



INSTITUTO DO EMPREGO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL, IP
CENTRO DE EMPREGO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL DE ÉVORA

Processos Especiais

COLD WORK

UFCD 5808

Formador:

David Inverno

Formando:

Rui Venda



O FORMADOR:

AVALIAÇÃO: 14 VALORES



INSTITUTO DO EMPREGO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL, IP
CENTRO DE EMPREGO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL DE ÉVORA

Em Processos Especiais - **Cold Work** aprendemos a aplicar técnicas de furação de precisão, através do processo de expansão que, para além de garantir a precisão do diâmetro do furo, garante também o alívio de tensões de tração concentradas na parede do furo.

Este alívio de tensões é gerado por meio da criação de uma zona de tensão residual compressivas resultante da deformação permanente do material. Neste processo são utilizados equipamentos hidráulicos e pneumáticos, bem como mandris e luvas de forma a garantir um alargamento mais preciso.

Todo este material é selecionado com rigor e depende do tamanho do furo que se pretende efetuar.

É bastante utilizado em componentes metálicos de aeronaves, para aumentar a resistência à fadiga de uma montagem estrutural.



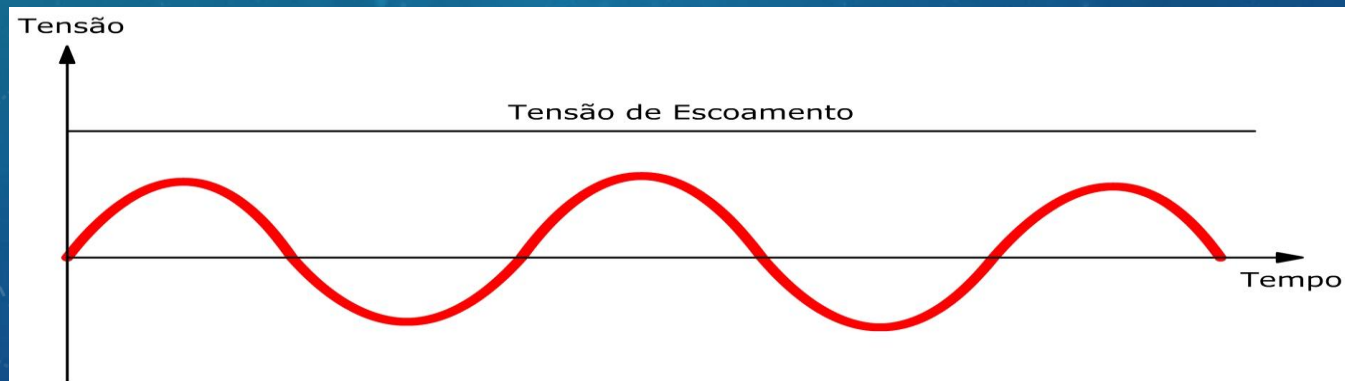
INTRODUÇÃO

O QUE É FADIGA?

Fadiga é a falha prematura de uma estrutura metálica, provocada pela a ação de um **carregamento cíclico** externo e pelo alto nível de **concentração de tensões** no material, normalmente associado à **maquinação de um furo**

A falha, quando ocorre, se dá frequentemente com valores significativamente menores que a tensão de escoamento do material e devido à sua não previsibilidade resume, quase sempre, em catástrofe.

GRÁFICO – CARREGAMENTO X TEMPO





FUROS - PONTOS CRÍTICOS DE UMA ESTRUTURA

Os furos são um mal necessário pois neles serão instalados os fixadores que fazem a integração de uma estrutura, no entanto tornam o material mais frágil, ao reduzirem a quantidade de área resistente a uma força atuante.

Além de serem os pontos mais frágeis de uma estrutura, os furos são considerados os seus pontos críticos por duas principais razões:

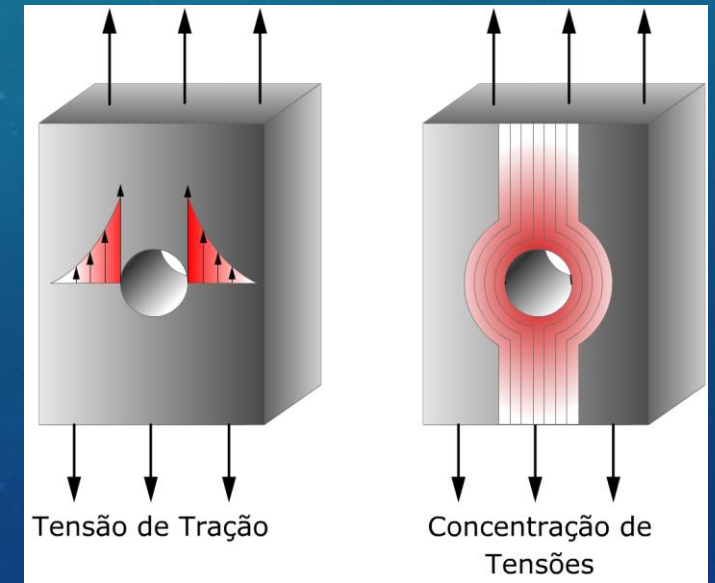
- **SÃO CONCENTRADORES DE TENSÕES**

Além das tensões residuais resultantes da sua maquinação, os furos concentram as tensões de carregamento de uma estrutura.

- **CONTÊM DEFEITOS SUPERFICIAIS**

Algumas Imperfeições no acabamento (ex: microfissuras e rugosidades), também resultantes da maquinação de um furo, são igualmente pontos de concentração de tensões. Além disto a existência de uma microfissura num ponto sujeito a carregamento cíclico pode, seguramente, acelerar o processo de ruptura por fadiga.

DISTRIBUIÇÃO DE TENSÕES AO REDOR DE UM FURO





INSTITUTO DO EMPREGO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL, IP
CENTRO DE EMPREGO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL DE ÉVORA

MELHORIA DA VIDA EM FADIGA

"FAIL SAFE" VS. "DAMAGE TOLERANCE"

Durante muito tempo, a indústria aeronáutica mundial teve como filosofia única de projeto o conceito **"Fail Safe"** (Seguro contra falhas), ou seja, as aeronaves eram concebidas de modo a tornarem-se extremamente robustas, muitas vezes em detrimento de outras qualidades desejáveis, tais como: baixo peso, bom desempenho e baixo custo.

Isto se devia em grande parte, ao pouco conhecimento que se tinha em relação à fadiga e suas variáveis.

Porém, com os avanços alcançados no campo da melhoria da vida em fadiga, nas áreas de materiais e métodos, e devido ao aumento da necessidade de se procurar a otimização das aeronaves, tornando-as cada vez mais leves e baratas, sem prejuízo à sua integridade estrutural, a indústria aeronáutica mundial adotou o conceito conhecido como **"Damage Tolerance"** (Tolerância ao dano), no qual a “fadiga” ganha extrema importância.



INSTITUTO DO EMPREGO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL, IP
CENTRO DE EMPREGO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL DE ÉVORA

MELHORIA DA VIDA EM FADIGA (cont.)

A aplicação deste conceito possibilita algumas vantagens no que se refere à construção de Aeronaves.

Entre elas podemos destacar:

NA FASE DE PROJETO INICIAL (CONCEPÇÃO) DE UMA AERONAVE

- Vida longa vs. baixo peso;
- Desempenho / Alcance melhorados;
- Segurança.

EM OPERAÇÕES DE REPARO / RETRABALHO

- Extensão da vida em serviço;
- Maior capacidade de reparação, em estruturas e/ou danos críticos.





MELHORIA DA VIDA EM FADIGA (cont.)

PREVISIBILIDADE DE MANUTENÇÃO

- Aumento dos intervalos de manutenção regular (monitoramento do crescimento de uma fissura);
- Redução no tempo de manutenção (planeamento).

MELHORIA DA VIDA EM FADIGA – EVOLUÇÃO

Para além do desenvolvimento de novos materiais mais resistentes à fadiga e da adoção da instalação de fixadores com interferência nos furos de uma estrutura, as primeiras tentativas no sentido de se obter uma melhoria da vida em fadiga em furos datam da década de 40, quando se descobriu que o trabalho mecânico a frio na parede de um furo poderia resultar , em um aumento significativo na sua resistência à fadiga. Contudo, sempre se procurou a melhoria da vida em fadiga dos materiais, através da eliminação das causas principais da sua ocorrência: concentração de tensões e microfissuras.

Daquela época, podemos destacar o mandrilamento, o brunimento e mais recentemente o "shot peening", que consiste no bombardeamento controlado de micro esferas de aço numa peça , como os métodos mais utilizados.



MELHORIA DA VIDA EM FADIGA – EVOLUÇÃO (Cont.)

O ponto comum entre todos estes métodos, é o baixo grau de deformação provocado na parede dos furos. Por isso, o que normalmente se alcançava na verdade, era uma melhoria no acabamento do furo que eliminava quase que completamente as microfissuras existentes.

Em relação à redução do nível de concentração de tensões ao redor de um furo, apenas o "shot peening" se mostrou capaz de fazê-lo e mesmo assim, com pouca eficiência já que não eliminava por completo a concentração de tensões e se mostrou economicamente inviável quando aplicado em furos.

Mesmo com o insucesso destas tentativas, Já havia naquela época a certeza de que a principal causa de uma falha por fadiga em furos, é o alto nível de concentração de tensões ao seu redor.

Por esse motivo, com toda a experiência acumulada no campo do trabalho mecânico a frio, todas as tentativas recentes se concentraram nessa linha de pesquisa. Surgiu então, um processo altamente eficaz na eliminação das concentrações de tensões ao redor de um furo, tendo sido desenvolvido pela FTI - Fatigue Technology, Inc. e conhecido por "Expansão a frio de furos".



INSTITUTO DO EMPREGO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL, IP
CENTRO DE EMPREGO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL DE ÉVORA

EXPANSÃO A FRIO DE FUROS - PROCESSO FTI

A “*Expansão a frio de furos*” é um processo que consiste da inserção de uma pinça cônica, “vestida” com uma luva fendida (lubrificada internamente), dentro de um furo cuidadosamente preparado, a luva aloja-se no furo e a pinça é então “puxada” para fora do furo, comprimindo radialmente a luva contra a parede do furo, resultando numa zona anular de tensões residuais compressivas, que se estende pela periferia do furo.

CONCEPÇÃO

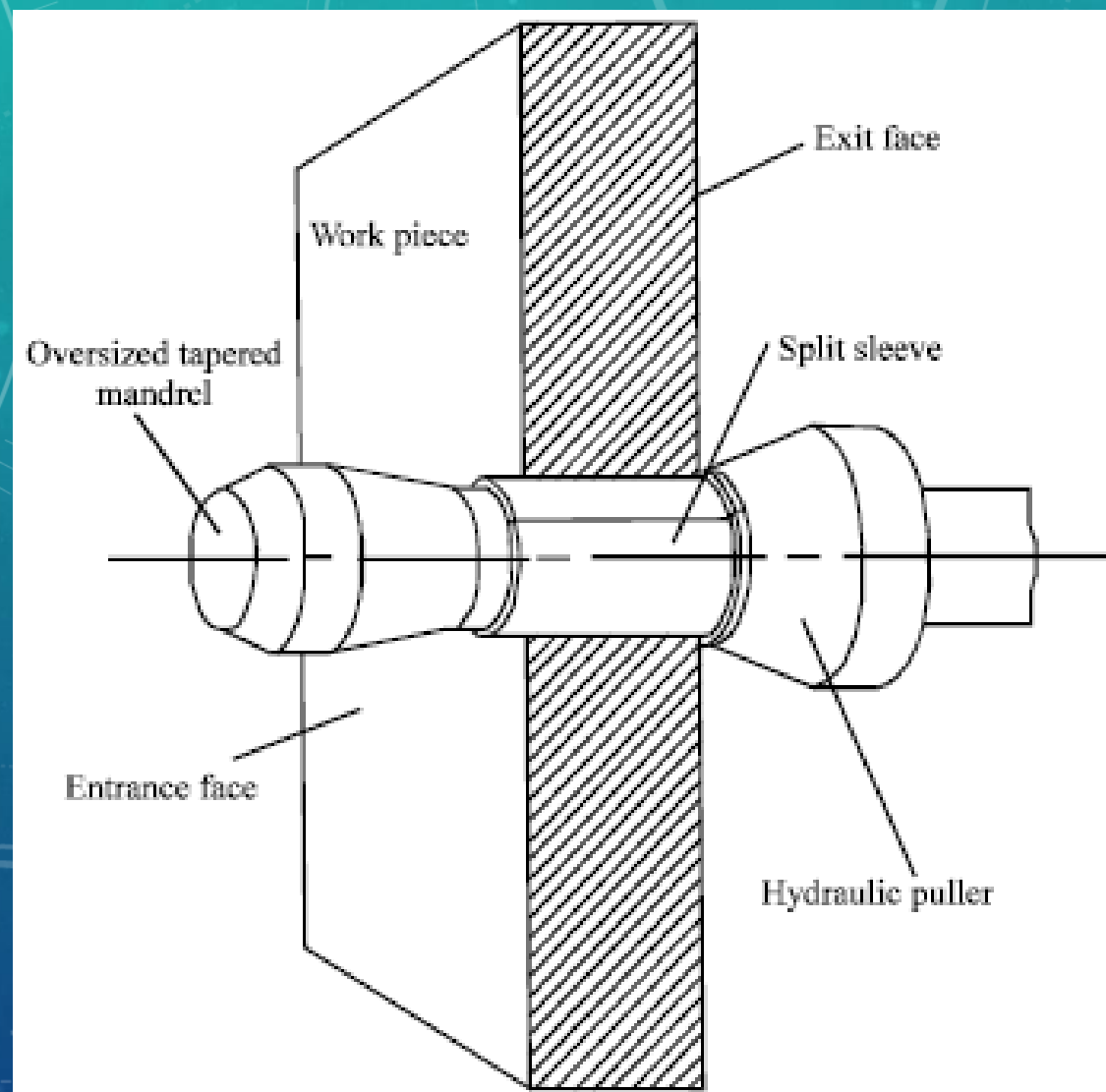
O sistema de expansão a frio de furos da FTI foi concebido em 1965, para responder a uma solicitação da BOEING (BAC 5973).

ESPECIFICAÇÃO DO SISTEMA

Passou por várias fases de desenvolvimento até que, em 1983, foi divulgada a especificação definitiva do sistema (FTI 8101 B).

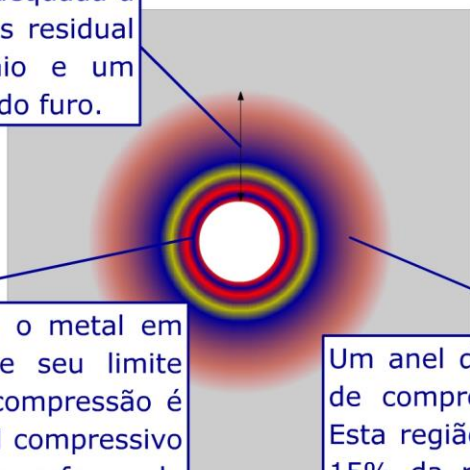
SISTEMA ATUAL

Finalmente, em 1984, o sistema de expansão a frio de furos por luvas fendidas (Sistema SsCx), como é atualmente conhecido, toma a sua forma final.



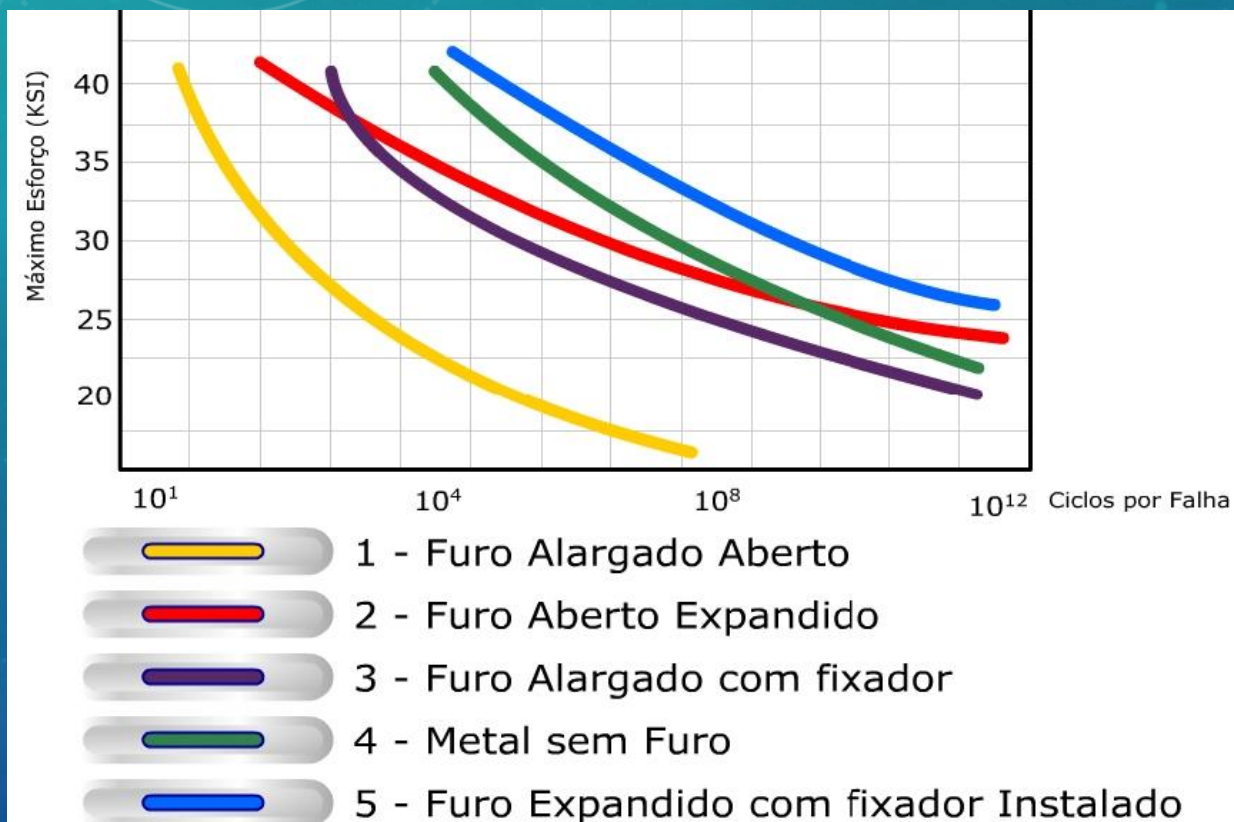


Em uma expansão a frio adequada a zona compressiva de stress residual se estende entre um raio e um diâmetro a partir da borda do furo.



Durante a expansão do furo, o metal em volta é comprimido além de seu limite elástico. Quando a força de compressão é removida, um esforço residual compressivo de aproximadamente 2/3 do esforço de compressão do metal permanece.

Um anel de tensão contorna a zona de compressão em torno do furo. Esta região tensionada é menor que 15% da resistência de compressão do metal.





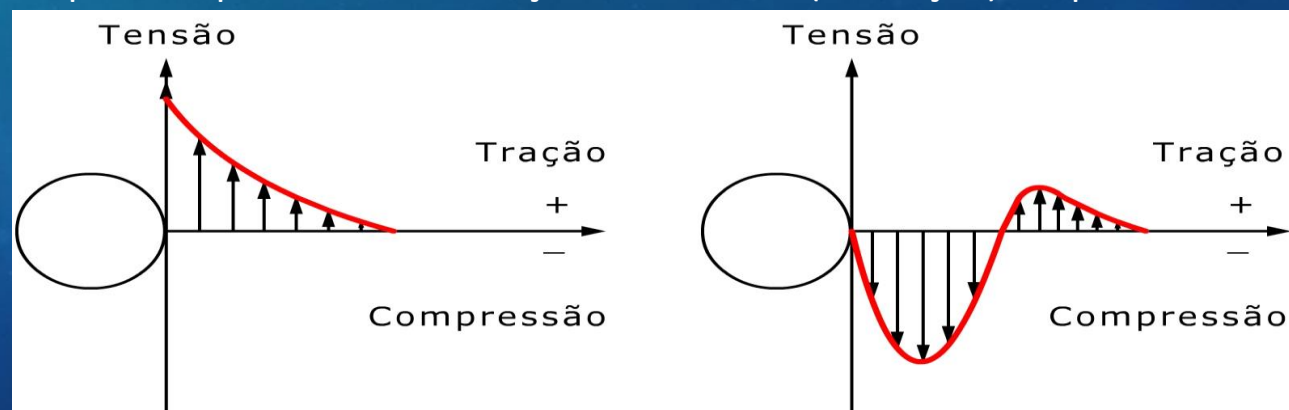
TEORIA

Como já referido, o alto grau de concentração de tensões ao redor de um furo, associado à existência de uma microfissura, é a principal causa do processo de ruptura de uma estrutura, por fadiga .

O processo de expansão a frio de furos por luvas bipartidas da FTI atua precisamente, no sentido de eliminar por completo as tensões (de tração), existentes ao redor dos furos.

Ao contrário dos métodos inicialmente adotados desde a década de 40, o processo da FTI trabalha com um elevado grau de deformação na parede de um furo (4% para ligas de alumínio e 5,5% para ligas de titânio e aço). Com estes valores, é possível obter-se a deformação (expansão) permanente do furo (deformação plástica do material), resultando numa zona de tensões residuais compressivas em seu redor. Estas tensões residuais compressivas conseguem neutralizar por completo a concentração de tensões (de tração) na parede de um furo.

PRINCÍPIO TEÓRICO DO SISTEMA DE EXPANSÃO À FRIO DE FUROS DA FTI





INSTITUTO DO EMPREGO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL, IP
CENTRO DE EMPREGO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL DE ÉVORA

RESUMO

O sistema de expansão a frio da **FTI neutraliza** as **tensões** de tração **concentradas** na parede de um **furo**, por meio da **criação** de uma zona de **tensões residuais compressivas**, resultante da **deformação permanente** do material.

A **deformação permanente** da parede do furo é obtida pela expansão a:

- ☐ 4,0 % (nominal) para alumínio e aços médio-carbono;
- ☐ 5,5 % (nominal) para Titânio e aços de alta resistência.

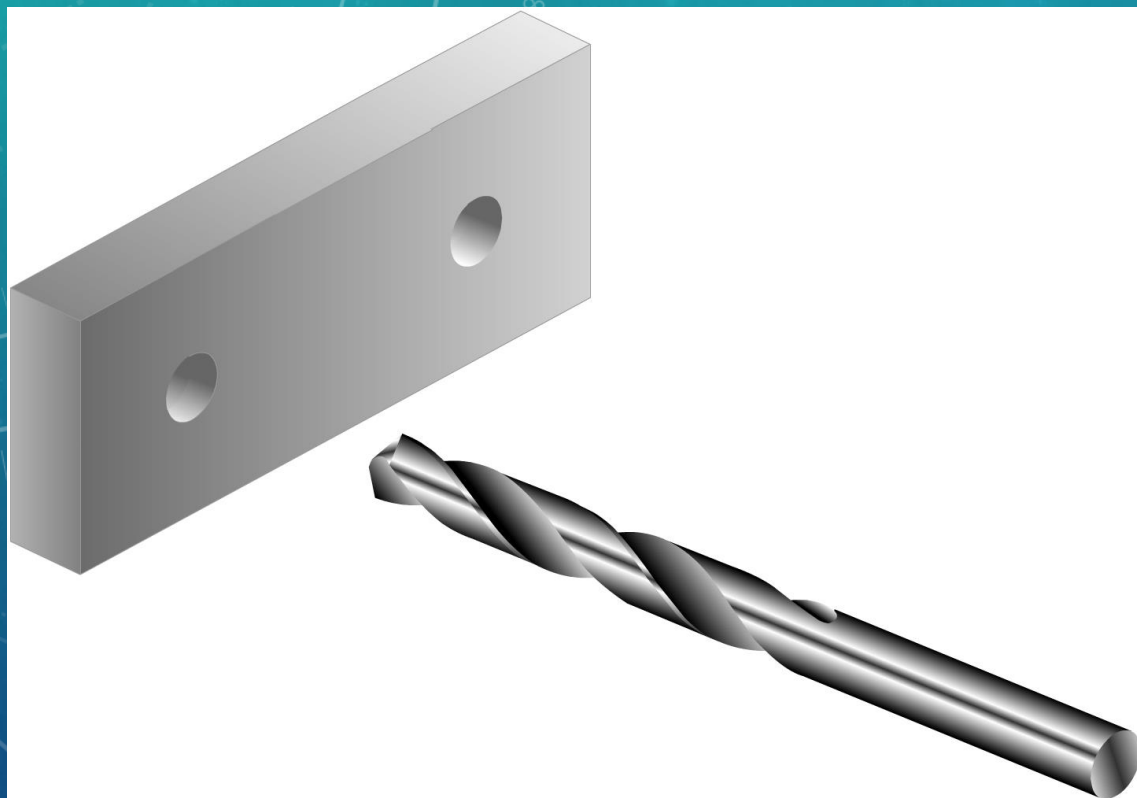




INSTITUTO DO EMPREGO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL, IP
CENTRO DE EMPREGO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL DE ÉVORA

SISTEMA SsCX DA FTI

ETAPAS DO PROCESSO:

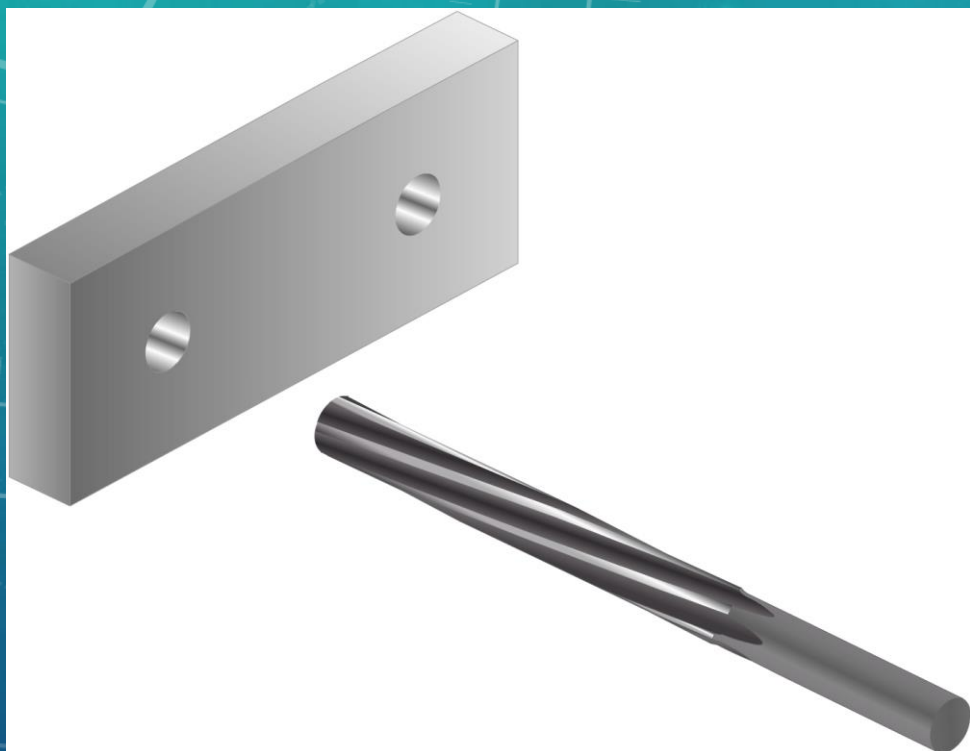


1 - FURAR INICIALMENTE COM BROCA

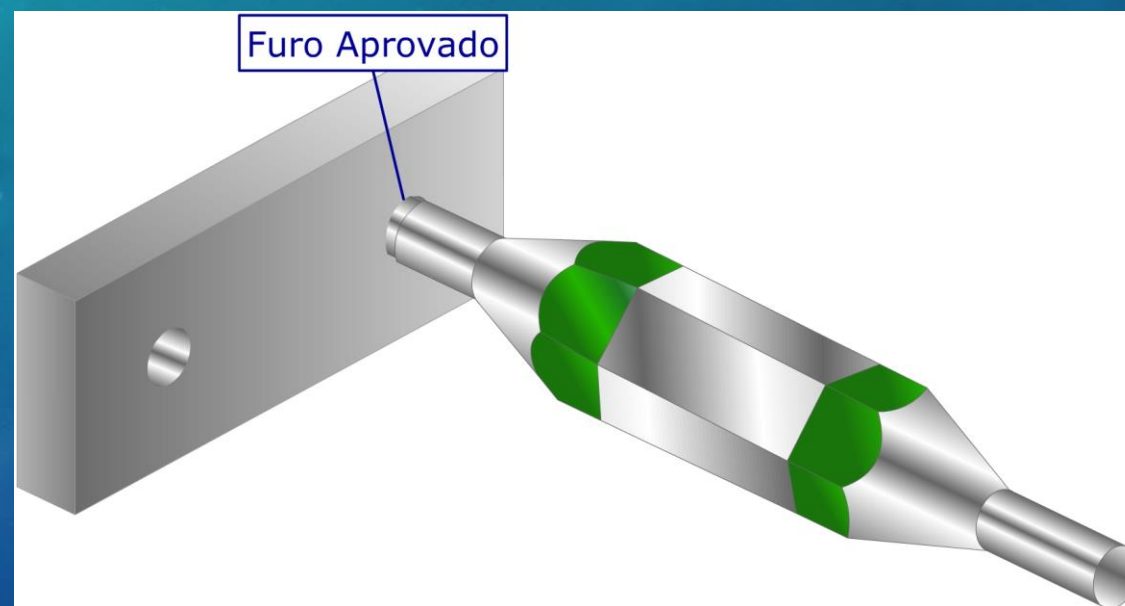


INSTITUTO DO EMPREGO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL, IP
CENTRO DE EMPREGO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL DE ÉVORA

2 - ALARGAR O FURO INICIAL



3 - VERIFICAR O DIÂMETRO DO FURO INICIAL



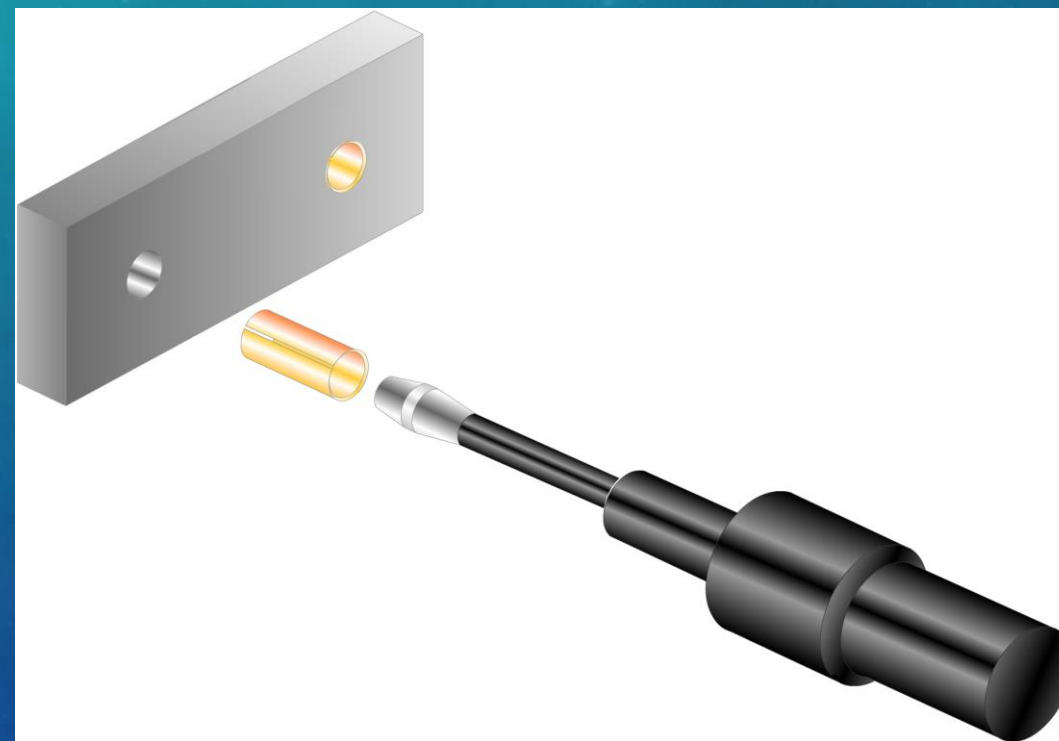
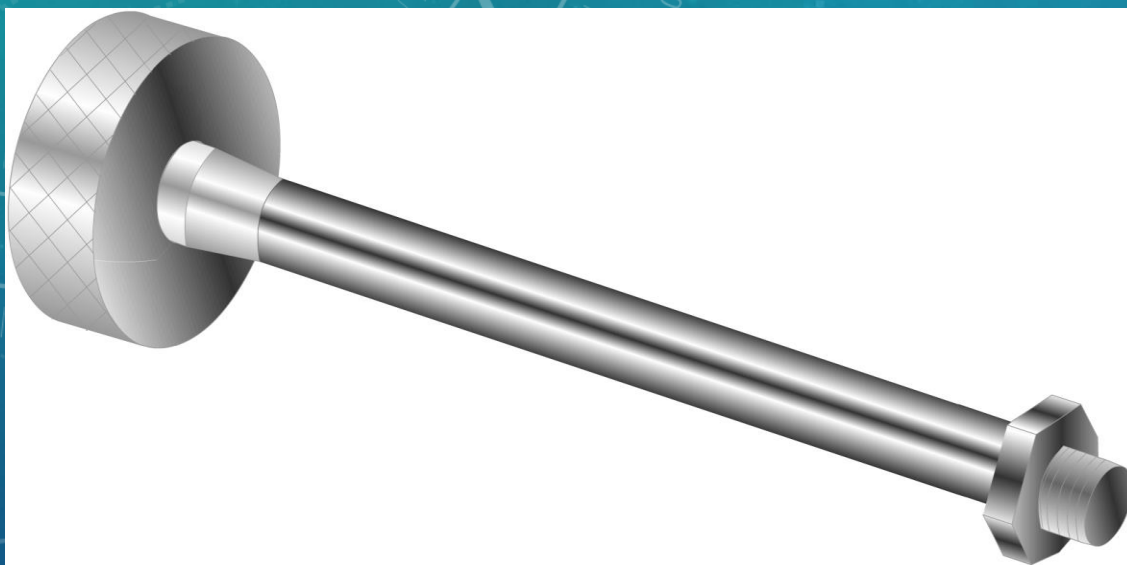


INSTITUTO DO EMPREGO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL, IP
CENTRO DE EMPREGO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL DE ÉVORA

5 - EXPANDIR A FRIO O FURO

A - INTRODUIZIR A LUVA NA PINÇA

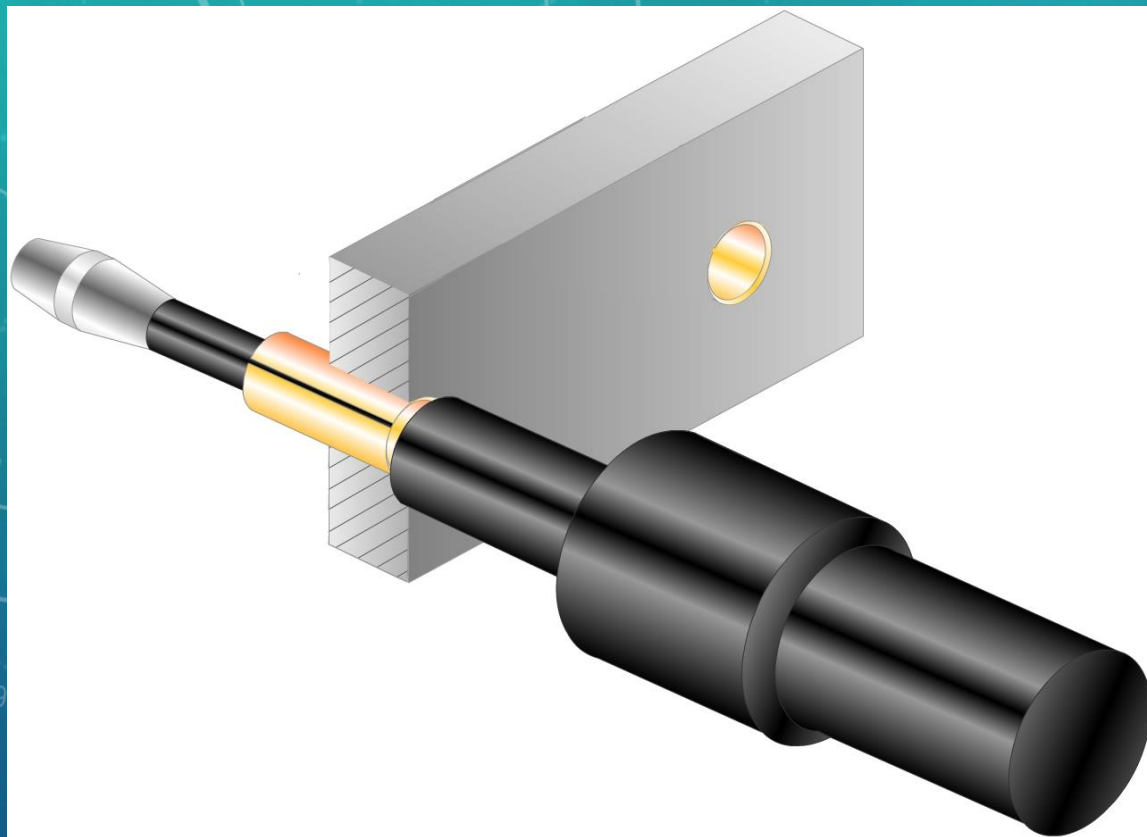
4 - VERIFICAR O DIÂMETRO DA PINÇA



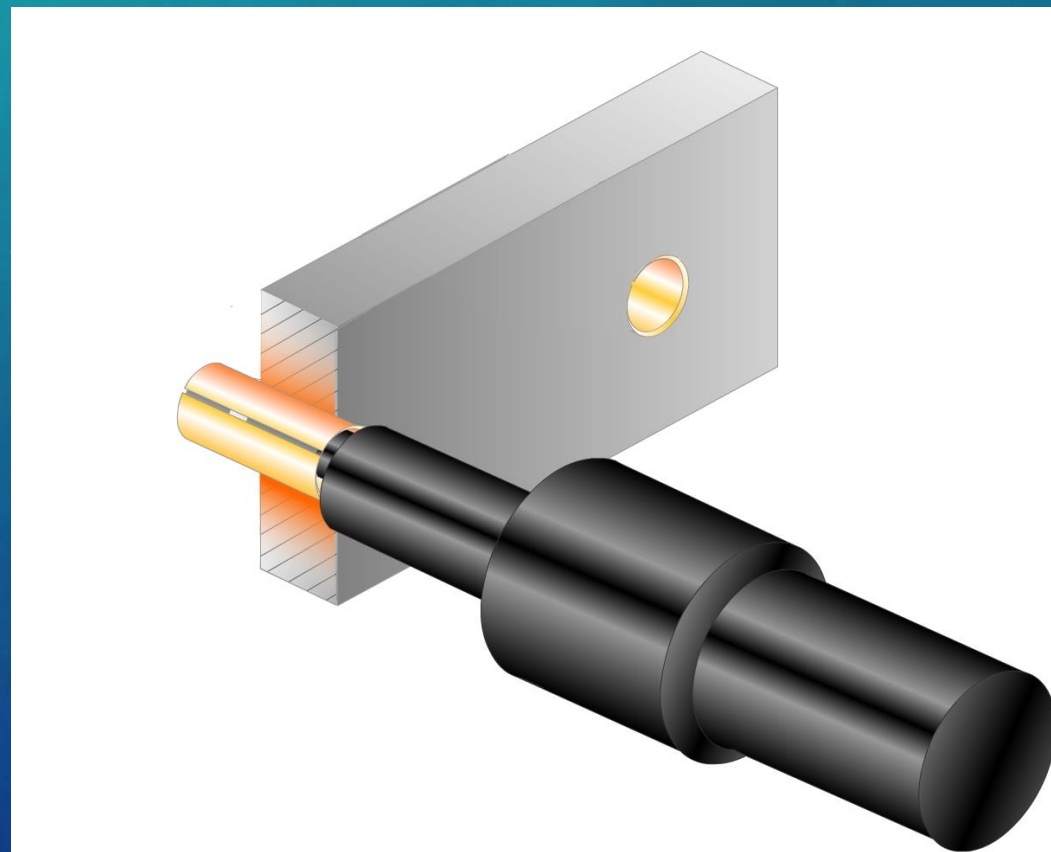


INSTITUTO DO EMPREGO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL, IP
CENTRO DE EMPREGO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL DE ÉVORA

B - INTRODUIZIR A PINÇA (COM A LUVA) NO FURO INICIAL



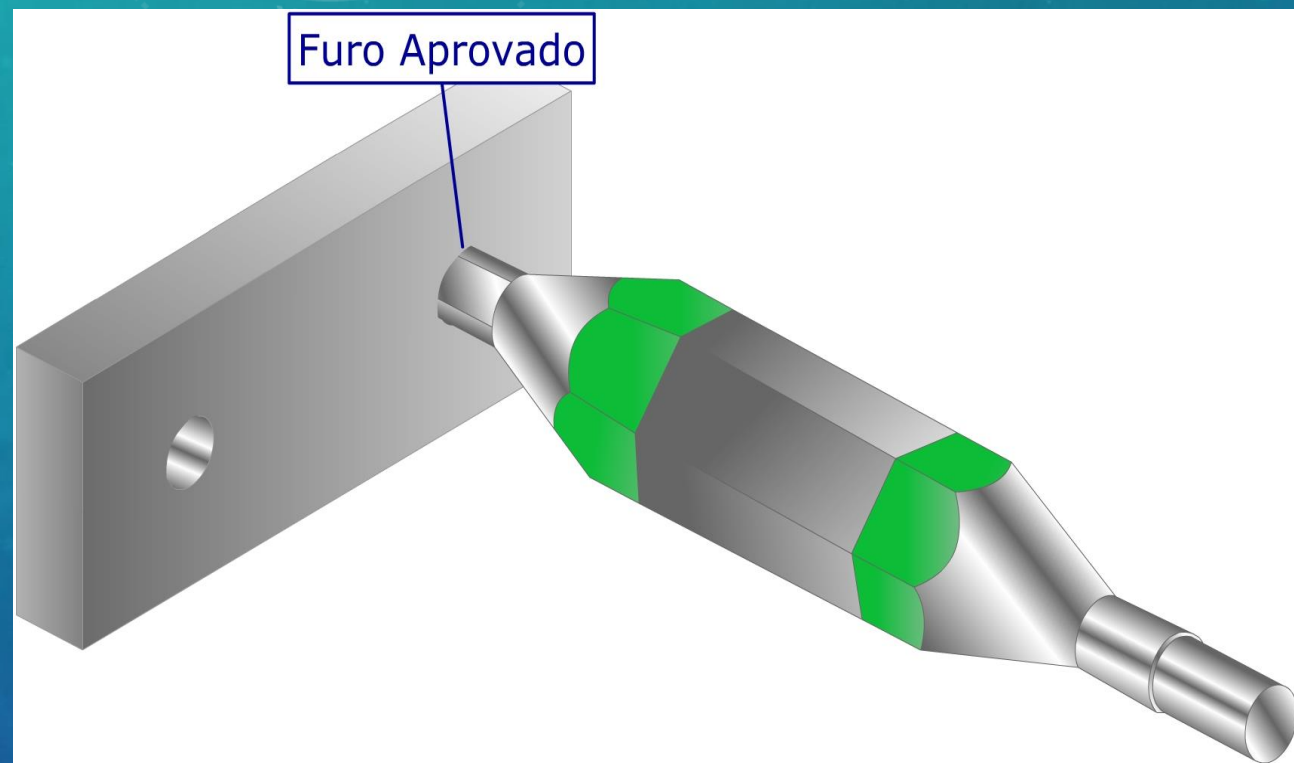
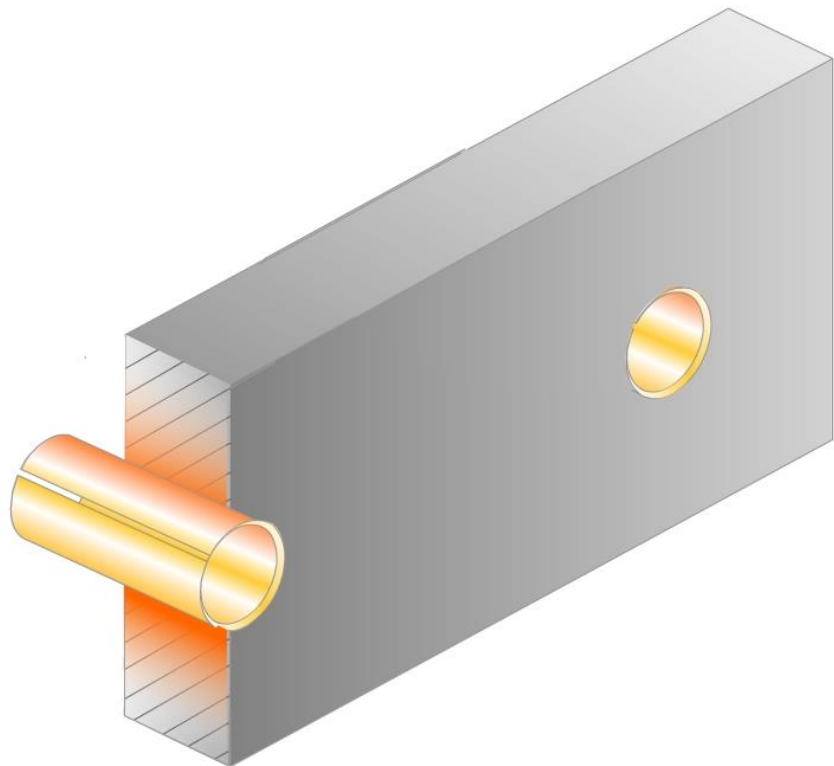
C - APOIAR FIRMEMENTE O CABEÇOTE CONTRA A PEÇA E
ACIONAR O GATILHO





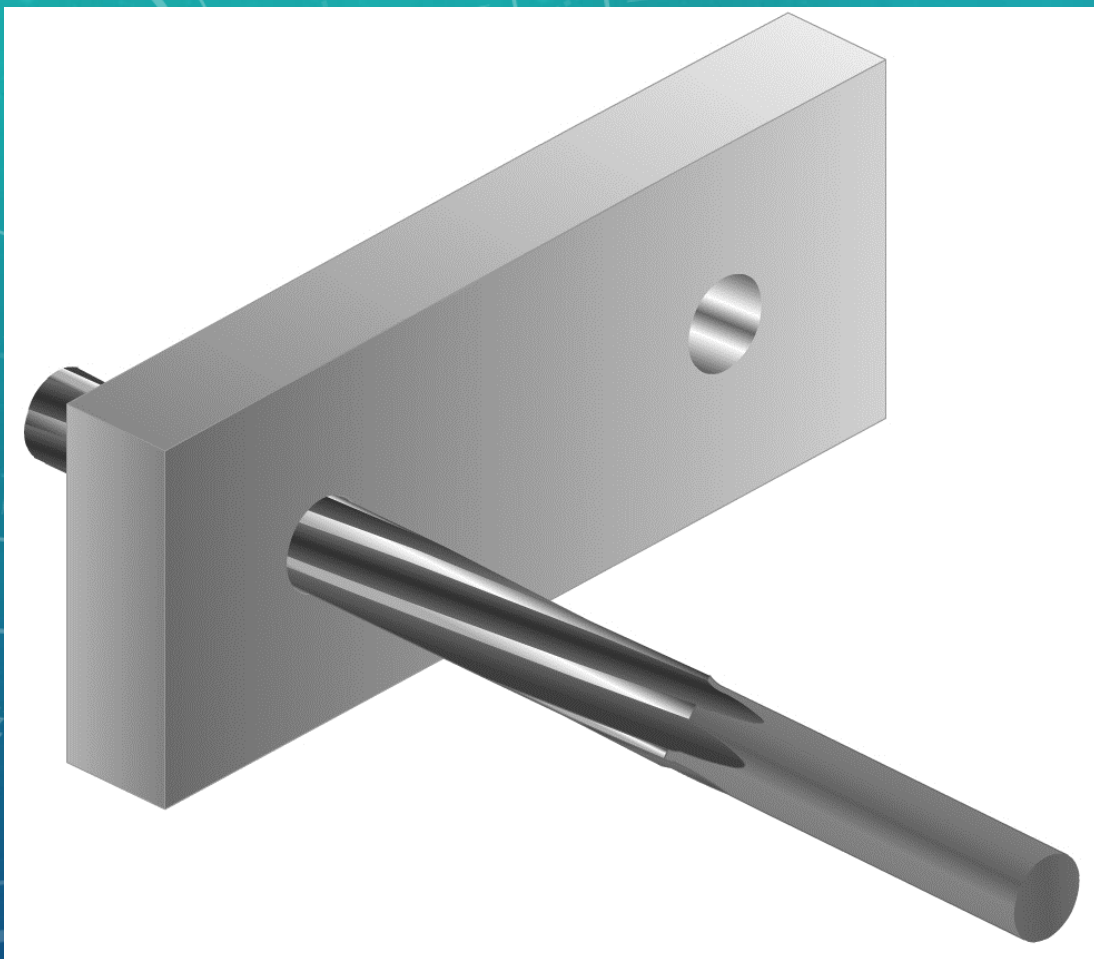
E - VERIFICAR O DIÂMETRO DO FURO EXPANDIDO

D - EXPANDIR A FRIO O FURO, REMOVER A LUVA

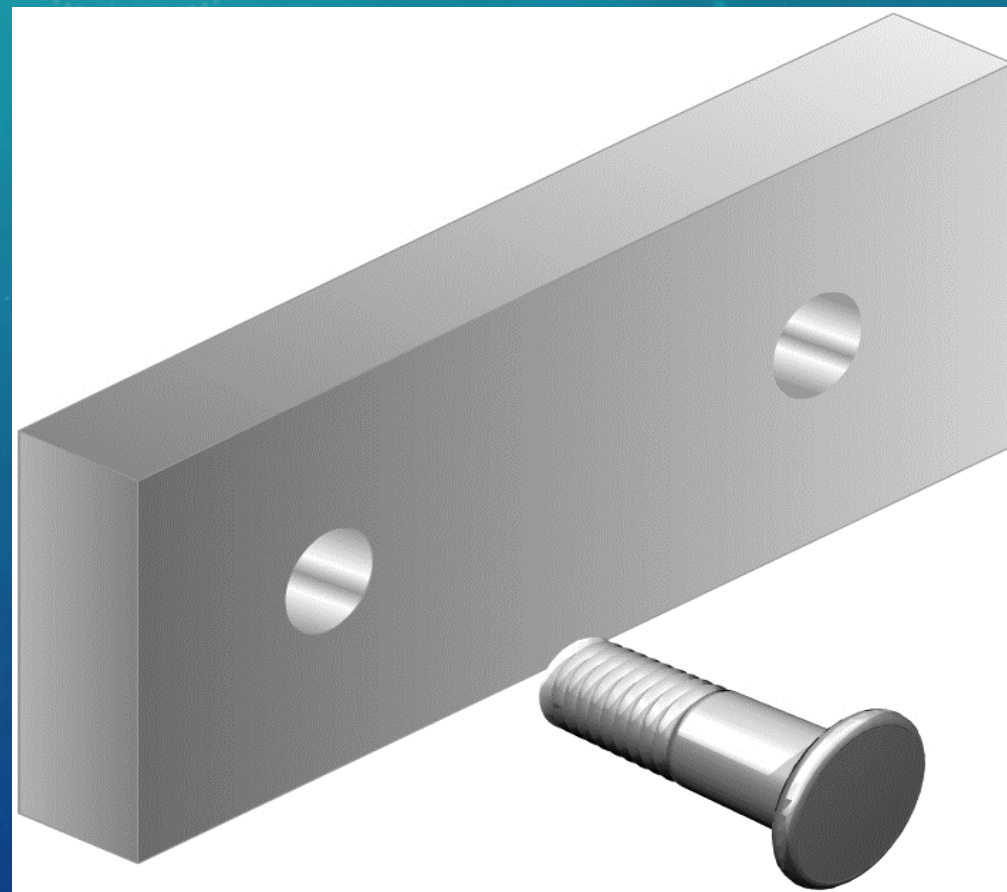




6 - ALARGAR FURO FINAL CONFORME CLASSE DE AJUSTE DO FURO

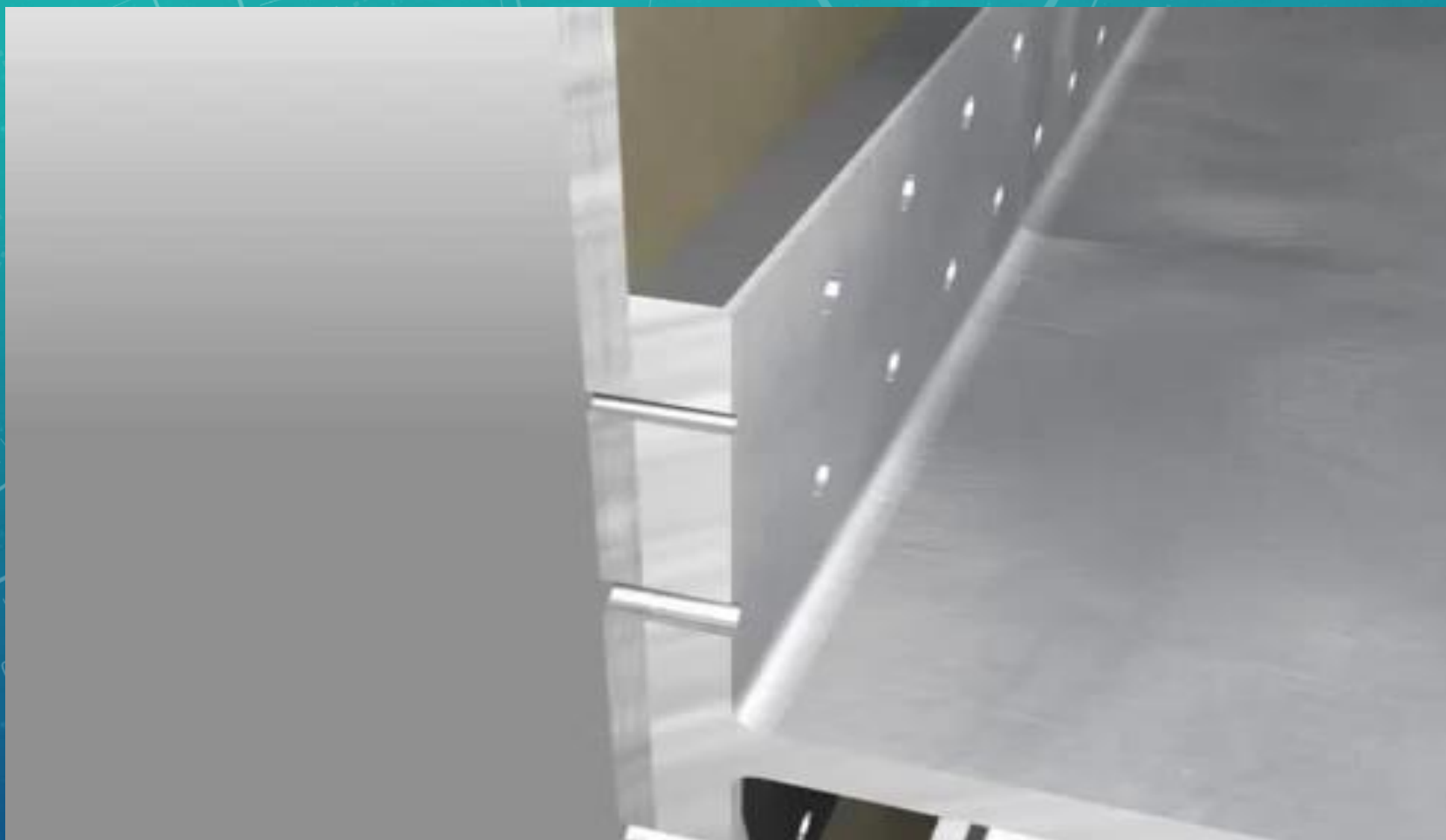


7 - INSTALAR FIXADOR





INSTITUTO DO EMPREGO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL, IP
CENTRO DE EMPREGO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL DE ÉVORA



VIDEO “COLD WORK”



SECRETARIA DE EMPREGO, FORMAÇÃO E PROTEÇÃO SOCIAL





OS 3 PONTOS-CHAVE DO PROCESSO

Como já foi dito anteriormente, o processo de expansão a frio atua na neutralização das tensões concentradas ao redor de um furo, criando uma zona de tensões residuais compressivas que, por sua vez, é obtida pela deformação permanente e controlada do material da parede do furo.

Não podemos confirmar o resultado apenas com a simples verificação do diâmetro final do furo ao final do processo, ou seja, é importante que o controle seja feito ao longo do processo através de variáveis denominadas **“pontos-chave do processo”**.

Os 3 pontos-chave do processo de expansão a frio da FTI, são:

- **O DIÂMETRO DO FURO INICIAL;**
- **O DIÂMETRO DA PINÇA;**
- **A ESPESSURA DA LUVA FENDIDA.**



INSTITUTO DO EMPREGO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL, IP
CENTRO DE EMPREGO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL DE ÉVORA

OS 3 PONTOS-CHAVE DO PROCESSO (cont.)

A espessura da parede da luva fendida é controlada e garantida pelo fornecedor (no caso a FTI). Sendo assim, resta aos utilizadores do sistema, o controle da largura da fenda das luvas e a sua impregnação por lubrificante sólido (no ato da receção de um lote, pelo Controle de Qualidade), e os diâmetros do furo inicial e da pinça ("In process" é feito por operadores e inspetores qualificados).

IMPORTANTE

O controle destes 3 pontos-chave é essencial, pois qualquer desvio em um deles é motivo para rejeição do processo em andamento.



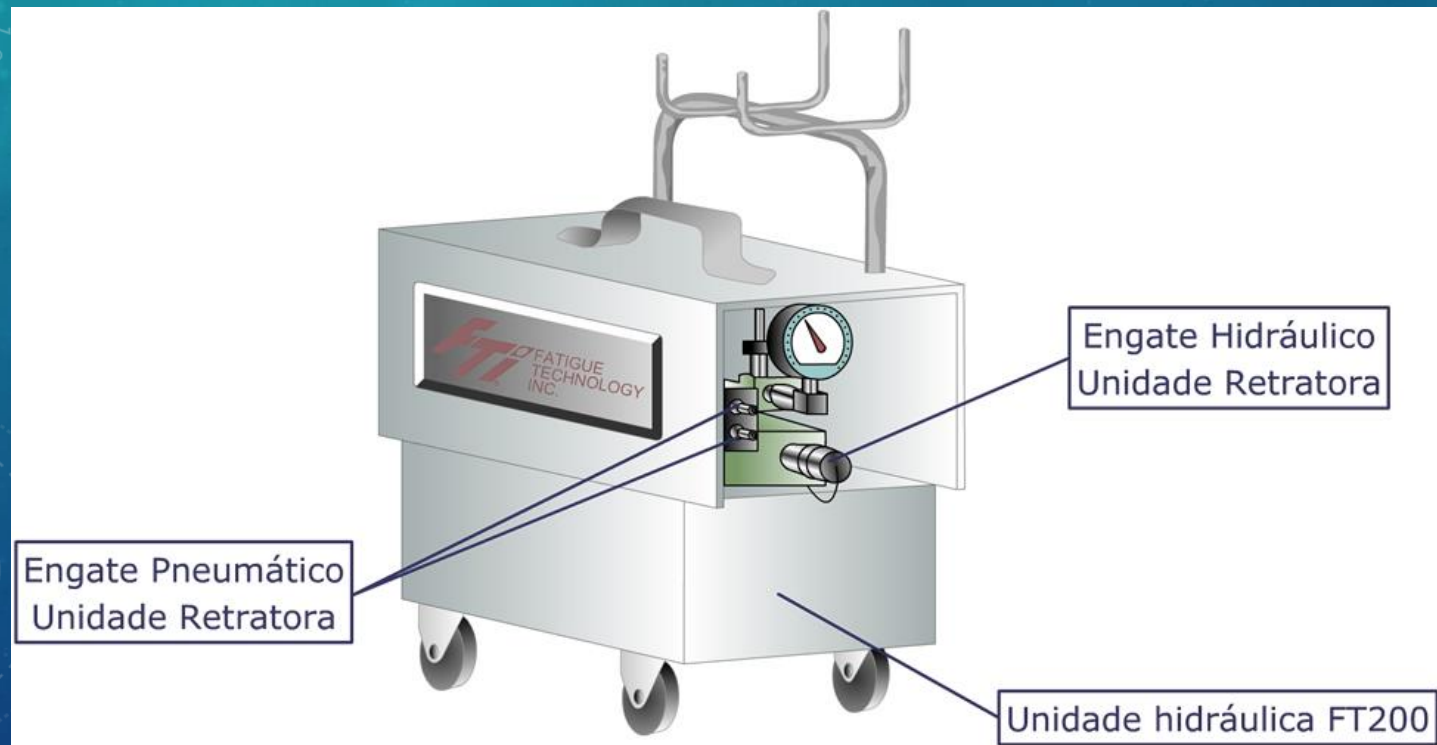
INSTITUTO DO EMPREGO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL, IP
CENTRO DE EMPREGO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL DE ÉVORA

COMPONENTES BÁSICOS DO SISTEMA

UNIDADE HIDRÁULICA

Responsável pelo fornecimento da força de atuação do cilindro hidráulico da pistola.

UNIDADE HIDRÁULICA FT200

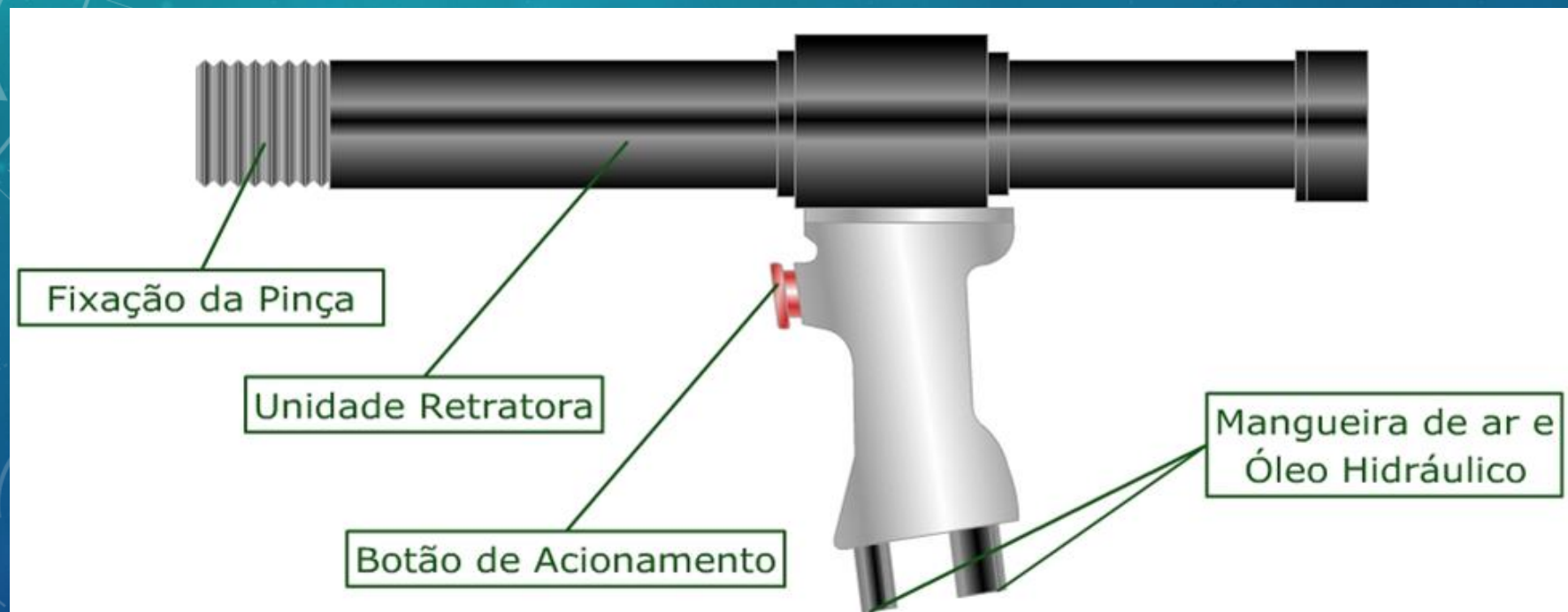




COMPONENTES BÁSICOS DO SISTEMA (cont.)

PISTOLA (UNIDADE "RETRATORA")

É a unidade que "puxa" a pinça para "dentro" do furo. É também a unidade que comanda o funcionamento de todo o equipamento.

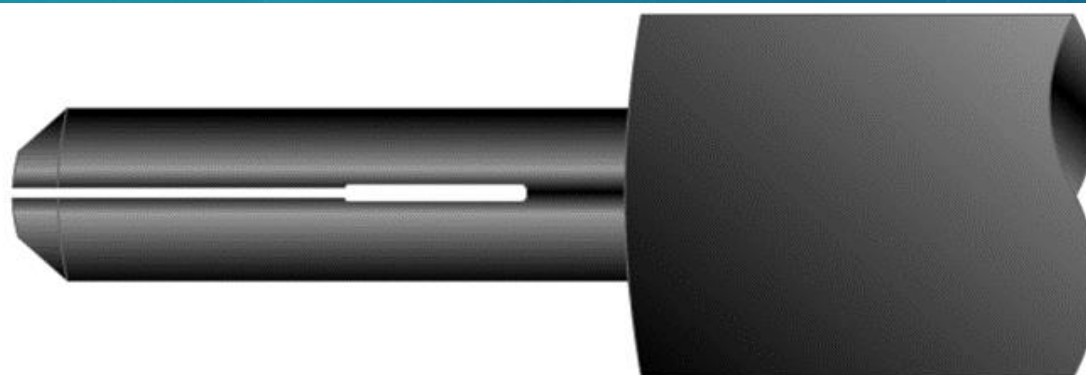




COMPONENTES BÁSICOS DO SISTEMA (cont.)

CABEÇOTE

Responsável pela garantia do alinhamento da pinça e do posicionamento da luva, durante a atuação do cilindro hidráulico da pistola.



CB CE - 1 4 B - 1001 F

Série da Ferramenta

CB = Alumínio

Extensão

Unidade Retratora

Luva Flangeada

STDN

Diâmetro

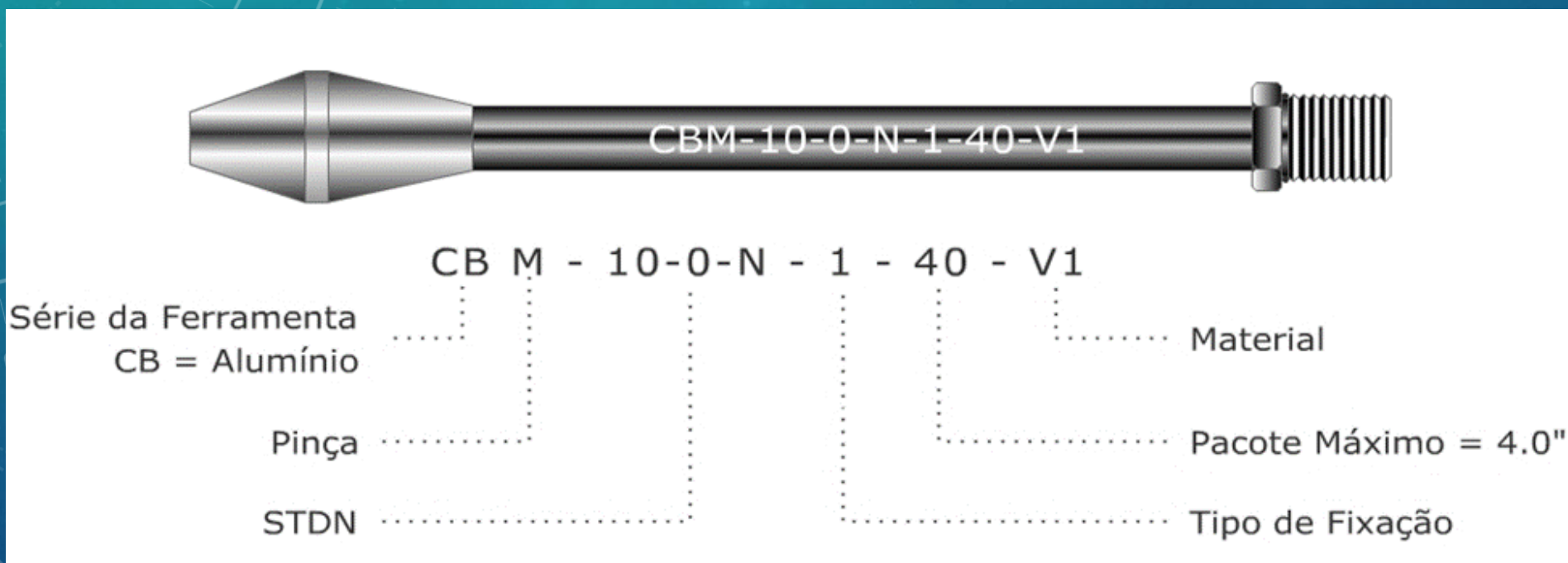
Comprimento



COMPONENTES BÁSICOS DO SISTEMA (cont.)

PINÇA (PONTO-CHAVE DO PROCESSO)

Responsável pela expansão do furo em conjunto com a luva bipartida.

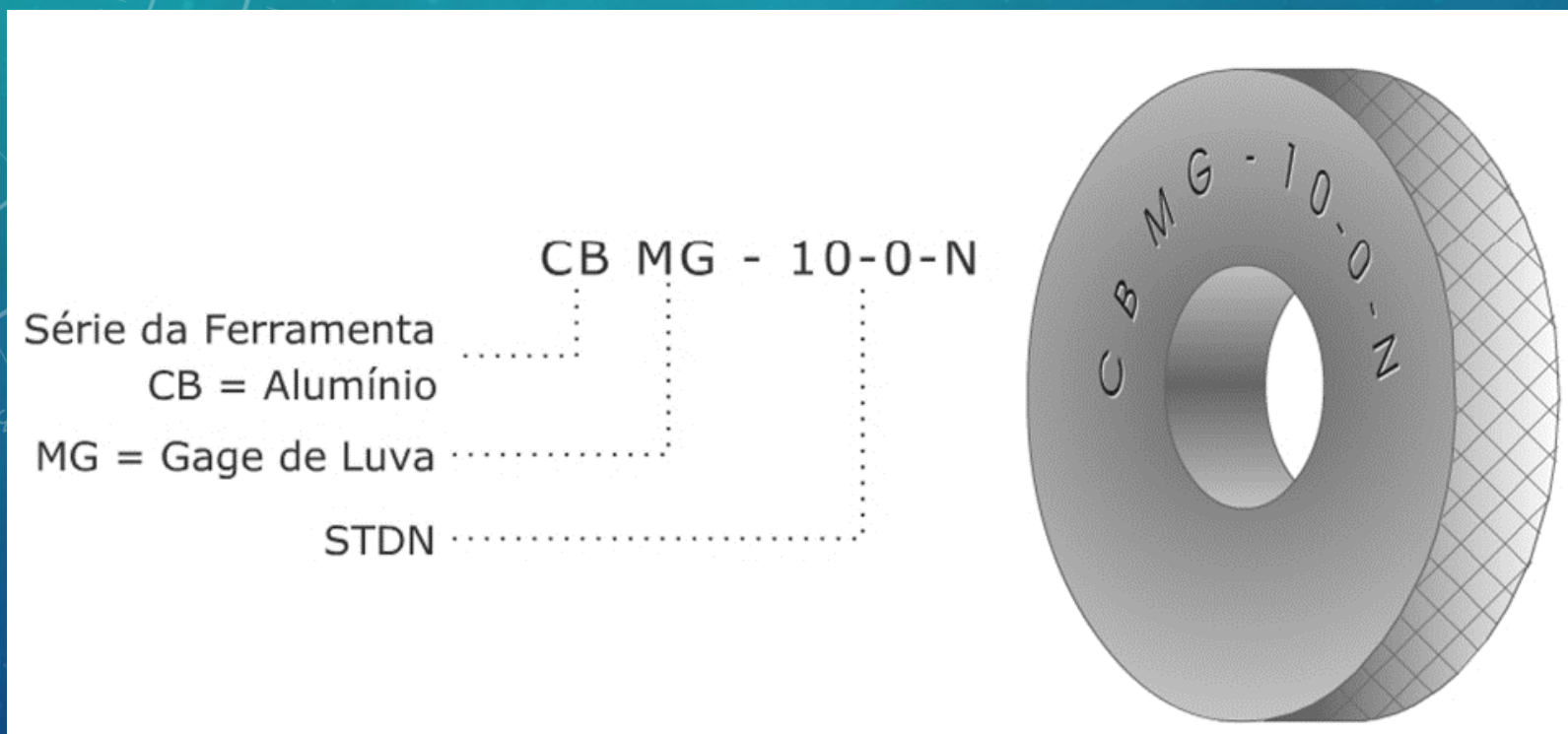




COMPONENTES BÁSICOS DO SISTEMA (cont.)

"GAGE" PARA VERIFICAÇÃO DO DIÂMETRO DA PINÇA (PONTO-CHAVE DO PROCESSO)

Responsável pela verificação do diâmetro de atuação (maior) da pinça.

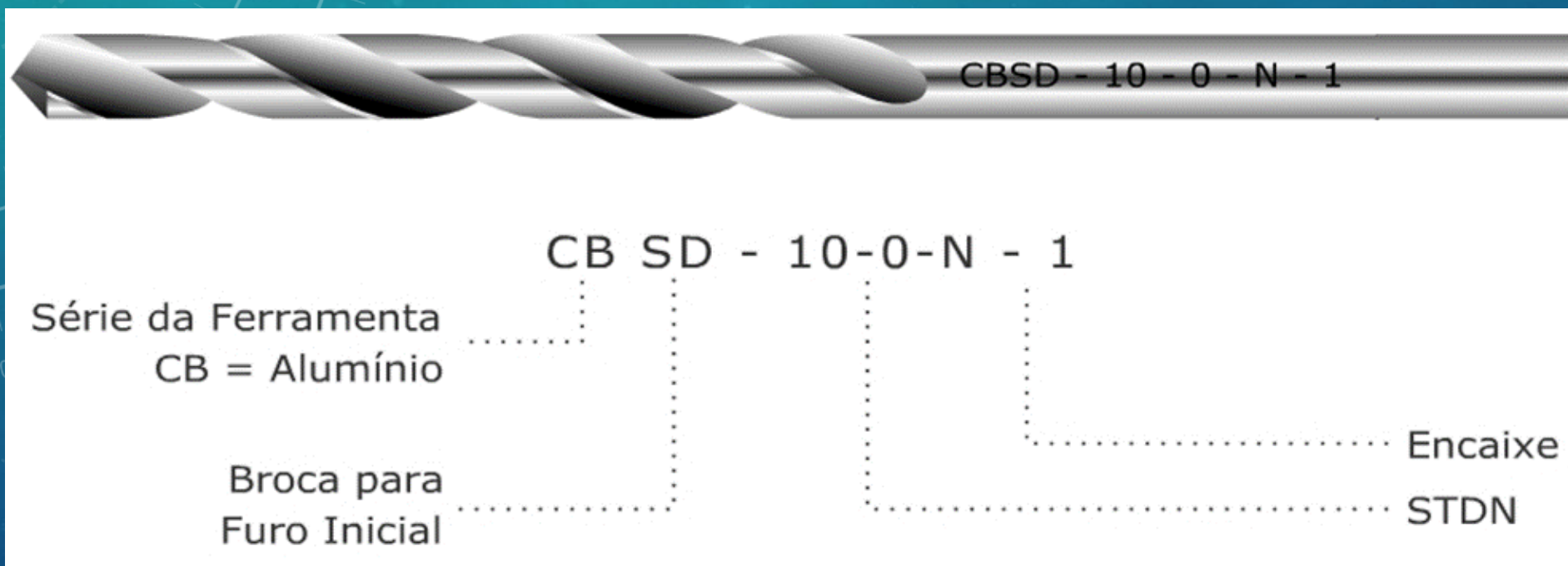




COMPONENTES BÁSICOS DO SISTEMA (cont.)

BROCA PARA O FURO INICIAL

Faz a maquinação do furo piloto, como preparação para a passagem do alargador do furo inicial.

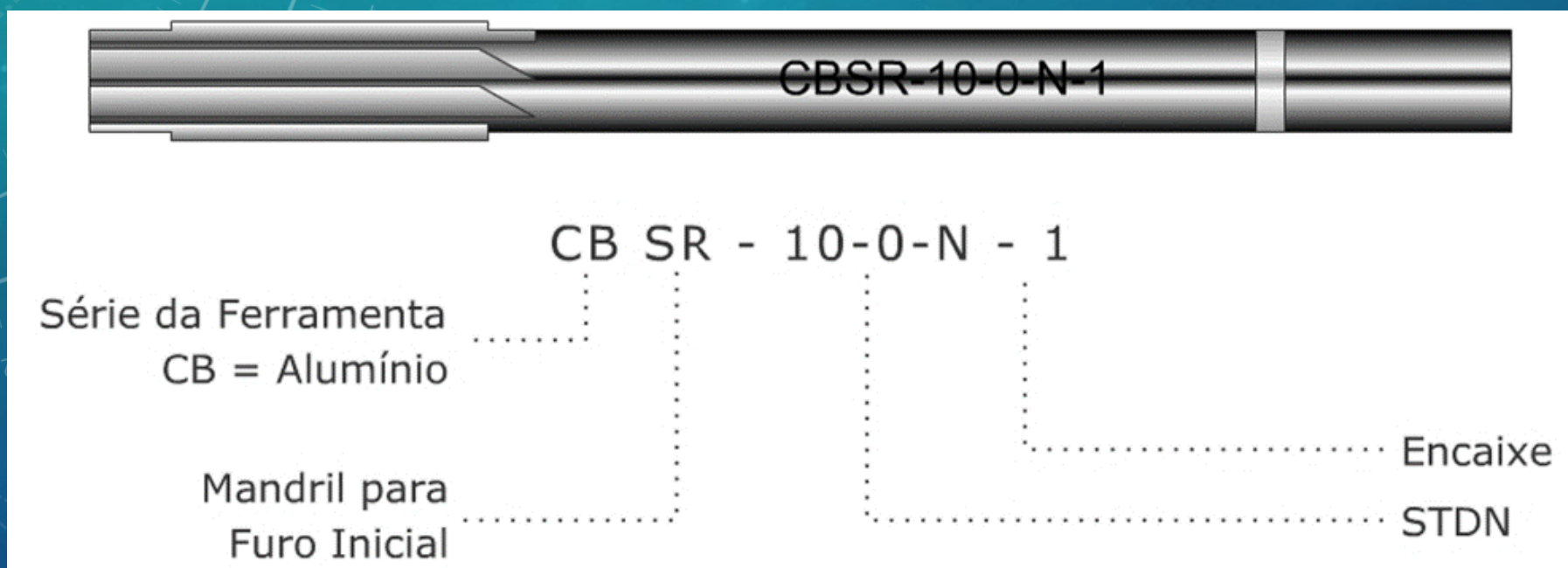




COMPONENTES BÁSICOS DO SISTEMA (cont.)

MANDRIL PARA O FURO INICIAL (PONTO-CHAVE DO PROCESSO)

Faz a maquinação acabada do furo inicial (pré expansão a frio).

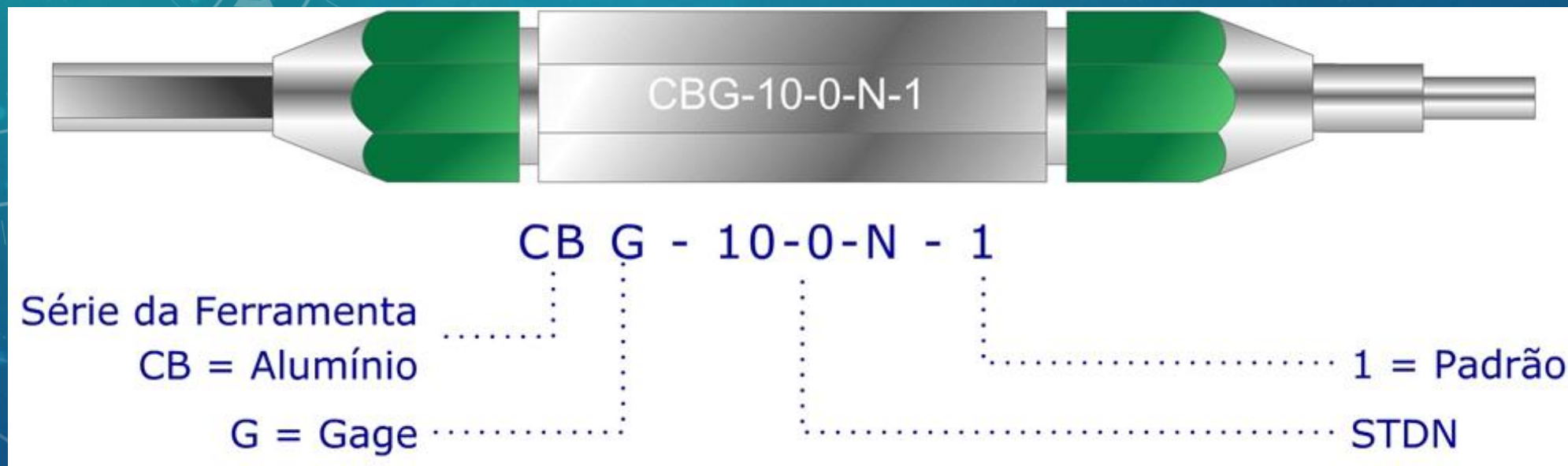




COMPONENTES BÁSICOS DO SISTEMA (cont.)

GAGE PASSA-NÃO-PASSA DO FURO INICIAL E EXPANDIDO (PONTO-CHAVE DO PROCESSO)

- Verifica o diâmetro e a ovalização do furo inicial (pré expansão a frio) em uma de suas extremidades.
- Verifica o diâmetro do furo após a expansão a frio em sua outra extremidade.





COMPONENTES BÁSICOS DO SISTEMA (cont.)

MANDRIL PARA O FURO FINAL

Faz a maquinação acabada do furo expandido para o diâmetro final, conforme a classe de interferência do fixador a instalar.

Este diâmetro é determinado pela Engenharia tendo em conta, os limites estabelecidos nas normas aplicáveis.



CB R - 10-0-N - 1 - F***

Série da Ferramenta
CB = Alumínio

Diâmetro Mínimo
do Furo Final

Mandril para
Furo Final

Encaixe
STDN



COMPONENTES BÁSICOS DO SISTEMA (cont.)

LUVAS FENDIDAS (PONTO-CHAVE DO PROCESSO)

A espessura da parede da luva fendida somada ao diâmetro maior da pinça resulta num valor, que assegura a deformação plástica desejada na parede de um furo.

O rasgo longitudinal existente na luva assegura que esta, ao se deformar juntamente com a parede do furo, tenha espaço para "escoar" e cobrir toda a parede do furo, aumentando a eficácia do processo pois assim, a expansão irá dar-se unicamente na direção radial.

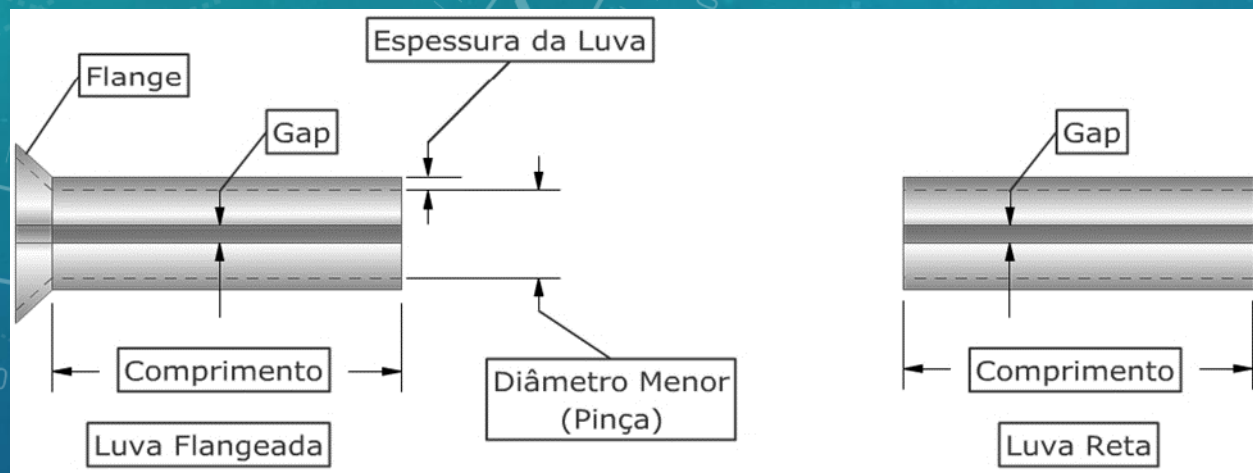
Além disso, as luvas atuam como proteção da parede do furo durante a expansão e, igualmente, como uma proteção contra dano na pinça, uma vez que são lubrificadas internamente.





Logo, toda luva a ser utilizada deve ser controlada quanto à:

- **ESPESSURA DA SUA PAREDE** (Assegurada pela FTI)
- **LARGURA DO SEU RASGO LONGITUDINAL** (Ver figura abaixo)
- **IMPREGNAÇÃO POR LUBRIFICANTE SÓLIDO NA SUPERFÍCIE INTERNA.**



LUVA FENDIDA

Os valores aceitáveis de “gap” deverão ser obtidos das normas aplicáveis

ATENÇÃO: NENHUMA LUVA PODE SER REUTILIZADA. DEVEM SER DESCARTADAS APÓS O PRIMEIRO USO POIS SOFREM DEFORMAÇÃO PERMANENTE EM CONJUNTO COM A PAREDE DO FURO.



SELEÇÃO DE EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS

PROCEDIMENTOS

Em seguida poderão verificar um “roteiro” de como fazer a seleção de ferramentas para expansão a frio de furos, pelo processo **FTI**.

1º Passo: **IDENTIFICAÇÃO DO MATERIAL A SER EXPANDIDO:**

- ☐ **ALUMÍNIO;**
- ☐ **TITÂNIO;**
- ☐ **AÇO** (médio carbono ou alta resistência).

Dependendo do tipo de material a ser expandido, haverá um sistema de expansão a frio (equipamentos e ferramentas) apropriado.

NO CASO DE UMA “JUNTA” DE PEÇAS, A SELEÇÃO DO SISTEMA DE EXPANSÃO A FRIO DEVERÁ SER BASEADA NO MATERIAL QUE APRESENTAR A MAIOR DUREZA SUPERFICIAL.



SELEÇÃO DE EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS (cont.)

2º Passo: **DETERMINAÇÃO DO TIPO DE FURO INICIAL**

Outro aspecto que deve ser considerado na fase de seleção das ferramentas, é se o furo inicial que virá a ser expandido é um **"FURO NOVO"** ou um **"FURO EXISTENTE"** na estrutura.

Se for um **"FURO NOVO"**, ou seja, um furo que ainda vai ser criado e expandido, seu diâmetro será determinado pelo diâmetro final que se espera deste furo (diâmetro estabelecido em desenho de Engenharia). Neste situação, na posse do diâmetro final, bastará selecionar as ferramentas padronizadas no catálogo do fabricante ou nas normas aplicáveis.

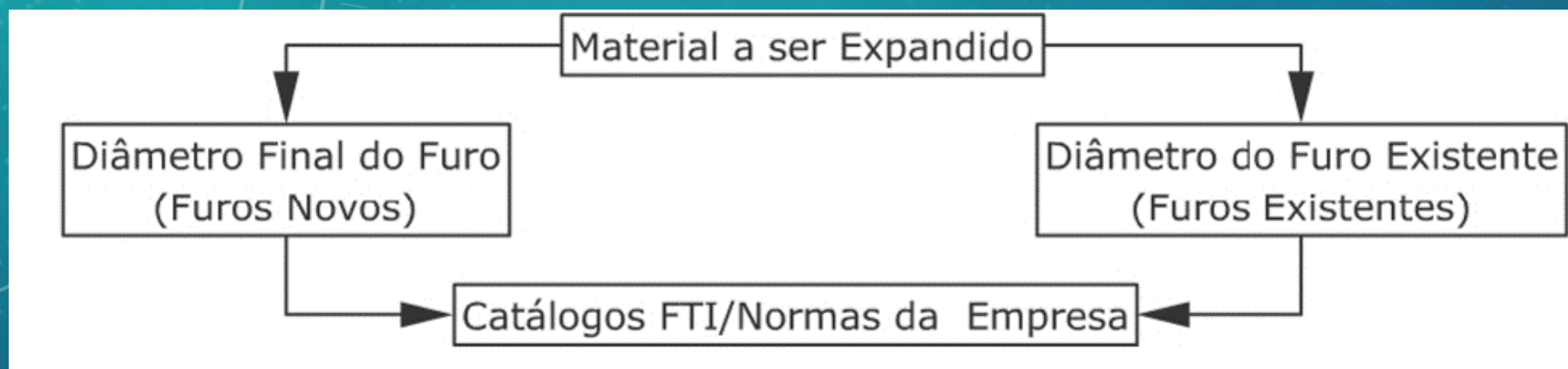
Já no caso de um **"FURO EXISTENTE"** na estrutura, deve considerar-se que o seu diâmetro irá ser, no mínimo, o diâmetro do furo inicial e neste caso o furo, após expansão a frio, só aceitará um fixador de diâmetro maior que o originalmente instalado. Igualmente, neste caso, na posse do diâmetro do "furo existente" (desde que não esteja danificado), bastará selecionar as ferramentas padronizadas no catálogo do fabricante ou nas normas aplicáveis.



RESUMO

A SELEÇÃO DE FERRAMENTAS E EQUIPAMENTOS PARA O PROCESSO DE EXPANSÃO A FRIO DE FUROS POR LUVAS FENDIDAS, INICIA-SE NA POSSE DAS SEGUINTE INFORMAÇÕES:

EXEMPLO DE SELEÇÃO DE FERRAMENTAS.



CONSIDERANDO-SE O MATERIAL E O DIÂMETRO DA TABELA ABAIXO:

Material	Diâmetro do Fixador
Alumínio 2024-T3	1/4" (Furo Novo)

REFERÊNCIA UTILIZADA: Catálogo FTI.



1º Passo: SELEÇÃO DO SISTEMA DE FERRAMENTAS.

Para alumínio, o sistema de ferramentas é o da série **CB**.

2º Passo: SELEÇÃO DO STDN ("Standard Tool Diameter Number").

O **STDN** é o número de referência associado ao diâmetro final do furo que será expandido.

Na posse do **STDN**, a seleção das ferramentas para esse diâmetro é automática.

Ver tabela

Tabela III-A do Catálogo da FTI				
Diâmetro de Referência do Fixador	Diâmetro do Furo Final (0,005)	STDN	Diâmetro do Fixador Existente	Diâmetro (max) do Furo Existente
1/4	0,250	6-3-N	13/64	0,215
19/64	0,297	8-2-N	1/4	0,256

Da tabela acima obtemos **STDN = 6-3-N** para um fixador de diâmetro **1/4"** (furo "novo").

IMPORTANTE

O STDN SELECIONADO ACIMA, PARA UM FURO "NOVO" DE 0 1/4", NÃO PODE SER UTILIZADO PARA UM FURO "EXISTENTE" DE MESMO DIÂMETRO, ASSIM, SE UM FIXADOR DE 0 1/4" FOR DESCRAVADO PARA QUE O FURO SEJA EXPANDIDO A FRIO, O STDN PASSARIA A SER STDN = 8-2-N.



3º Passo: SELEÇÃO DAS FERRAMENTAS DO PROCESSO

Na posse do **STDN**, a seleção das ferramentas necessárias ao processo de expansão a frio é automática pois são todas padronizadas em função desse número.

Ver tabela abaixo.

Tabela III-C do Catálogo da FTI (Reprodução Livre)

STDN	Broca para Furo Inicial	Pinça para Furo Inicial	Gage Combinado Furo Inicial/ Final	Verificador Diâmetro Pinça
6-3-N	CBSD-6-3-N-1	CBSR-6-3-N-1	CBG-6-3-N-1	CBMG-6-3-N

Tabela III-C do Catálogo da FTI (Reprodução Livre)

STDN	Luva	Pinça	Cabeçote	Pinça Final
6-3-N	CBS-6-3-N-16F	CBM-6-3-N-1-40-V1	CBCE-14A-0623F	CBR-6-3-N-1-***

OBSERVAÇÃO : (***) Identifica o diâmetro do furo final.

16 F ou **S** (Na especificação da luva)

Significa:

16 = comprimento;

F = luva flangeada;

S = luva reta.

Das ferramentas acima selecionadas, somente a luva, a pinça e o cabeçote poderão ser substituídos por opcionais, dependendo da junta a ser expandida e das limitações de acesso existentes e, ainda assim, respeitando as opções fornecidas no catálogo do fabricante e/ou nas normas aplicáveis.

A unidade hidráulica e a unidade puxadora também são escolhidas do catálogo do fabricante mas sua escolha obedece a outros critérios que não o diâmetro final do furo.



PREPARAÇÃO DE FUROS

PREPARAÇÃO DO FURO INICIAL (PONTO-CHAVE DO PROCESSO)

O furo inicial, apesar de ser um dos pontos-chave do processo de expansão a frio, deve ser preparado normalmente, com broca e alargador, valendo-se das práticas usuais de montagem, desde que, obedecendo os valores estabelecidos nas normas aplicáveis que se encontram descritos no roteiro de operações.

É Importante verificar que o uso do alargador poderá ser desnecessário, se o acabamento e dimensões obtidos com a utilização somente da broca, for satisfatório (vêr tabela).

Atributo	Requisitos
Dimensões	Observar valores máximos estabelecidos nas normas
Rugosidade	Rugosidade Superficial máxima = 4 um
Inclinação	Inclinação máxima = 0,5 graus
Ovalização	Se as dimensões máximas estabelecidas nas normas aplicáveis não forem ultrapassadas, a ovalização do furo não deve ser motivo de rejeição

REQUISITOS DOS FUROS INICIAIS



PREPARAÇÃO DO FURO INICIAL (PONTO-CHAVE DO PROCESSO)

Os furos iniciais deverão estar limpos, rebarbados e isentos de qualquer vestígio de lubrificante, primer, tinta ou qualquer outro material estranho.

Se houver uma junta de peças, estas devem manter pleno contato entre si, por meio de grampos, fixadores provisórios de rosca e até mesmo, fixadores temporários de dimensões reduzidas que possam ser substituídos pelos fixadores definitivos.

Se houver um "gap" entre peças este não pode ser maior que 0,0015 polegadas.

Pode haver selante de interface, numa junta de peças, durante a execução do furo Inicial, no entanto é preferível que a selagem seja feita somente no ato da união definitiva das peças.

Após a execução do furo inicial, as peças da junta devem ser separadas, rebarbadas e reunidas de modo a preservar o alinhamento entre os furos.



PREPARAÇÃO DE FUROS (cont.)

PREPARAÇÃO DO FURO FINAL

Os furos finais devem ser preparados conforme os requisitos de Engenharia e das normas aplicáveis, que estão descritos no roteiro de operações.

Antes de passar o alargador final, devemos verificar se a luva fendida foi removida do furo.

O alargador final tem um guia de diâmetro um pouco maior que o diâmetro máximo permitido para o furo inicial. Se o guia do alargador não conseguir penetrar no furo, é indicio de que o furo não for corretamente expandido e, neste caso, só se deve continuar a operação após autorização da Engenharia.

Após o alargamento final, as superfícies das peças (inclusive as de contato) na área em redor dos furos, deve ser verificada visualmente quanto a existência de protuberância ou folgas, resultantes de material que tenha escoado para fora do furo.

Se houver acesso, nas interfaces, o "gap" medido por lâminas calibradas deverá ser, no máximo, de 0,0015 polegadas e não poderá "tocar" o furo em nenhuma hipótese.

Já as protuberâncias, quando detectadas, devem ser removidas por faceamento e lixamento com tecido abrasivo de óxido de alumínio ou, podem ser anuladas com a utilização de calços.

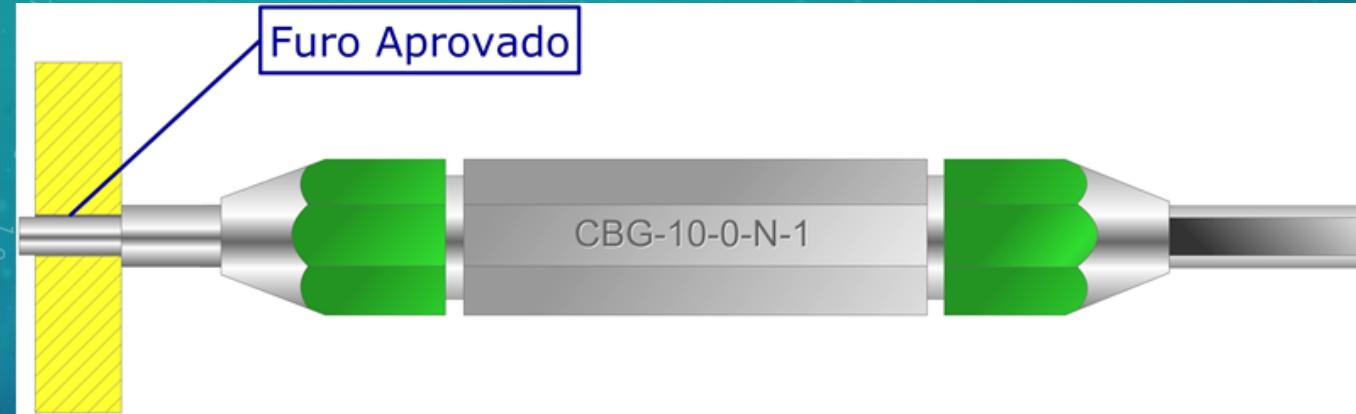
Em caso de maquinação ou lixamento a proteção superficial da peça deverá ser recomposta.



INSTITUTO DO EMPREGO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL, IP
CENTRO DE EMPREGO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL DE ÉVORA

UTILIZAÇÃO DOS GAGES

GAGE DO FURO INICIAL



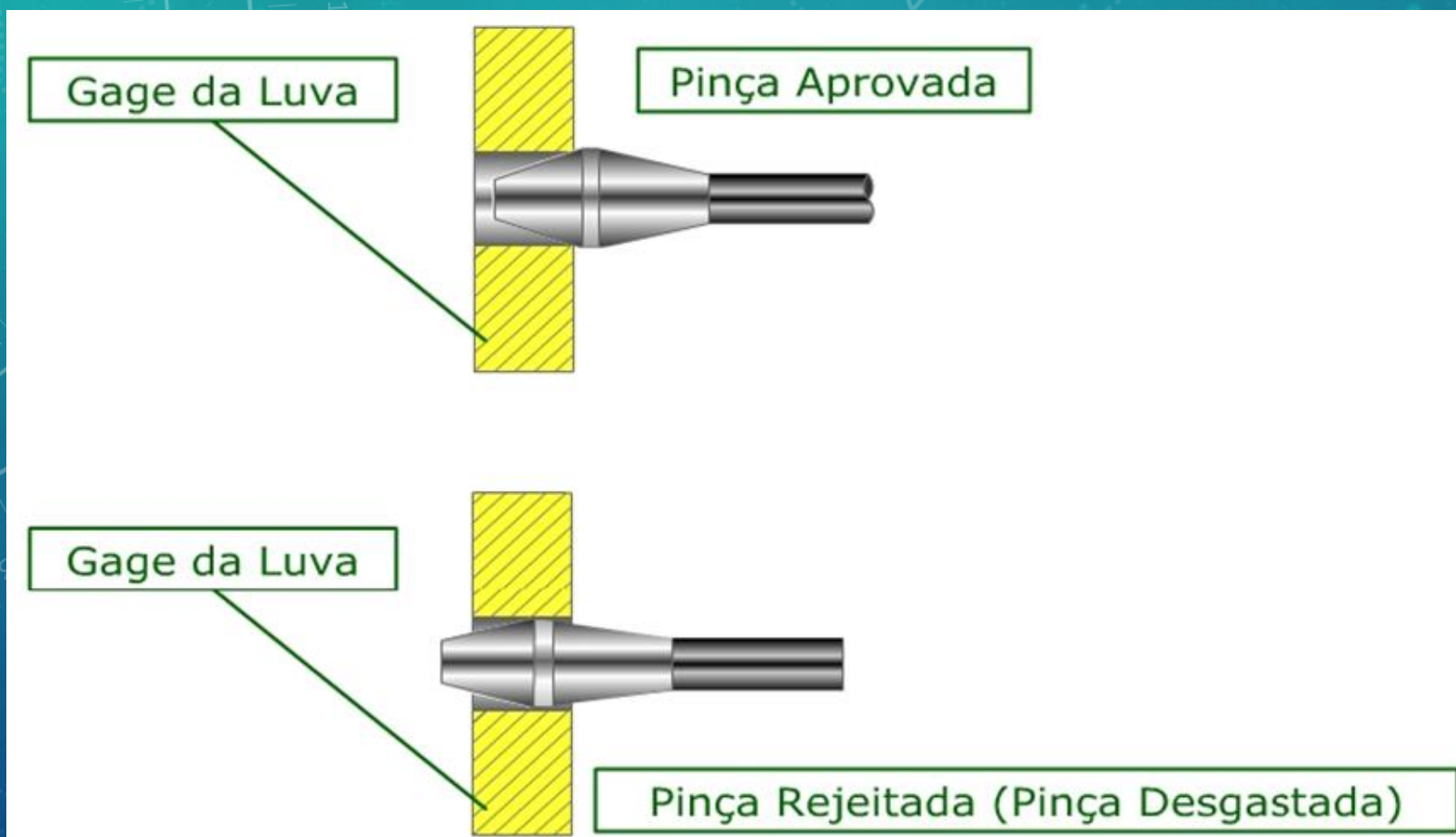


GAGE DO FURO EXPANDIDO





GAGE DO DIÂMETRO DA PINÇA





LUVAS FENDIDAS - APLICAÇÕES CRÍTICAS

EMPILHAMENTO DE LUVAS FENDIDAS

Sempre que houver necessidade de se utilizar mais que uma luva (empilhamento) numa determinada aplicação, os seguintes parâmetros deverão ser rigorosamente observados:

- **COMPRIMENTO DA LUVA FENDIDA;**
- **COMPRIMENTO DA PINÇA;**
- **COMPRIMENTO DO CABEÇOTE.**
- **CURSO DO CILINDRO ATUADOR DA PISTOLA** (unidade "retratora").

Sem a verificação dos parâmetros acima indicados, corre-se o risco de se especificar equipamentos inadequados e por consequência a obtenção de resultados insatisfatórios.

Isto porque, na maioria dos casos, os equipamentos como a pinça e a pistola foram desenvolvidos para aplicações consideradas padrão e o empilhamento de luvas é considerado uma aplicação crítica.



INSTITUTO DO EMPREGO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL, IP
CENTRO DE EMPREGO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL DE ÉVORA

COMPRIMENTO DAS LUVAS FENDIDAS

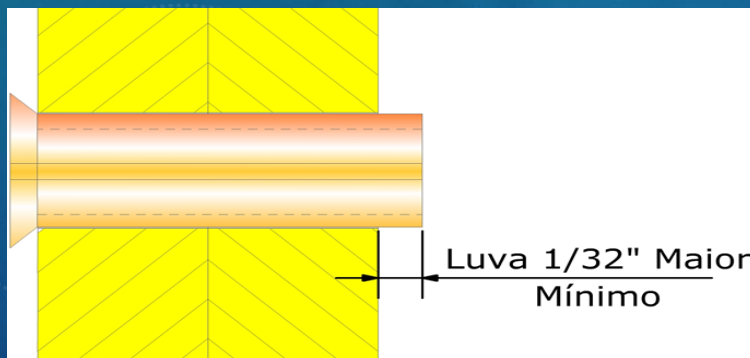
Outro parâmetro importante a ser observado durante a operação do sistema de expansão a frio de furos é o comprimento das luvas fendidas.

Sempre que possível, é preferível que se opte por uma única luva ao invés, do empilhamento delas em aplicações onde o comprimento do furo a ser expandido permita as duas opções.

Por isso, é recomendável que se faça a seleção das luvas fendidas criteriosamente, seguindo à risca as recomendações e especificações do fabricante.

No caso de não haver um comprimento padronizado que atenda as nossas necessidades, deve fazer-se uma análise custo X benefício para se decidir por uma luva não padronizada (fornecimento especial) ou por uma luva padronizada, de comprimento muito maior que a extensão do furo a ser expandido.

Esta observação é válida pois a única restrição quanto ao comprimento de uma luva fendida é que ela deve ser, ao menos, 1/32" maior que a extensão total do furo. Não existem restrições quanto ao comprimento máximo.



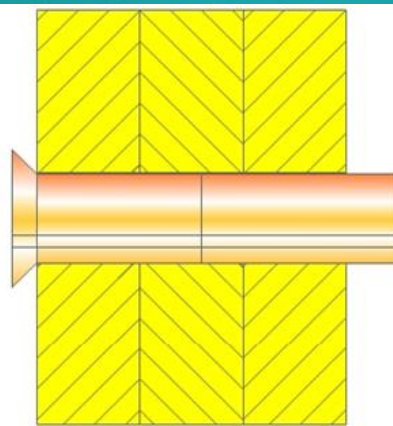
COMPRIMENTO MÍNIMO DA LUVA



MÉTODOS APROPRIADOS PARA EMPILHAMENTO DE LUVAS

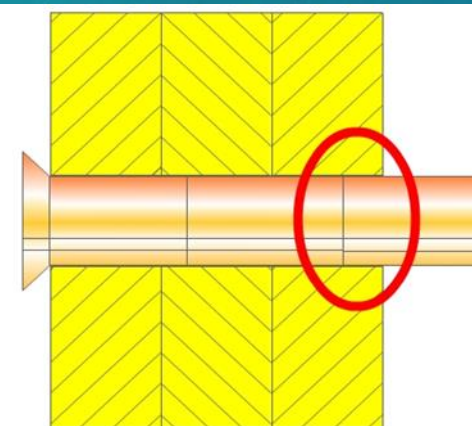
Aceitável

Todos os critérios para o empilhamento das luvas foram atendidos.



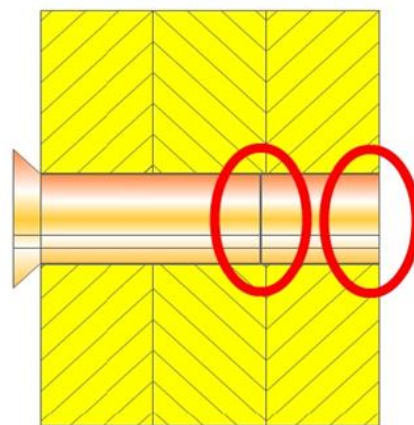
Inaceitável

O encontro de duas luvas está a menos de $1 \times D$ (diâmetro do furo) do final da junta de peças.



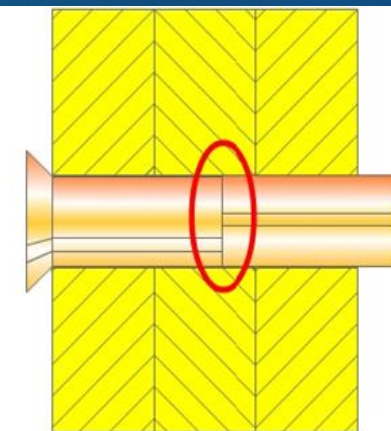
Inaceitável

A luva deve passar ao menos $1/32''$ além do final da junta de peças e estar no mínimo, a $1/16''$ da interface.



Inaceitável

Os Rasgos das luvas não estão alinhados entre si para permitir fácil remoção após expansão.



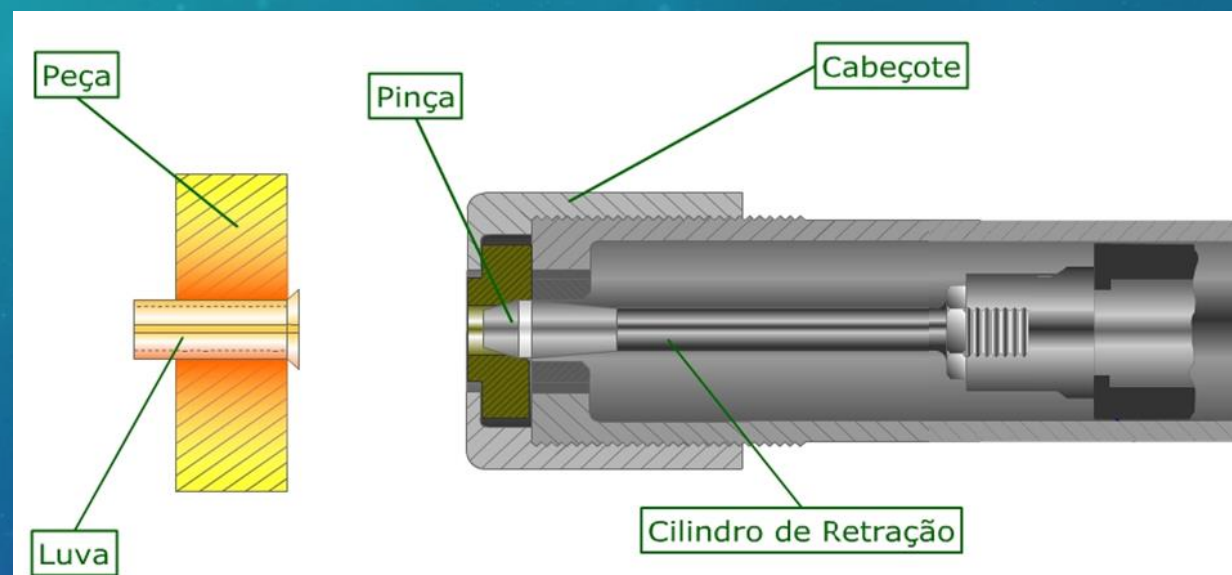


CONSIDERAÇÕES QUANTO À OPERAÇÃO DO SISTEMA

PREPARAÇÃO DO EQUIPAMENTO

Sequência de preparação do equipamento:

Com o cabeçote removido, rosquear a pinça no adaptador interno da pistola. O aperto necessário é obtido somente com a força dos dedos. Além dessa força, a pinça poderá danificar o equipamento ou tornar-se de difícil remoção. Reposicionar o cabeçote e rosqueá-lo no adaptador externo da pistola.





PREPARAÇÃO DO EQUIPAMENTO (cont.)

Ligar as mangueiras hidráulicas e pneumáticas (nesta sequência) da pistola na unidade hidráulica. Assegurar-se que a ligação hidráulica está corretamente enroscada.

Ligar a unidade hidráulica à linha de ar comprimido, verificando se a pressão pneumática se encontra na faixa de (100 ± 20) psi.

Remover o ar confinado no sistema hidráulico. Para isto, ciclar (sem peça) pelo menos três vezes o equipamento a uma pressão hidráulica de 5.000 psi.

Por fim, se for “Primeiro Artigo”, deve ajustar-se a pressão hidráulica (pressão de trabalho) fazendo um teste em corpo-de-prova (que simule com exatidão o material, espessura e diâmetro de furo da peça do produto).

Para tal, inicie com a pressão recomendada pelo fabricante. Se esta pressão não for suficiente para expandir o furo, aumente a pressão gradualmente, de 100 em 100 psi, até que a pinça consiga “atravessar” o corpo-de-prova.

Este valor, acrescido de 1000 psi, será a mínima pressão de trabalho necessária para a peça do produto.

NOTA:

NÃO É NECESSÁRIA A REPETIÇÃO DESTES ÚLTIMOS PROCEDIMENTOS PARA TODOS OS LOTES DE UMA MESMA PEÇA. O AJUSTE DA PRESSÃO HIDRÁULICA SÓ SE FAZ NECESSÁRIO QUANDO FOR EXPANDIR UMA PEÇA NOVA (MATERIAL, ESPESSURA OU DIÂMETRO DE FUROS DIFERENTES) OU, QUANDO ALGUNS DOS EQUIPAMENTOS TIVEREM SIDO SUBSTITUÍDOS OU RETRABALHADOS.



NORMAS DE SEGURANÇA

Como medida de segurança, uma série de procedimentos devem ser seguidos, em paralelo com a preparação do equipamento, visando a preservação da integridade do operador e do equipamento:

- Verificar sempre se todas as ligações e engates foram corretamente fixados, antes de iniciar a operação do sistema.
- Verificar sempre a pressão de trabalho da unidade hidráulica. Os valores máximos especificados pelo fabricante nunca deverão ser excedidos.
- Devido às altas pressões hidráulica e pneumática durante a operação do equipamento, as pessoas devem estar sempre com os seus equipamentos de segurança
- Nunca se deve tocar o cabeçote enquanto o equipamento estiver em operação pois o cabeçote é auto-alinhável com a superfície da peça.
- Manter os dedos sempre longe da área entre o cabeçote e a peça de trabalho.



NORMAS DE SEGURANÇA (cont.)

- Liberte de imediato o botão de acionamento da pistola assim que a pinça sair da peça ou, quando a pinça travar dentro da peça. Cuidado para que a pinça não atinja a peça no retorno.
- O fornecimento de ar comprimido deve ser interrompido sempre que:
 - O equipamento estiver em manutenção;
 - A mangueira do circuito hidráulico estiver desligada;
 - A unidade hidráulica não estiver em uso.
- Por fim, se qualquer problema ocorrer durante a expansão a frio, antes de tomar qualquer atitude, deve-se consultar o manual de manutenção do equipamento ou, caso não seja suficiente, deve-se contactar imediatamente a Engenharia de Produção da área.



DESEMPENHO

Para se obter o melhor desempenho possível da expansão a frio, outros procedimentos devem ser adotados como parte integrante do processo, dos mesmos podemos destacar:

- ❖ A certeza de que a pinça está corretamente fixada ao cabeçote;
- ❖ Acessos restritos do equipamento devem ser verificados, tais como, acessos frontais e laterais, e espaço traseiro suficiente para a atuação da pinça (curso);
- ❖ O mais importante, sempre que for iniciar a expansão a frio em um determinado lote de peças, o equipamento completo (unidade hidráulica, pistola, cabeçote e pinça) deverá ser ciclado para se assegurar que esteja trabalhando de forma satisfatória e que a pinça dispõe de um curso livre (uniforme).



INSTITUTO DO EMPREGO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL, IP
CENTRO DE EMPREGO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL DE ÉVORA

TRAVAMENTO DA PINÇA

NO CASO DE TRAVAMENTO DA PINÇA DENTRO DO FURO, DURANTE UMA OPERAÇÃO DE EXPANSÃO A FRIO, DEVE-SE SEGUIR O SEGUINTE PROCEDIMENTO:

A - DETERMINE O QUE CAUSOU O TRAVAMENTO DA PINÇA:

- Baixa pressão hidráulica;
- Luva fendida que "correu" dentro do furo.

B - SE O PROBLEMA FOR A BAIXA PRESSÃO HIDRÁULICA, AUMENTE A PRESSÃO DA UNIDADE HIDRÁULICA, GRADATIVAMENTE, PARA ATÉ 10,000 PSI E PROSSIGA NA EXPANSÃO DO FURO.



TRAVAMENTO DA PINÇA (cont.)

C - JÁ SE O PROBLEMA FOR COM A LUVA, OU SE O AUMENTO DE PRESSÃO NA UNIDADE HIDRÁULICA NÃO FOI SUFICIENTE PARA CONTINUAR COM A EXPANSÃO, SIGA OS PASSOS A SEGUIR:

- Interrompa o fornecimento de ar comprimido para a unidade hidráulica desconectando a mangueira;
- Desatarrache o cabecote e separe-o da pistola;
- Gire o pistão com ferramenta apropriada para possibilitar a separação entre a pistola e a pinça;
- Afaste a pistola;
- Retorne a pinça à posição de Início de operação;
- Remova a luva de dentro do furo;
- Verifique o furo quanto a algum dano que tenha sido causado pela luva;
- Verifique se o diâmetro de partida (furo inicial) do furo foi alterado e se mesmo assim continuar dentro dos limites tolerados, recomece a expansão a frio deste furo;
- Neste caso, volte a fazer a verificação do diâmetro da pinça para se certificar que continua aceitável;
- Se o diâmetro do furo inicial foi alterado para além dos limites tolerados, interrompa o processo e contacte o representante da Engenharia de Produção da área.



"CHECK LIST" DO PROCESSO DE EXPANSÃO A FRIO

Em seguida irei relacionar de forma resumida, quais são os requisitos mínimos relacionados ao processo de expansão a frio de furos que deverão ser observados pelo pessoal envolvido no seu planeamento, execução e inspeção.

"CHECK LIST" DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

- ☐ OF's que tratam de expansão a frio de furos são OF's LIF;
- ☐ A espessura mínima de uma chapa ou junta de chapas para expansão a frio é de 20% do diâmetro do furo não expandido;
- ☐ Todos os tratamentos térmicos e superficiais na peça devem ser executados antes da expansão a frio;
- ☐ Materiais compósitos não podem ser expandidos a frio;
- ☐ A expansão de materiais de ligas diferentes em uma única passada só poderá ser executada quando chamada em desenho de engenharia e, ainda assim, é preferível evitar esta opção;



"CHECK LIST" DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

- ☐ Se o desenho de engenharia autorizar a expansão a frio em uma junta de peças, as ferramentas deverão ser selecionadas considerando-se, sempre, o material de maior dureza;
- ☐ O diâmetro máximo a que poderá chegar um furo no alargamento final, é o estabelecido em desenho ou normas. Para faixas de diâmetro maiores que 1" que não são especificadas nas normas, o diâmetro máximo permitido é equivalente ao diâmetro inicial + 16% ou, diâmetro inicial + 0.065" pol (das duas medidas, a que for a MENOR);
- ☐ Após ter sido expandido a frio, um furo não poderá sofrer qualquer tipo de conformação a quente (dimplingação, por exemplo). Se necessária, a conformação a quente só poderá ser executada a uma distância mínima de 1 (uma) polegada da parede do furo e, em hipótese alguma, a temperatura de conformação poderá ultrapassar 55° C.

CONCLUÍDO, AS NORMAS ESTABELECEM VALORES MÁXIMOS PARA O DIÂMETRO DO FURO FINAL QUE DEVEM SER RESPEITADOS, A MENOS QUE A ENGENHARIA DE ESTRUTURAS ESTABELEÇA VALORES DIFERENTES. NESTE CASO, A ENGENHARIA DE ESTRUTURAS É SEMPRE MANDATÓRIA.



"CHECK LIST" DA PRODUÇÃO E INSPEÇÃO

- Por ser um processo que requer dupla verificação, os requisitos abaixo deverão ser observados pela produção em conjunto com a Inspeção;
- Somente pessoal qualificado cujo nome conste da relação, em poder do supervisor da área, poderá executar o trabalho de expansão a frio de furos;
- O equipamento de expansão a frio deverá ser testado em corpos-de-prova antes da utilização no produto, para se assegurar que são boas as suas condições de operação e que a expansão desejada está a ser alcançada;
- Este "set up" do equipamento deverá ser executado sempre que algum dos equipamentos (unidade hidráulica, cabecote, pistola ou pinça) for substituído ou retrabalhado e sempre que uma peça nova (1º artigo) estiver para sofrer a sua primeira expansão.
- O corpo-de prova deverá ser preparado de modo a simular com a maior precisão possível a peça a ser de fato expandida. Assim, o material, a espessura, a dureza, o junta de peças e os diâmetros dos furos deverão ser considerados na especificação de um corpo-de-prova;



"CHECK LIST" DA PRODUÇÃO E INSPEÇÃO (cont.)

- A pressão do ar comprimido que alimenta a unidade hidráulica deverá estar sempre na faixa de 80 - 120 psi e a pressão hidráulica (pressão de trabalho) deverá estar regulada conforme orientações do manual do fabricante;
- O diâmetro da pinça deverá ser sempre conferido antes e depois da utilização em um determinado lote de peças. Porém, se nesse lote houver mais que 75 furos a serem expandidos, é obrigatória a realização de verificações intermediárias (a cada 75 furos, no máximo);
- Os gages para verificação dos diâmetros da pinça, furo inicial e furo expandido devem estar com a data de validade da aferição em dia;
- Os furos que virão a ser expandidos deverão estar limpos, rebarbados e isentos de qualquer tipo de lubrificante, primer, tinta ou qualquer outro material estranho.
- Antes de iniciar a expansão a frio, as luvas deverão ser verificadas para se assegurar que estão impregnadas (internamente) pelo lubrificante que tem como função proteger a pinça contra dano. Devem ser verificadas também quanto a qualquer tipo de dano (rachaduras, quebras ou trincas) que possam apresentar.

NOTA: ESTA VERIFICAÇÃO DEVE SER FEITA TAMBÉM AO FINAL DO PROCESSO.



"CHECK LIST" DA PRODUÇÃO E INSPEÇÃO (cont.)

- O juntar de peças, no caso de uma expansão conjunta, deverá ser mantido bem unido antes da furacão inicial, durante a medição do furo inicial, durante a expansão, durante a inspeção do furo expandido, durante o alargamento final e durante a inspeção do furo final. As peças só poderão ser separadas para o rebarbamento dos furos, sem quebra de cantos, após o furo final e reunidas com extremo cuidado para que seja garantido o total contato entre as peças da junta e o alinhamento entre furos;
- Não se expande um furo parcialmente. Todos os furos devem ser expandidos em toda a sua extensão, em passagem única;
- Durante a expansão de uma junta de peças não deverá estar presente nenhum tipo de selante de interface. Sua presença não é proibida mas é preferível aplicá-lo somente após a expansão a frio;
- O escareado de um furo, assim como qualquer outro tipo de maquinação, deve ser executado sempre após a expansão a frio. Se for executado antes, haverá uma sensível perda de eficiência do processo;



"CHECK LIST" DA PRODUÇÃO E INSPEÇÃO (cont.)

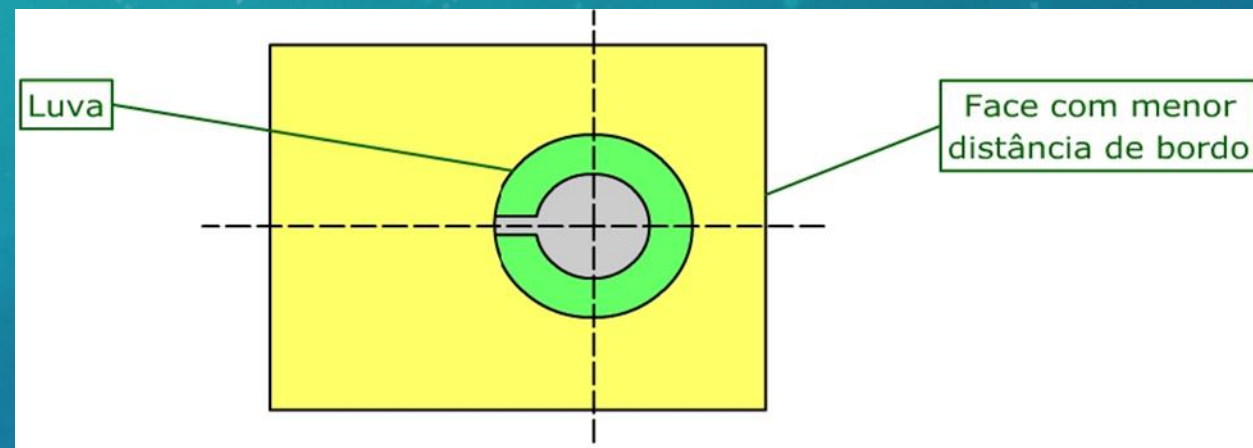
- Uma luva nunca poderá ser reutilizada pois sofre deformação permanente durante a expansão a frio. Se forem reutilizadas causarão sérios danos aos furos, por isso luvas já utilizadas devem ser isoladas das novas.
- A marca deixada pela fenda da luva na parede do furo após a expansão a frio não deverá ser motivo para rejeição. Essa marca poderá ser útil (para a Inspeção) quando a orientação da luva tiver sido especificada em desenho de engenharia como também, nos casos em que a distância de bordo do furo a ser expandido for inferior a 1,75 vezes o seu diâmetro.

NOTA: NESTE CASO, SE A EXPANSÃO DO FURO COM POUCA DISTÂNCIA DE BORDO JÁ TIVER SIDO PREVIAMENTE AUTORIZADA PELA ENGENHARIA, A FENDA DA LUVA DEVE SER ORIENTADA A 180 GRAUS COM RELAÇÃO À FACE COM MENOR DISTÂNCIA DE BORDO.



"CHECK LIST" DA PRODUÇÃO E INSPEÇÃO (cont.)

- Sempre no término de um lote de furos expandidos a frio, todas as ferramentas deverão ser cuidadosamente limpas e acondicionadas em caixa própria que assegure a preservação de seu bom estado de funcionamento prevenindo danos devido a choques e acúmulo de resíduos
- Todas as ferramentas necessárias à execução do processo de expansão a frio deverão estar relacionadas no roteiro de operações. Se o roteiro for omissivo, a Engenharia de Produção deverá providenciar o esclarecimento.
- Em nenhuma hipótese, sob a pena de ter todo o processo rejeitado, será aceito o uso de uma ferramenta alternativa sem que exista uma autorização prévia, por escrito, da Engenharia de Produção.





ROTEIRO DE OPERAÇÕES É MOTIVO PARA REJEIÇÃO DE UM ITEM

Quanto à sequência de produção, todos os furos iniciais (pré expansão a frio) poderão ser feitos e inspecionados conforme pratica usual, ou seja, inspeciona-se todos os furos de uma vez ao final da operação de alargamento.

Já no caso de um furo expandido a frio, a inspeção do seu diâmetro deverá ser feita de imediato, somente após a inspeção desse diâmetro (com gage combinado) é que um novo furo poderá ser expandido para, finalmente, após todos os furos terem sido expandidos e verificados, poder dar início ao seu alargamento final.

FUROS REJEITADOS EM QUALQUER FASE DO PROCESSO DEVEM SER IDENTIFICADOS POR MEIOS QUE PERMITAM UMA RÁPIDA VISUALIZAÇÃO

A presença de uma pequena área amassada ao redor da entrada e saída do furo (inclusive nas interfaces das peças de uma junta), que não foi eliminada pela passagem de alargador, pode não ser motivo de rejeição do furo final.

O furo final estará aprovado se o comprimento axial (profundidade) desse amassamento não for maior que 0.020" polegadas ou 10% da espessura da junta, o que for menor.



REQUISITOS DE QUALIFICAÇÃO DE PESSOAL

- A certificação de um funcionário, por meio deste curso, é evidenciada mediante documento formal (memorando), emitido às áreas usuárias por instrutores autorizados pela **FTI** ;
- A certificação dos funcionários neste processo que é classificado como especial conforme **PQ-1-0013** ("Controle de Processos Especiais na **EMPRESA AERONÁUTICA**"), se dará conforme os procedimentos estabelecidos na **PQ-1-0014** ("Certificação e Controle de Pessoal - Processos Especiais") e na **PR-2-0140** ("Certificação de Funcionários em Expansão a Frio de Furos com Sistema de Buchas Fendidas");
- **PQ 2-0131** – Qualificação de Processos Especiais de Fabricação;
- O pedido de certificação de um funcionário deve partir de seu superior Imediato.



I	II	III	IV	V
Reference Final Fastener	Final Hole Diameter +/- 0.005	Standard Tool Diameter Number (STDN)	Existing Fastener Diameter	Maximum Existing Hole Diameter
1/8	0.125	4-0-N	-	0.103
9/64	0.141	4-1-N	-	0.118
5/32	0.156	4-2-N	1/8	0.134
11/64	0.172	4-3-N	9/64	0.150
3/16	0.188	4-4-N	5/32	0.159
13/64	0.203	6-0-N	5/32	0.167
7/32	0.219	6-1-N	11/64	0.182
15/64	0.234	6-2-N	3/16	0.199
1/4	0.250	6-3-N	13/64	0.215
17/64	0.266	8-0-N	7/32	0.225
9/32	0.291	8-1-N	15/64	0.241
19/64	0.297	8-2-N	1/4	0.256
5/16	0.313	8-3-N	17/64	0.273
21/64	0.328	10-0-N	9/32	0.287
11/32	0.344	10-1-N	19/64	0.303
23/64	0.359	10-2-N	5/16	0.318
3/8	0.375	10-3-N	21/64	0.334
25/64	0.391	12-0-N	11/32	0.349
13/32	0.406	12-1-N	23/64	0.365
27/64	0.422	12-2-N	3/8	0.381
7/16	0.438	12-3-N	25/64	0.396
29/64	0.453	14-0-N	13/32	0.411
15/32	0.469	14-1-N	27/64	0.427
31/64	0.484	14-2-N	7/16	0.440
1/2	0.500	14-3-N	29/64	0.455
33/64	0.516	16-0-N	29/64	0.464
17/32	0.531	16-1-N	15/32	0.480
35/64	0.547	16-2-N	31/64	0.495

TABELA

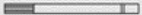
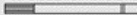
How to select a Standard Tool Diameter Number:

1. Determine the final fastener diameter (I), or the existing fastener diameter (IV).
2. Select the applicable size from the table below.
3. Move across to the Standard Tool Diameter Number (STDN) (III).
4. With STDN, go to table III - C to determine system of tooling.

Note: For Metric conversions refer to the appendix.



TABELA (cont.)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Hole Diameter Min - Max	Standard Tool Diameter Number (STDN)								
		Start Drill	Start Reamer	Combined Gage	Split Sleeve	Mandrel	Mandrel Gage	Nosecap Assembly	Finish Reamer
3.22 - 3.49	4-0-N	CBSD-4-U-N-I	CBSR-4-U-N-I	CBG-4-U-N-I	CBS-4-0-N-16F	CBM-4-0-N-1-30-V1	CBMG-4-0-N	CBCE-14A-0401F	CBR-4-0-N-1.****
3.61 - 3.92	4-1-N	CBSD-4-1-N-1	CBSR-4-1-N-1	CBG-4-1-N-1	CBS-4-1-N-16F	CBM-4-1-N-1-30-V1	CBMG-4-1-N	CBCE-14A-0401F	CBR-4-1-N-1.****
4.04 - 4.42	4-2-N	CBSD-4-2-N-1	CBSR-4-2-N-1	CBG-4-2-N-1	CBS-4-2-N-16F	CBM-4-2-N-1-30-V1	CBMG-4-2-N	CBCE-14A-0423F	CBR-4-2-N-1.****
4.45 - 4.81	4-3-N	CBSD-4-3-N-1	CBSR-4-3-N-1	CBG-4-3-N-1	CBS-4-3-N-16F	CBM-4-3-N-1-30-V1	CBMG-4-3-N	CBCE-14A-0423F	CBR-4-3-N-1.****
4.91 - 5.00	4-4-N	CBSD-4-4-N-1	CBSR-4-4-N-1	CBG-4-4-N-1	CBS-4-4-N-16F	CBM-4-4-N-1-30-V1	CBMG-4-4-N	CBCE-14A-0601F	CBR-4-4-N-1.****
4.91 - 5.23	6-0-N	CBSD-6-0-N-1	CBSR-6-0-N-1	CBG-6-0-N-1	CBS-6-0-N-16F	CBM-6-0-N-1-30-V1	CBMG-6-0-N	CBCE-14A-0601F	CBR-6-0-N-1.****
5.30 - 5.64	6-1-N	CBSD-6-1-N-1	CBSR-6-1-N-1	CBG-6-1-N-1	CBS-6-1-N-16F	CBM-6-1-N-1-30-V1	CBMG-6-1-N	CBCE-14A-0601F	CBR-6-1-N-1.****
5.75 - 6.25	6-2-N	CBSD-6-2-N-1	CBSR-6-2-N-1	CBG-6-2-N-1	CBS-6-2-N-16F	CBM-6-2-N-1-30-V1	CBMG-6-2-N	CBCE-14A-0623F	CBR-6-2-N-1.****
6.17 - 6.80	6-3-N	CBSD-6-3-N-1	CBSR-6-3-N-1	CBG-6-3-N-1	CBS-6-3-N-16F	CBM-6-3-N-1-40-V1	CBMG-6-3-N	CBCE-14A-0623F	CBR-6-3-N-1.****
6.43 - 7.19	8-0-N	CBSD-8-0-N-1	CBSR-8-0-N-1	CBG-8-0-N-1	CBS-8-0-N-16F	CBM-8-0-N-1-40-V1	CBMG-8-0-N	CBCE-14A-0801F	CBR-8-0-N-1.****
6.85 - 7.60	8-1-N	CBSD-8-1-N-1	CBSR-8-1-N-1	CBG-8-1-N-1	CBS-8-1-N-16F	CBM-8-1-N-1-40-V1	CBMG-8-1-N	CBCE-14A-0801F	CBR-8-1-N-1.****
7.25 - 7.99	8-2-N	CBSD-8-2-N-1	CBSR-8-2-N-1	CBG-8-2-N-1	CBS-8-2-N-16F	CBM-8-2-N-1-40-V1	CBMG-8-2-N	CBCE-14B-0823F	CBR-8-2-N-1.****
7.69 - 8.38	8-3-N	CBSD-8-3-N-1	CBSR-8-3-N-1	CBG-8-3-N-1	CBS-8-3-N-16F	CBM-8-3-N-1-40-V1	CBMG-8-3-N	CBCE-14B-0823F	CBR-8-3-N-1.****
8.05 - 8.79	10-0-N	CBSD-10-0-N-1	CBSR-10-0-N-1	CBG-10-0-N-1	CBS-10-0-N-16F	CBM-10-0-N-1-40-V1	CBMG-10-0-N	CBCE-14B-1001F	CBR-10-0-N-1.****
8.48 - 9.18	10-1-N	CBSD-10-1-N-1	CBSR-10-1-N-1	CBG-10-1-N-1	CBS-10-1-N-16F	CBM-10-1-N-1-40-V1	CBMG-10-1-N	CBCE-14B-1001F	CBR-10-1-N-1.****
8.87 - 9.58	10-2-N	CBSD-10-2-N-1	CBSR-10-2-N-1	CBG-10-2-N-1	CBS-10-2-N-16F	CBM-10-2-N-1-40-V1	CBMG-10-2-N	CBCE-14B-1023F	CBR-10-2-N-1.****
9.30 - 9.97	10-3-N	CBSD-10-3-N-1	CBSR-10-3-N-1	CBG-10-3-N-1	CBS-10-3-N-16F	CBM-10-3-N-1-40-V1	CBMG-10-3-N	CBCE-14B-1023F	CBR-10-3-N-1.****
9.69 - 10.36	12-0-N	CBSD-12-0-N-1	CBSR-12-0-N-1	CBG-12-0-N-1	CBS-12-0-N-16F	CBM-12-0-N-1-40-V1	CBMG-12-0-N	CBCE-14B-1201F	CBR-12-0-N-1.****
10.11 - 10.77	12-1-N	CBSD-12-1-N-1	CBSR-12-1-N-1	CBG-12-1-N-1	CBS-12-1-N-16F	CBM-12-1-N-1-40-V1	CBMG-12-1-N	CBCE-14B-1201F	CBR-12-1-N-1.****
10.53 - 11.16	12-2-N	CBSD-12-2-N-1	CBSR-12-2-N-1	CBG-12-2-N-1	CBS-12-2-N-16F	CBM-12-2-N-1-40-V1	CBMG-12-2-N	CBCE-14B-1223F	CBR-12-2-N-1.****
10.92 - 11.56	12-3-N	CBSD-12-3-N-1	CBSR-12-3-N-1	CBG-12-3-N-1	CBS-12-3-N-16F	CBM-12-3-N-1-40-V1	CBMG-12-3-N	CBCE-14C-1223F	CBR-12-3-N-1.****
11.31 - 11.96	14-0-N	CBSD-14-0-N-1	CBSR-14-0-N-1	CBG-14-0-N-1	CBS-14-0-N-16F	CBM-14-0-N-1-40-V1	CBMG-14-0-N	CBCE-14C-1401F	CBR-14-0-N-1.****
11.74 - 12.36	14-1-N	CBSD-14-1-N-1	CBSR-14-1-N-1	CBG-14-1-N-1	CBS-14-1-N-16F	CBM-14-1-N-1-40-V1	CBMG-14-1-N	CBCE-14C-1401F	CBR-14-1-N-1.****
12.08 - 12.75	14-2-N	CBSD-14-2-N-1	CBSR-14-2-N-1	CBG-14-2-N-1	CBS-14-2-N-16F	CBM-14-2-N-1-40-V1	CBMG-14-2-N	CBCE-14C-1423F	CBR-14-2-N-1.****
12.47 - 13.15	14-3-N	CBSD-14-3-N-1	CBSR-14-3-N-1	CBG-14-3-N-1	CBS-14-3-N-16F	CBM-14-3-N-1-40-V1	CBMG-14-3-N	CBCE-14C-1423F	CBR-14-3-N-1.****
12.71 - 13.54	16-0-N	CBSD-16-0-N-1	CBSR-16-0-N-1	CBG-16-0-N-1	CBS-16-0-N-16F	CBM-16-0-N-1-40-V1	CBMG-16-0-N	CBCE-14C-1601F	CBR-16-0-N-1.****
13.14 - 13.95	16-1-N	CBSD-16-1-N-1	CBSR-16-1-N-1	CBG-16-1-N-1	CBS-16-1-N-16F	CBM-16-1-N-1-40-V1	CBMG-16-1-N	CBCE-14C-1601F	CBR-16-1-N-1.****
13.53 - 14.34	16-2-N	CBSD-16-2-N-1	CBSR-16-2-N-1	CBG-16-2-N-1	CBS-16-2-N-16F	CBM-16-2-N-1-40-V1	CBMG-16-2-N	CBCE-14C-1623F	CBR-16-2-N-1.****



INSTITUTO DO EMPREGO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL, IP
CENTRO DE EMPREGO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL DE ÉVORA

BIBLIOGRAFIA

Norma Douglas Process Standard.

DPS 3.67-74 - "Split sleeve cold working - holes and countersinks".

(Aplicável somente ao Programa MD-11),

Catálogo **FTI**.

Apostila **FTI**. - "Split sleeve cold expansion training course".



INSTITUTO DO EMPREGO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL, IP
CENTRO DE EMPREGO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL DE ÉVORA

FIM



GOVERNAMENTO DA REPÚBLICA
MINISTÉRIO DO TRABALHO E SEGURANÇA SOCIAL

