

PROJETO DE UM RECIPIENTE COMPOSTO DE MULTIELEMENTOS PARA EXTRUSÃO A QUENTE ¹

Guerold S. Bobrovnitchii ²
Apóstolos J. Sideris Júnior ³
Alan M. Ramalho ⁴

Resumo

Para a extrusão de tubos, barras e perfis variados de diferentes metais são utilizadas ferramentas compostas de matriz, recipiente (container) e pistão, sendo o container sua parte mais importante. Em processos sob elevadas pressões, são utilizadas construções compostas de multielementos, ou seja, mais de uma bucha, as quais são montadas (encaixadas) sob um elevado aperto. Durante as operações de extrusão, é inevitável o desgaste da bucha interna do recipiente, sendo necessária sua substituição por eletro-erosão ou usinagem. Entretanto, estes processos de substituição duram muito tempo, além de exigirem a remoção do recipiente da prensa. Com o objetivo de otimizar a substituição do elemento desgastado, o presente trabalho propõe uma nova construção de recipiente, a qual é constituída de um segundo anel seccionado. Este modelo foi testado numa prensa de 315 ton sob pressões de até 500 MPa. O tempo para a substituição da bucha interna não superou 1,5 horas.

Palavras chave: Extrusão; Alta pressão; Multi-elementos.

¹ Trabalho apresentado no 4º Encontro da Cadeia de Ferramentas, Moldes e Matrizes, 2 a 5 de maio de 2006, Joinville, SC.

² Prof. Titular do Setor de Materiais Superduros, do Laboratório de Materiais Avançados, da Universidade Estadual do Norte Fluminense.

³ Mestrando em Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Laboratório de Materiais Avançados, Universidade Estadual do Norte Fluminense.

⁴ Doutor em Engenharia de Ciências dos Materiais pelo Setor de Materiais Superduros, Laboratório de Materiais Avançados, Universidade Estadual do Norte Fluminense.

INTRODUÇÃO

O processo de extrusão a quente, principalmente de ligas de alumínio e outros metais não ferrosos, é realizado em dispositivos especiais instalados em prensas hidráulicas.⁽¹⁾

Este dispositivo é composto, em geral, por matriz, pistão e um recipiente (container) capaz de suportar a pressão e temperatura de extrusão. Este último constitui a parte de maior importância do dispositivo, além de ser também a mais carregada. O risco de fratura está ligado à presença de altas tensões tangenciais que atuam na superfície interna do recipiente. Para reduzir os valores dessas tensões, os containeres são construídos a partir de multielementos (buchas), encaixados sob pressão considerando a diferença de diâmetros interno da bucha externa e externo da bucha interna.⁽²⁾ Este tipo de construção garante realizar operações com pressões acima de 500 MPa. O método permite a geração de tensões que criam altas pressões de contato (entre buchas) dificultando a desmontagem acidental do recipiente no caso de quebra de alguma bucha ou desgaste do elemento interno.

Na indústria costuma-se trocar a bucha interna por usinagem total devido a sua alta dureza, sendo este processo muito lento. Entretanto, o mesmo elemento pode ser retirado por outro método, o qual utiliza uma prensa hidráulica de potência maior do que a utilizada na extrusão.

O presente trabalho apresenta uma nova construção para o recipiente composto de multielementos, com o objetivo de otimizar o processo de substituição da bucha interna. Este novo recipiente é constituído de um segundo anel segmentado.

Descrição das Condições Específicas do Estado de Tensão da Nova Construção do Recipiente

Bobrovnitchii, Ramalho e Monteiro⁽³⁾ apresentam uma solução para o problema de substituição da bucha interna utilizando um segundo anel seccionado. Por causa da espessura fina da primeira bucha, é impossível instalá-la por pressão axial. A solução técnica inclui a prensagem simultânea das duas buchas (interna e segunda), sendo que a superfície externa da segunda bucha deve possuir forma cônica. O encaixe dos dois elementos é realizado em corpos fabricados de “n” buchas através de um enrolamento por fita de alta resistência.⁽⁴⁾

O presente estudo propõe o encaixamento de duas buchas para a construção de um recipiente composto de dois elementos, ou seja, $n=2$. Para um corpo composto de um maior número de elementos ($n>2$), utilizando fitas finas de alta resistência na montagem, podem ser utilizadas as soluções já conhecidas e publicadas. A nomenclatura utilizada é apresentada na tabela 1.

Tabela 1. Nomenclatura dos termos consideradas no processo.

Termo (grandeza)	Descrição
p_1	pressão de trabalho
p_{im}	pressão de contato entre “i” e “i + 1” bucha de montagem
p_{itr}	pressão de trabalho na bucha “i”
p_i	somatório das pressões correspondentes
σ_{ti}^m	tensão tangencial na superfície interna da “i” bucha de montagem
σ_{ti}^{tr}	tensão tangencial de trabalho da bucha “i”
σ_{ti}	somatório das tensões tangenciais correspondentes
σ_{ri}^m	tensão radial na superfície interna da bucha “i”
σ_{ri}^{tr}	tensão radial de trabalho da bucha “i”
σ_{ri}	somatório das tensões radiais correspondentes
ρ_i	raio interno da bucha “i”
f	coeficiente de atrito entre as peças
k_i	coeficiente de espessura da bucha “i”, partindo de dentro $k_i = \frac{k_i}{k_i + 1}$
E_i e μ_i	características elásticas da bucha “i”
$[\sigma]_i$ e $[\sigma_c]_i$	tensões admissíveis de tração e compressão da bucha “i”, respectivamente
t	distância (fenda) entre os setores
H	altura do recipiente
$k = \frac{\rho_3}{\rho_5}$	coeficiente de espessura do corpo
m	número de setores

Do ponto de vista econômico, a bucha interna deve possuir uma espessura tão fina quanto possível, portanto ela não apresenta uma boa resistência ao encaixamento por aperto, podendo perder sua estabilidade. Este problema poderá ser resolvido se a segunda bucha for fabricada seccionada (cortada) e sua montagem realizada simultaneamente com o primeiro elemento.

Para a geração de pressões de contato necessárias na superfície interna do recipiente e externa da segunda bucha, os elementos são fabricados em formas cônicas, com ângulo de inclinação menor do que o ângulo de atrito entre os aços (Figura 1).

A força da prensa para o encaixe de duas buchas com aperto do núcleo, pode ser calculada pela seguinte relação:

$$F \geq 2\pi\rho_3 \times H \times f \times \rho_{2m} \times k_1 \quad (1)$$

O valor da pressão p_{3m} que atua na superfície externa do núcleo e na superfície interna do recipiente, depende de dimensões com raios ρ_1 , ρ_2 , ρ_3 e tensões admissíveis para as buchas 1 e 2: $[\sigma]_{t1}$ e $[\sigma]_{t2}$.

Considerando a divisão em setores da bucha 2, a pressão poderá ser obtida por:

$$p_{3m} = p_{2m} \frac{\rho_2}{\rho_3} = p_{2m} \times k_1 \quad (2)$$

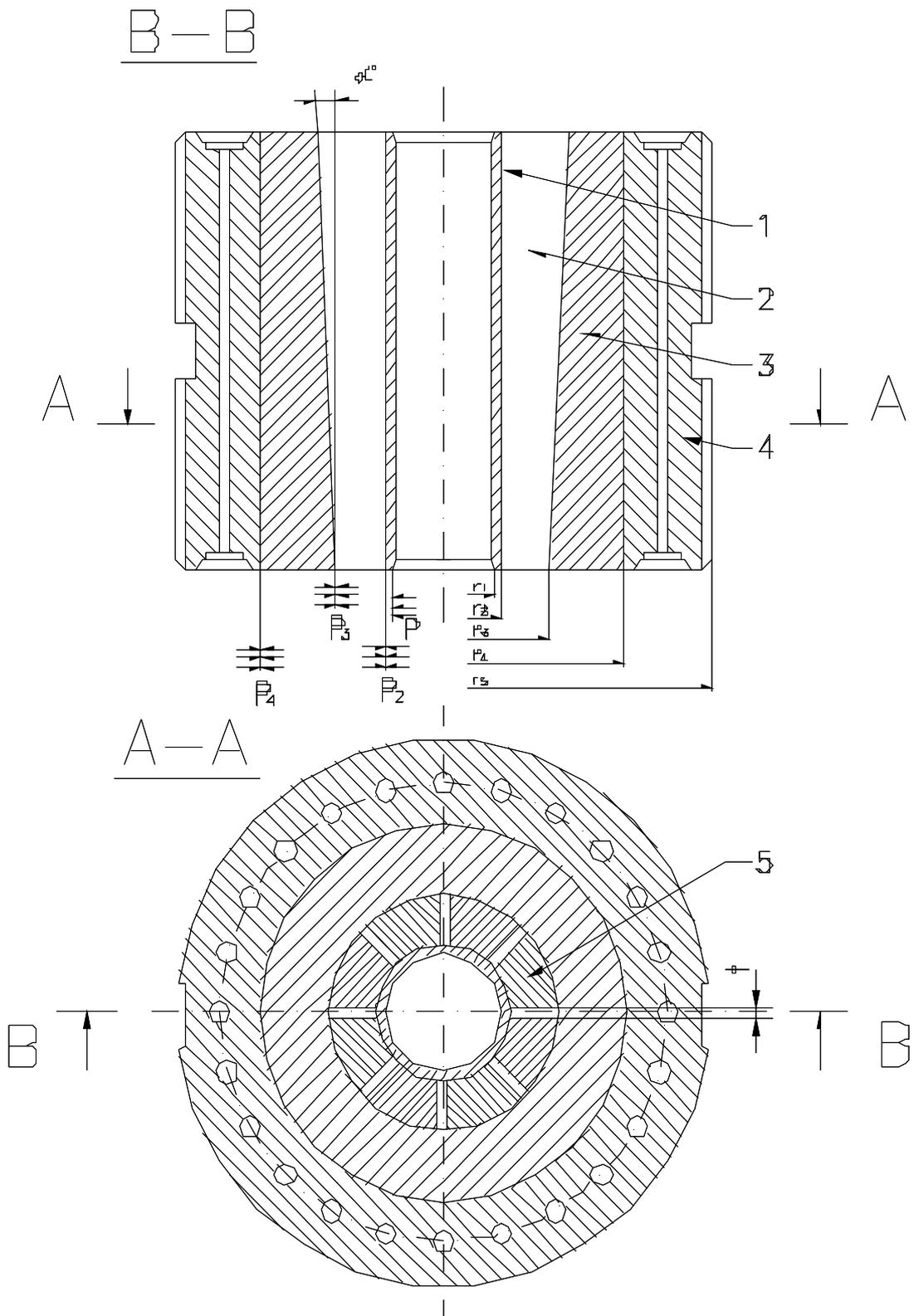


Figura 1. Recipiente composto para extrusão: 1- Bucha interna; 2 – Bucha cortada; 3 e 4 – Anéis do corpo e 5 – Setor.

O valor da tensão tangencial de compressão gerada na superfície interna da bucha 1, não poderá ultrapassar o valor admissível de compressão $[\sigma_c]$. A pressão de encaixe com aperto, p_{2m} é calculada por meio de Lamé: ⁽⁴⁾

$$p_{2m} = \frac{[\sigma_c] \times (1 - k_1^2)}{2} \quad (3)$$

Por meio das equações (1), (2) e (3), poderão ser calculados os raios ρ_2 e ρ_3 :

$$\rho_2 = \frac{F}{[\sigma] \times t \times H \times f \times (1 - k_1^2)} \quad (4)$$

$$\rho_2 = \rho_1 \sqrt{\frac{[\sigma_c]}{[\sigma_c] - 2p_{2m}}} \quad (5)$$

$$\rho_3 = \frac{[\sigma] \times (1 - k_1^2)}{2p_{3m}} \times \rho_2 \quad (6)$$

Estas equações permitem determinar a força necessária para a montagem e desmontagem do núcleo do recipiente, utilizando os valores das dimensões e tensões admissíveis.

O presente projeto propõe uma escolha bastante criteriosa das dimensões das buchas bem como das tensões de aperto. O objetivo é permitir que a primeira bucha esteja sob a região de compressão durante a operação, possibilitando a realização das etapas de desmontagem e encaixe do novo elemento utilizando a mesma prensa.

Tais recomendações podem ser executadas se as pressões de contato entre as buchas obedecerem as seguintes relações:

a) Somatórios de aperto e pressão de trabalho:

$$p_2 = p_1 \frac{1 + k_1^2}{2} \quad (7)$$

$$p_3 = p_2 k_2 \quad (8)$$

$$p_4 = \frac{p_3}{B_4} - p_1 \frac{E_3}{E_1} \times \frac{1 - k_3^2}{1 - k_1^2} \times k_2 \times k_1^2 \quad (9)$$

Onde:

$$B_4 = \frac{2}{(1 - \mu_3)k_3^2 + (1 + \mu_3) + (1 - k_3^2)} \times \left[\frac{E_2}{E_1} \times \frac{(1 - \mu_1) + (1 + \mu_1)k_1^2}{1 - k_1^2} - \frac{E_3}{E_2} \times \ln k_2 \right] \quad (10)$$

b) Pressão de trabalho:

$$p_{2tr} = p_1 \times B_1 \quad (11)$$

$$p_{3tr} = p_2 \times k_2 \quad (12)$$

$$p_{4tr} = p_{3tr} \times B_3 \quad (13)$$

Onde:

$$B_1 = \frac{2k_1^2}{(1-\mu_1) + (1+\mu_1)k_1^2 + (1-k_1^2) \left[\frac{E_1}{E_3} \times \frac{(1-\mu_3)k_3^2 + 1 + \mu_3 - 2B_3}{1-k_3^2} + \frac{E_1}{E_2} \times \ln k_2 \right]} \quad (14)$$

$$B_3 = \frac{2k_2^2}{(1-\mu_3) + (1+\mu_3)k_3^2 + \frac{E_3}{E_4} \times [(1-\mu_4)k_4^2 + (1+\mu_4)]} \quad (15)$$

c) Pressões de contato entre as buchas sob aperto (montagem):

$$p_{im} = p_i - p_{itr} \quad (16)$$

De posse dos valores das pressões obtidas através das relações (7), (8), (9), (11), (12), (13) e (16), fica fácil determinar as tensões tangenciais provocadas pela montagem σ_{ti}^m , as tensões tangenciais de trabalho σ_{ti}^{tr} , os somatórios σ_{ti} e também as tensões radiais. Todos esses cálculos são baseados nas fórmulas de Lamé para cilindros de parede grossa.

Na construção proposta do recipiente, as fendas entre os setores da segunda bucha do núcleo não podem ser fechadas durante a montagem sob aperto. Para isto é necessário cumprir a seguinte condição: ⁽⁵⁾

$$t \geq \frac{2t_i}{m} \times \frac{p_{2m}}{E_2} \times \rho_2 \times \left[\frac{E_2}{E_1} \times \frac{(1-\mu_1) + (1+\mu_1)k_1^2}{1-k_1^2} + \mu_2 + \ln \frac{\rho_3}{\rho_2} \right] \quad (17)$$

Comentários Práticos

Um recipiente de diâmetro interno 60 mm e altura 200 mm composto de quatro buchas, foi fabricado e testado na extrusão de ligas de alumínio com adição de silício (Si) utilizando uma prensa de 315 ton. A pressão máxima de extrusão foi de 780 MPa. Após 300 operações foi detectado um desgaste na bucha interna, sendo a mesma retirada em conjunto com o anel seccionado. A força aplicada na desmontagem não superou 112 ton. Foram observadas deformações sob flexão em setores da segunda bucha num intervalo entre 0,06 a 0,09 mm.

Na nova montagem foi utilizada uma força de 280 ton (prensa), 16 % maior do que a calculada. Foi identificada uma certa dificuldade com a centralização dos setores entre si.

A operação de montagem e desmontagem do novo elemento durou uma hora e trinta e dois minutos.

Comparando o método proposto com a retirada da bucha interna por eletro-erosão, pode ser afirmado que a nova construção do recipiente apresenta vantagens econômicas, pois o tempo de substituição por eletro-erosão é de vinte e sete horas.

CONCLUSÃO

Foi elaborada e testada uma nova construção de um recipiente pré-tensionado composto de quatro elementos (buchas), para pressões de extrusão acima de 500 MPa. A tecnologia de montagem permite facilitar significativamente a determinação do valor de aperto durante a montagem do núcleo no corpo, e a troca rápida da bucha desgastada.

REFERÊNCIAS

- 1 DIETER, E. G. **Metalurgia mecânica**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois. 1981. p. 544-558.
- 2 SPAIN. I. L.; PAAUWE J. **High pressure technology**, v.1. 1978.
- 3 BOBROVNITCHII, G. S.; RAMALHO, A. M.; MONTEIRO S. N. Particularidades de recipientes compostos seccionados e inteiriços usados para geração de alta pressão. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA METALÚRGICA E DE MATERIAIS, 2., 1997, São Paulo. [S.n.t.]. v.1
- 4 TIMOSHENKO, S. P. **Resistência dos materiais**. 3 ed. Rio de Janeiro : Ao livro Técnico, 1976. p. 650.
- 5 BOBROVNITCHII, G. S.; RAMALHO, A. M.; MONTEIRO, S. N. **Dispositivo para tratamento dos materiais por alta pressão**. Depósito da patente, INPI, RJ, PI 0207938, 2002.

PROJECT OF A MULTIELEMENTS CONTAINER FOR HOT EXTRUSION ¹

Guerold S. Bobrovnitchii ²
Apóstolos J. Sideris Júnior ³
Alan M. Ramalho ⁴

Abstract

For the extrusion pipes, metallic bars and profiles are used composed tools of matrix, container and piston, having been the container its more important part. For the execution of processes under high pressures, are used composed constructions of multielements, in other words, more than a ring, which are mounted under high squeeze. During the operations, the consuming of the internal ring container is inevitable, being necessary its substitution for electro-erosion or manufacturing. However, these processes of substitution spend a long time, besides demanding the removal of the container from the press. To optimize the substitution of the consumed element, the present work considers a new construction of container, which is constituted of a second parted ring. This model was tested in a 315 ton press under pressures up to 500 MPa. The time for the substitution of the internal ring did not surpass 1,5 hours.

Key words: Estrusion; High pressure; Multielements.

¹ *Paper presented at 4 th. TOOLS, MOLDS AND DIES PRODUCING CHAIN CONFERENCE, held in Joinville, MAI/2006.*

² *Prof. Titular of Superhard Materials, Laboratory of Advanced Materials, North Fluminense Staten University.*

³ *Undergraduate Engineering student of Materials at Sector Superhard Materials, Laboratory of Advanced Materials, North Fluminense Staten University.*

⁴ *Doctor Science in Engineering of Materials at Sector Superhard Materials, Laboratory of Advanced Materials, North Fluminense Staten University.*