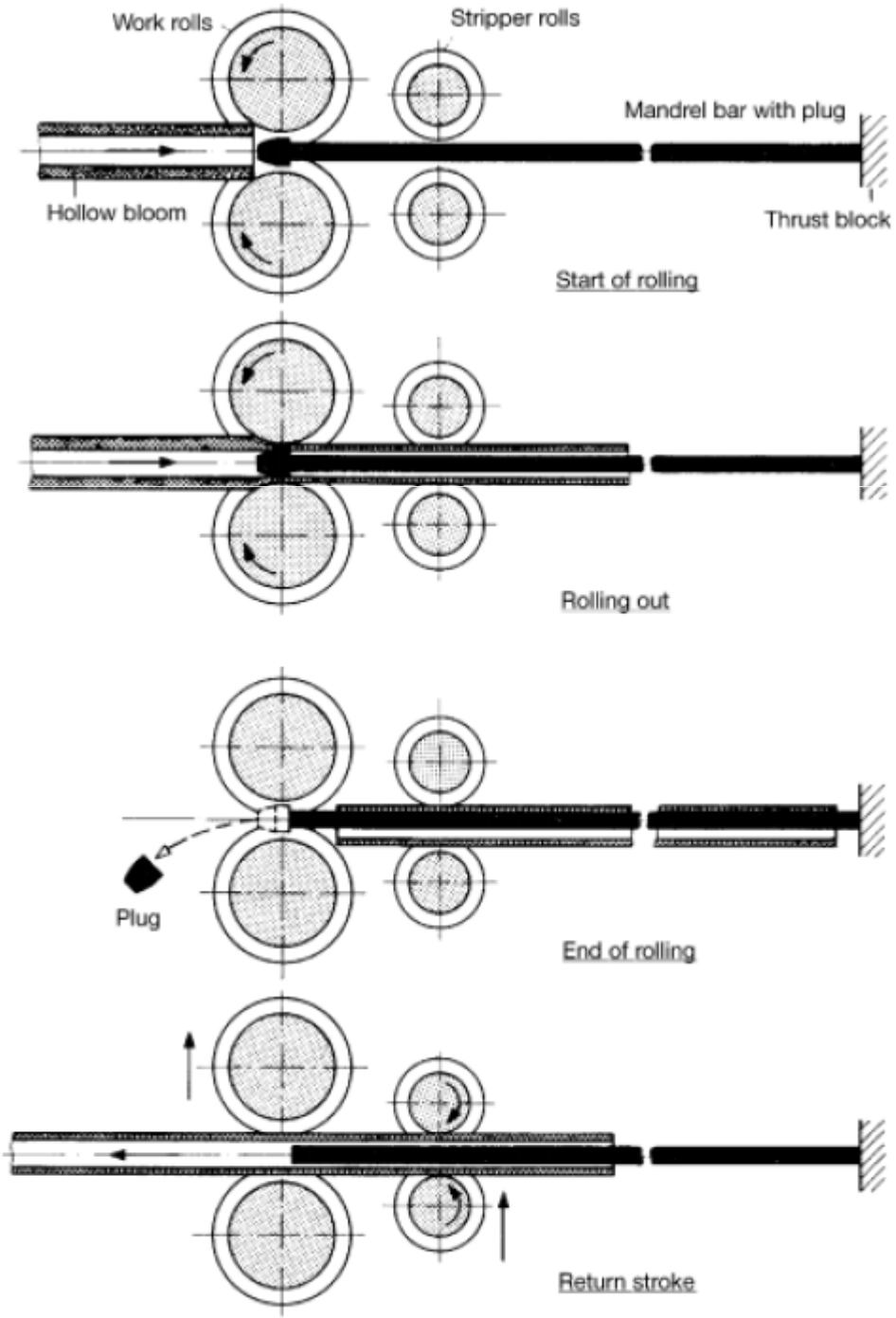
2.1.4) Processo de laminação rotacional (“Plug Rolling Process”)

- **A laminação rotacional é feita por meio de blocos cilíndricos aquecidos até aproximadamente 1280˚C e após operação de descarepamento com uso de jatos de água sob alta pressão, os blocos são submetidos a perfuração de parte da seção transversal.**

- **O equipamento utilizado merece destaque. Além de um par de rolos bicônicos cujos eixos são inclinados de 6 a 12 graus em relação a horizontal, há um acessório que preenche o espaço entre os rolos de modo a auxiliar a manutenção do bloco a ser laminado entre os rolos**

- **É importante ressaltar uma diferença na ponta do mandril neste processo. Há um aparato denominado “plug”, por meio do qual faz-se a cavidade inicial a partir da qual se forma o tubo**

- **O bloco adentra o equipamento trasladado e rotacionado pelos cilindros e através do atrito com o “plug” faz-se o furo central. Se for necessário aumentar o diâmetro do furo troca-se o “plug” por um maior e repete-se o procedimento**

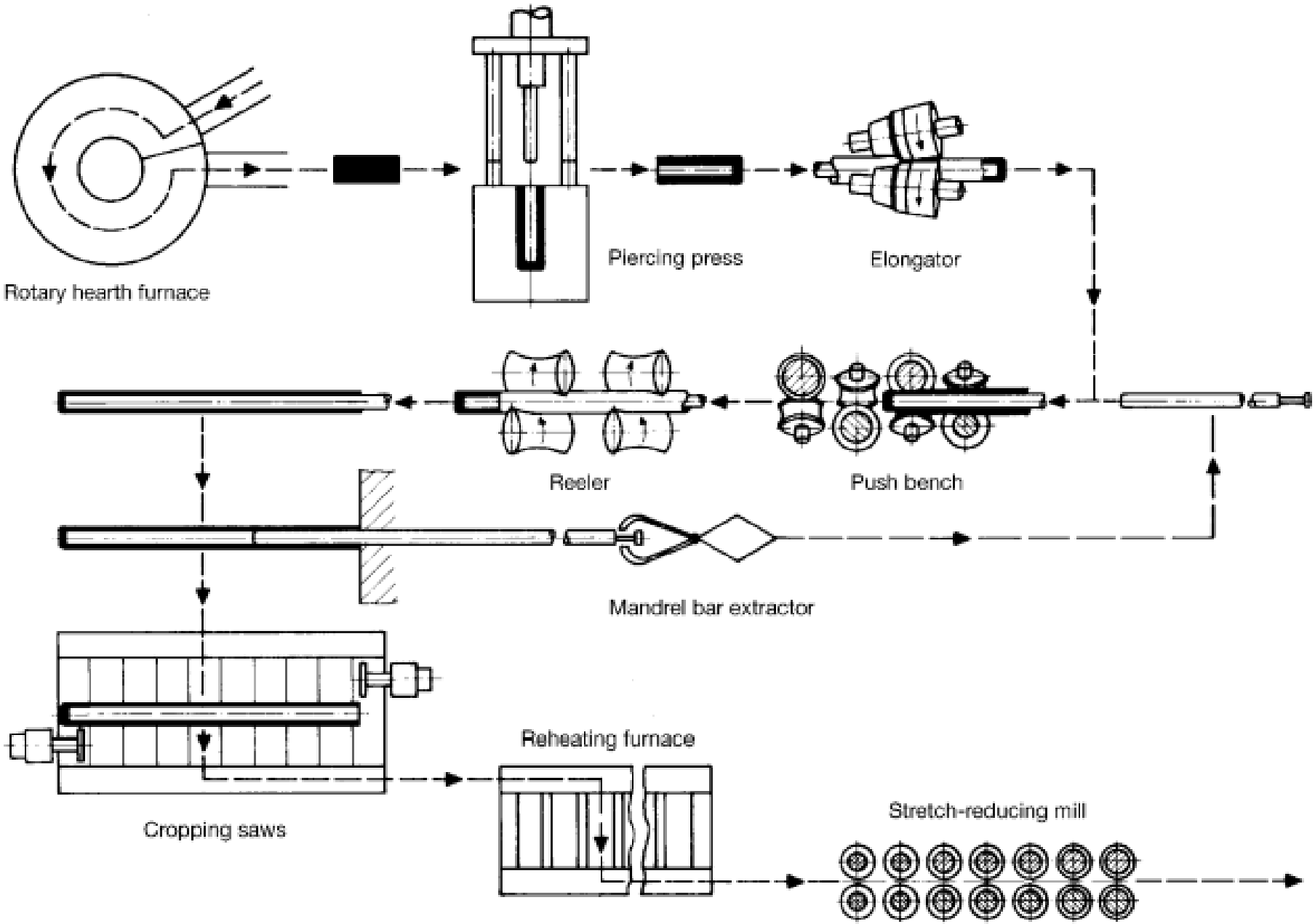


Esboço do “Plug Rolling Process”

2.1.5) Processo “Push Bench”

- **Após aquecido o bloco é inserido em um molde cilíndrico em que a cavidade é feita por meio de um furador. Em seguida o bloco com a cavidade é alongado em um alongador constituído por três rolos e um mandril, essa etapa é realizada a frio**

- **É feita então a diminuição do diâmetro do tubo por meio de rolos ranhurados estáticos**



Esboço do processo “Push Bench”

3) Tubos com costura

- **Tubos com costura são resultado de chapas conformadas cujas arestas são soldadas. Essa soldagem em geral é feita com arco submerso**

- **São usados em larga escala na indústria petrolífera, tanto na área de prospecção quanto nos “risers”**

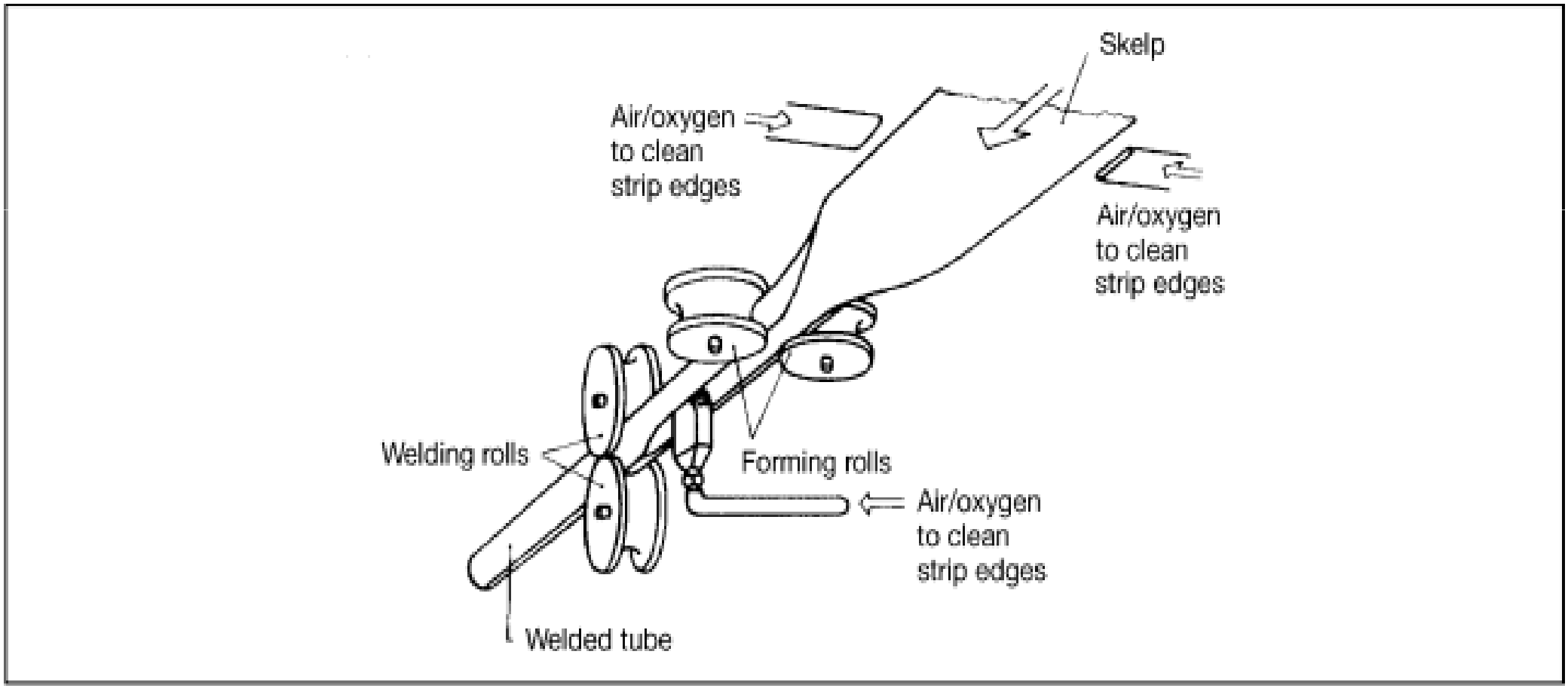
3.1) Processos de produção de tubos com costura

3.1.1) Processos de produção através de soldagem por aplicação de pressão

3.1.1.1) Processo "Fretz - Moon"

- **Inicialmente as chapas são desbobinadas, passando então por fornos do tipo túnel onde são aquecidas lateralmente para então serem deformadas**

- **A deformação da a elas o formato de tubo porém ainda com a costura aberta. Segue então à última etapa: a soldagem**



Esboço do processo “Fretz - Moon”

3.1.1.2) Processo de soldagem por resistência elétrica

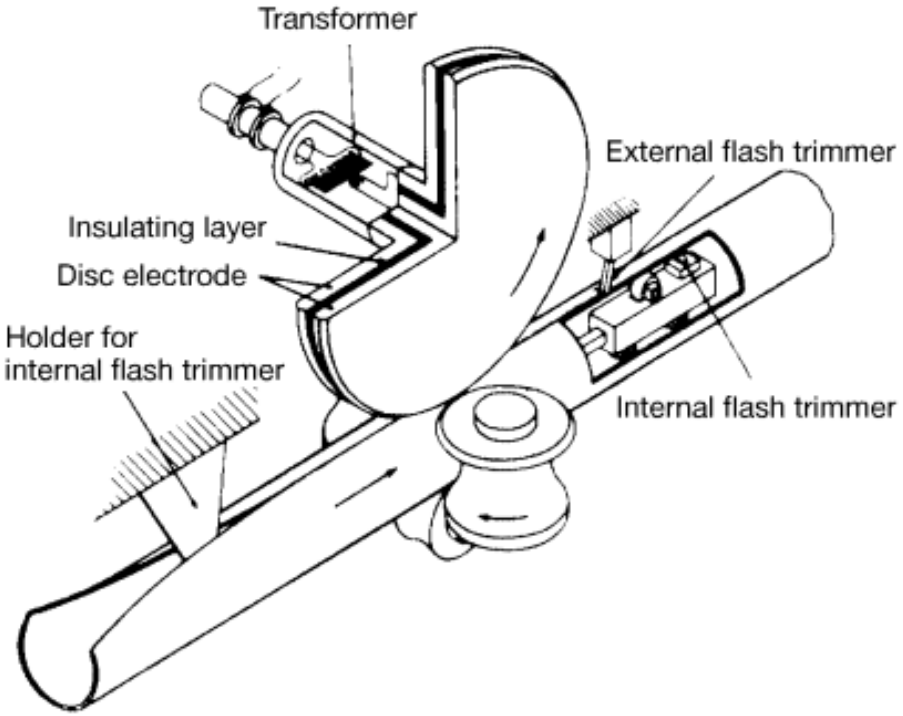
Processos de soldagem por corrente contínua

- **Esse processo de soldagem é usado em tubos com diâmetro de 20mm. A soldagem por corrente contínua da um acabamento suave ao cordão de solda, o que é importante em tubos com esse tamanho pois é inviável qualquer outra operação complementar no seu interior**

Processos de soldagem por corrente alternada de baixa frequencia

- **A soldagem é feita por meio de uma corrente alternada cuja freqüência varia entre 50Hz e 400Hz**

- **Vale destacar, entre os componentes do equipamento, dois discos de cobre responsáveis pelo fornecimento de energia, conformação e pela geração de pressão necessária para a soldagem**



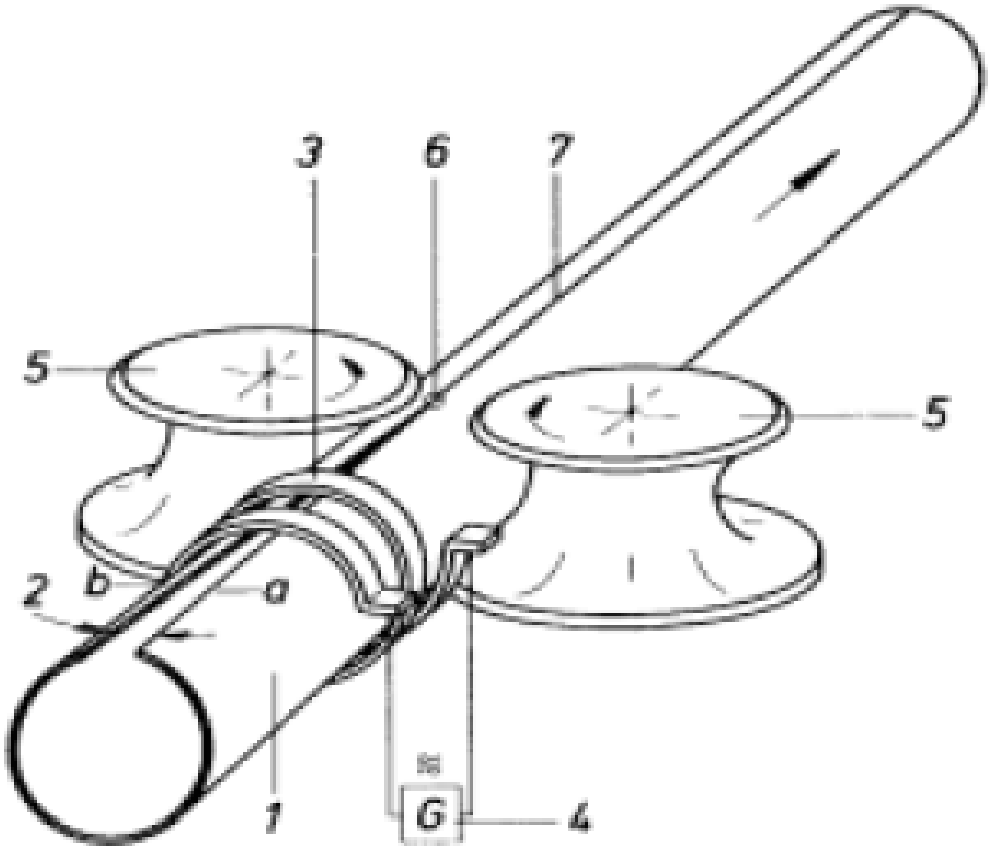
Processo de soldagem por corrente contínua

Processos de soldagem por corrente alternada de alta frequência

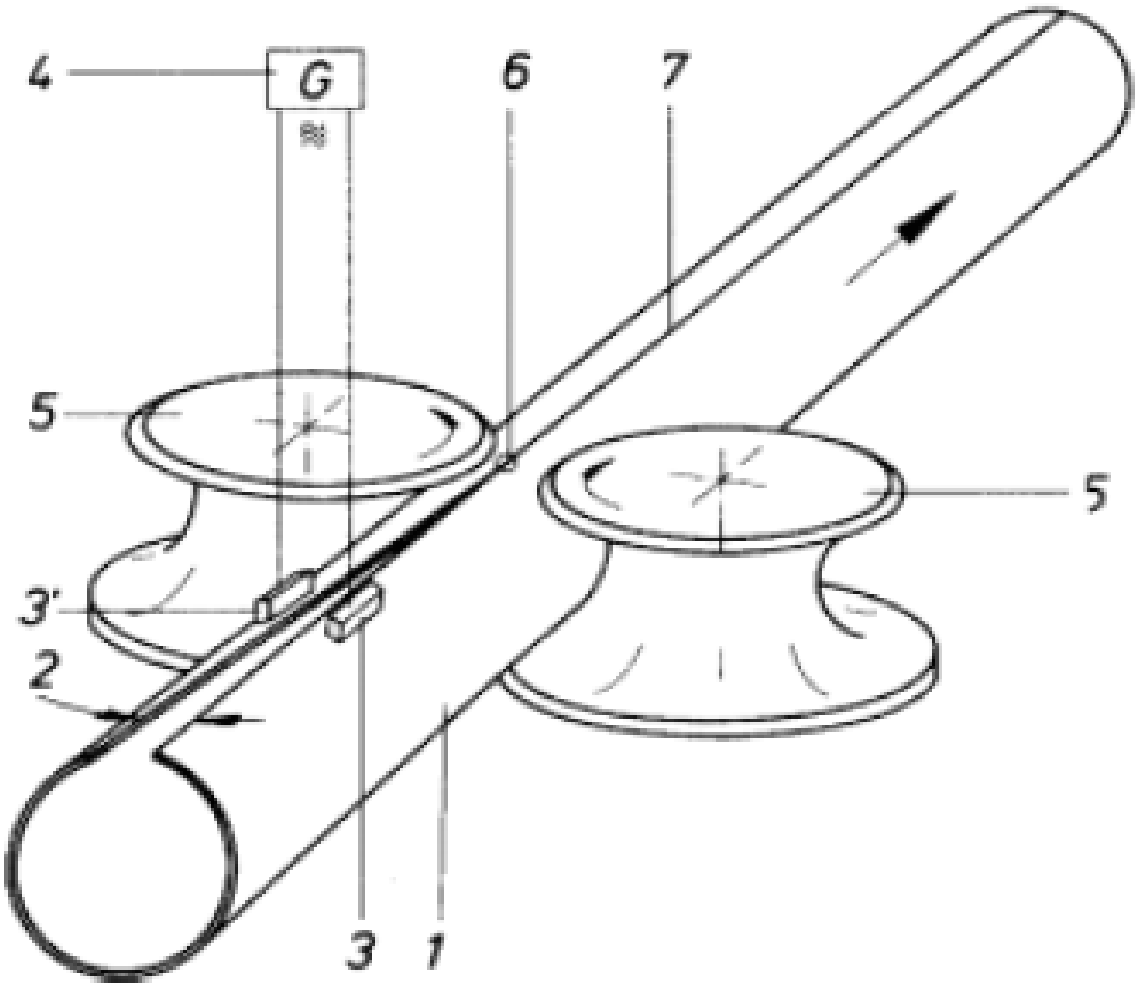
- **Nesse processo, a corrente alternada tem freqüência variando de 200 a 500kHz**

- **As vantagens do uso de alta freqüência no processo de soldagem tem várias vantagens, entre elas:**
- **Geração de elevada densidade de corrente no condutor**
- **Produção de campo magnético no centro do condutor, fazendo com que os elétrons passem preferencialmente pela superfície**
- **Penetração elevada quando o metal a ser soldado é aquecido acima da temperatura Curie**

- **Há dois modos de se aplicar a corrente nesse processo:**
  - **A corrente pode ser aplicada por indução. Nesse caso após a chapa adquirir um formato tubular, a corrente é induzida pelo arranjo 4 e 3 conforme a figura**



- **No processo em que a corrente é aplicada por condução são usados contatos de cobre móveis localizados antes do ponto do tubo em que se constituirá a solda**



3.1.2) Processos de produção através de soldagem por fusão

- **Esse processo é usado principalmente para a fabricação de tubos com diâmetros superiores a 457mm**

- **Esses processos são realizados em duas etapas: a conformação, em que as chapas adquirem formato tubular e a soldagem, em que se une as arestas laterais da placa**

Processo U-O-E

- O processo U-O-E consiste em inicialmente deformar levemente as arestas laterais, para em seguida prensar a chapa

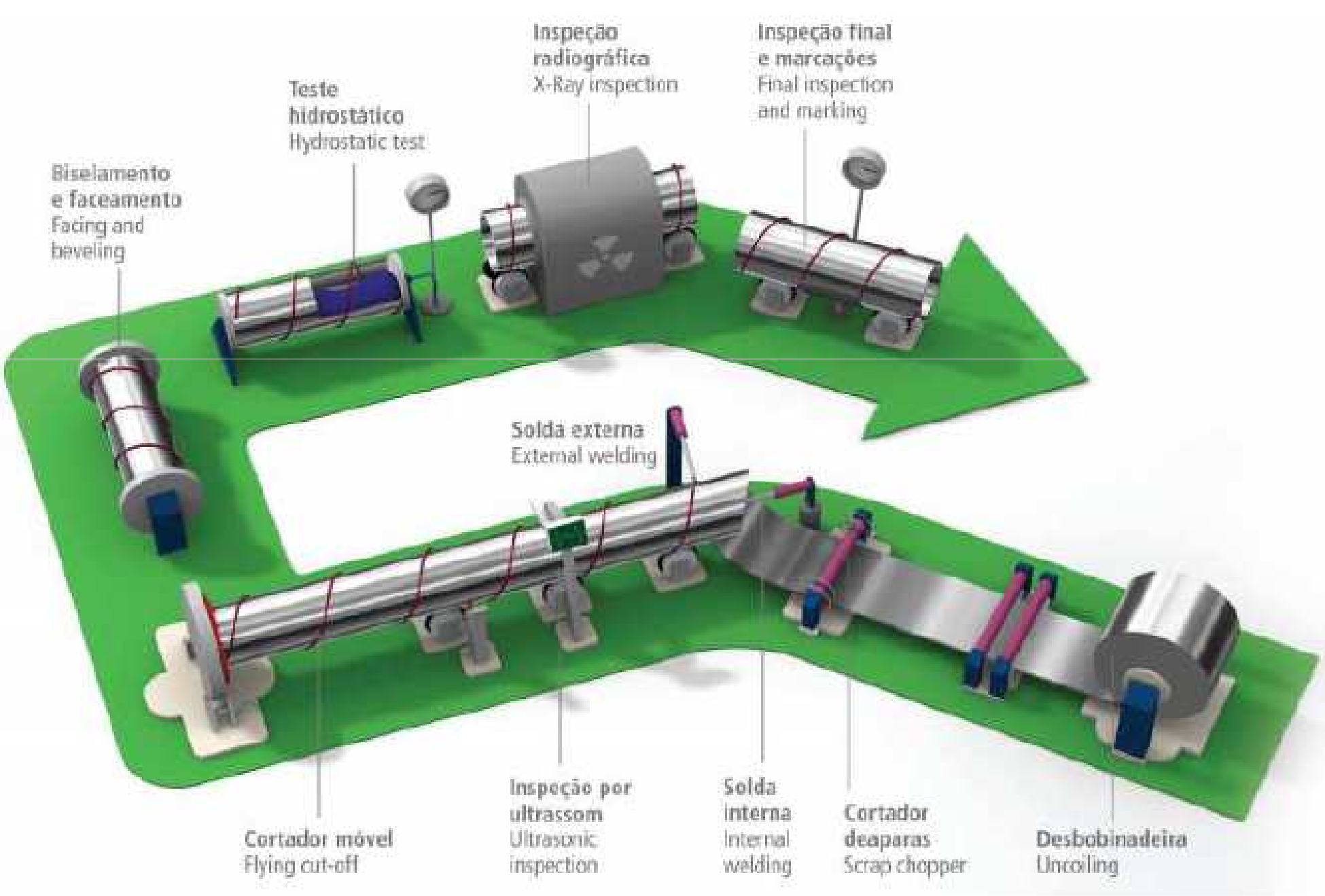
- As duas operações de prensagem são: uso de um punção com formato U, que da à placa esse formato de ∩ pressiona a chapa impondo a curvatura adequada sobre às arestas

- Por fim, realiza-se soldagem por arco submerso

Produção de tubos espirais

- **A produção de tubos helicoidais é um processo de conformação contínuo. A chapa é enrolada com raio de curvatura constante e a união das arestas também se dá por meio de soldagem por arco submerso**

- **A vantagem desse processo sobre a produção de tubos longitudinal reside no fato de ser possível confeccionar, a partir de uma mesma chapa, tubos com diversos diâmetros, bastando alterar o ângulo de entrada da chapa no equipamento de conformação**



Processo de produção de tubos espirais