

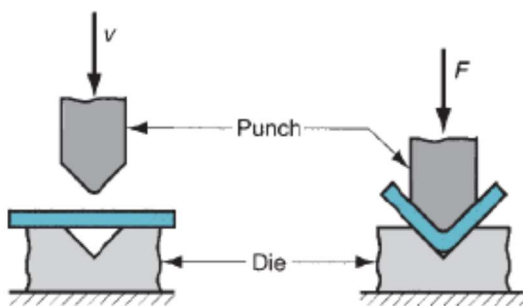
# OUTROS PROCESSOS DE CONFORMAÇÃO MECÂNICA DOS METAIS

Metalurgista Industrial

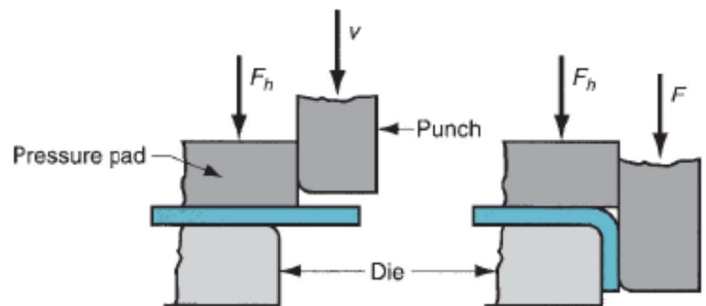
janeiro 2020

[www.metalurgistaindustrial.com.br](http://www.metalurgistaindustrial.com.br)

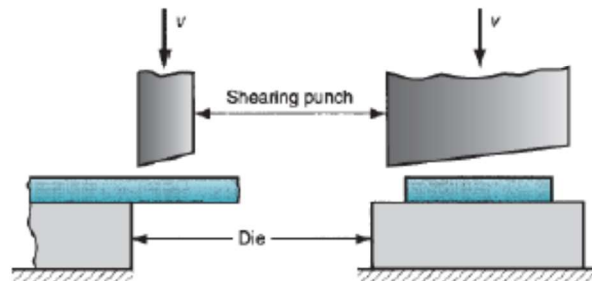
Os processos de conformação mecânica dos metais genericamente denominados *sheet forming* envolvem transformações plásticas de folhas metálicas como as operações de corte (*cutting*), dobramento (*bending*), rebordamento ou agrafamento (*hemming*), flangeamento (*flanging*), enrolamento (*curling*), estiramento (*stretching*), estampagem rasa (*shallow*)/estampagem profunda ou embutimento (*stamping/deep drawing*) e outros em prosseguimento ilustrados:



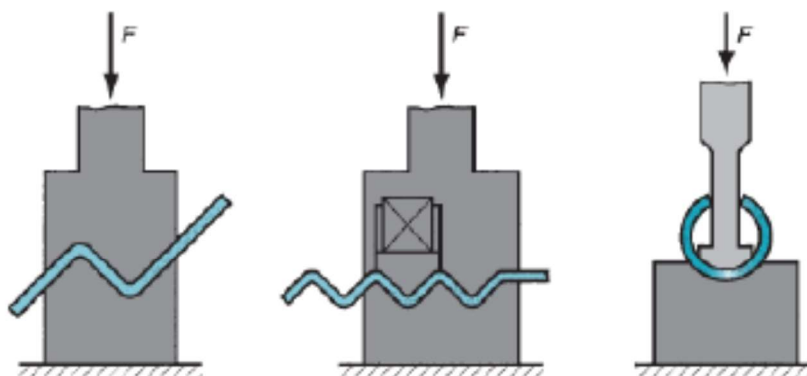
V-bending



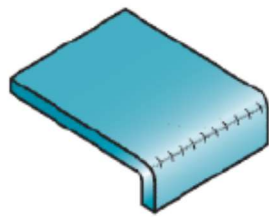
Edge bending



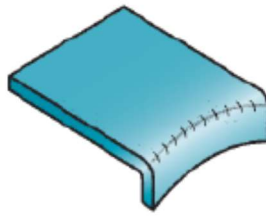
shearing



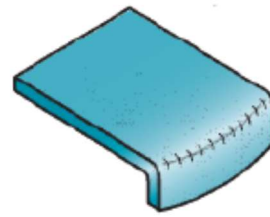
Other bending operations



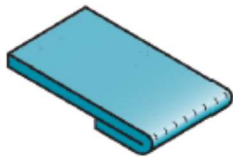
Straight flanging



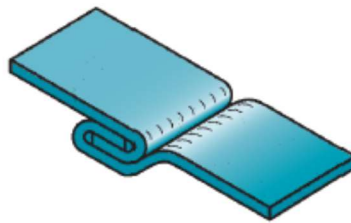
stretch flanging



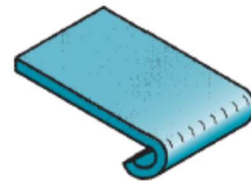
shrink flanging



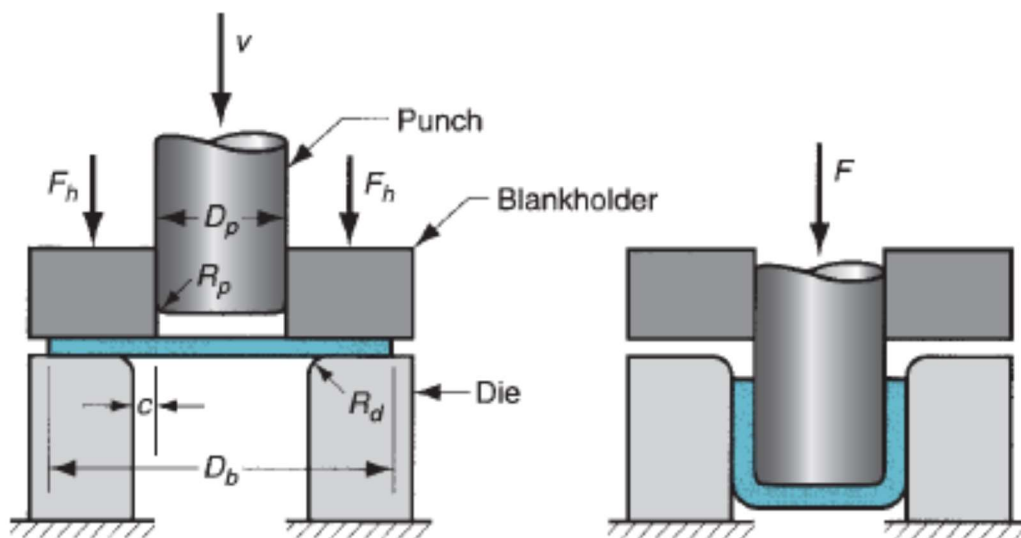
Hemming



seaming



curling



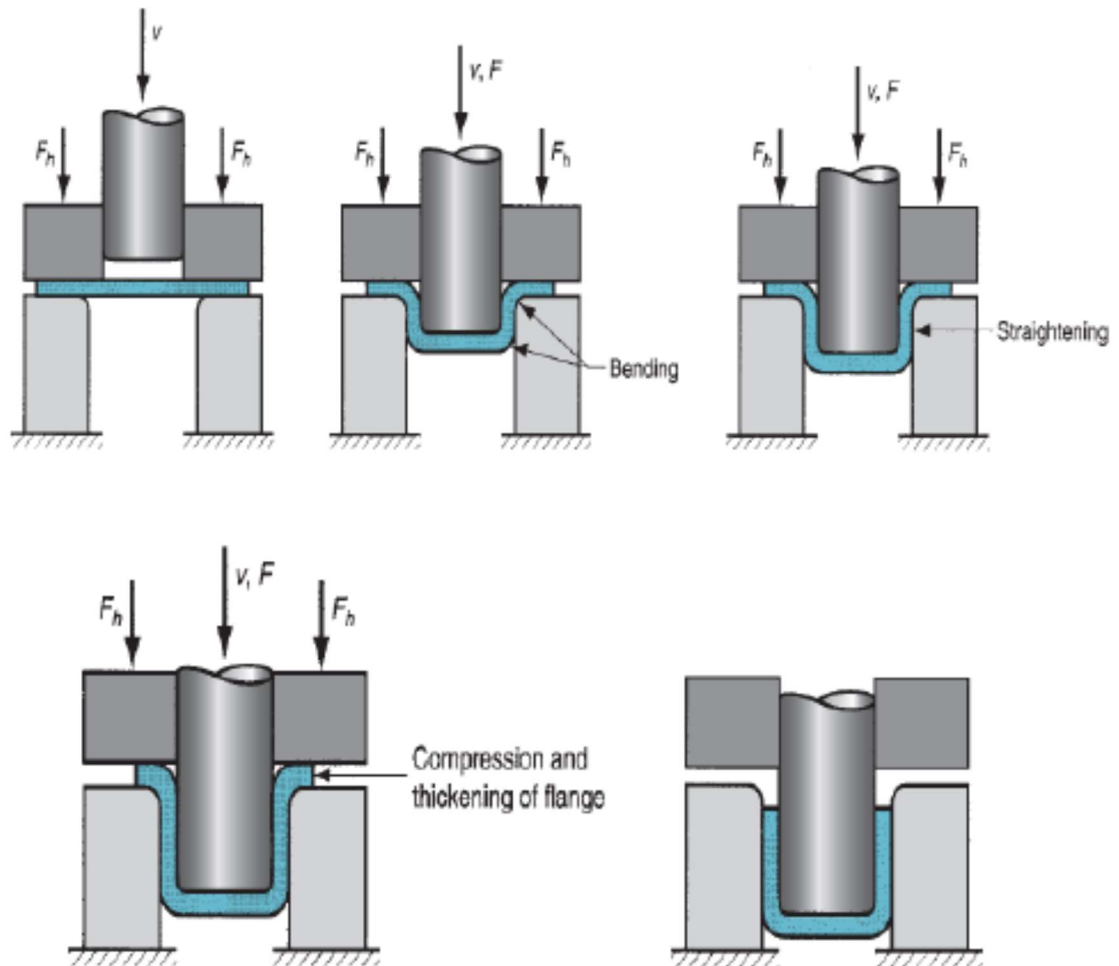
## Estampagem

O processo de fabricação de peças em operação de prensagem de chapas ou fitas de ligas metálicas é denominado estampagem. A distinção entre estampagem rasa e profunda é arbitrária. A estampagem rasa geralmente se refere à conformação de um copo com profundidade menor do que a metade do seu diâmetro com pequena redução de parede. O processo de estampagem demanda lubrificação adequada.

A deformação do metal na estampagem é usualmente feita a frio. Em ligas de elevada dureza ou com espessuras que as inabilitem para uma operação a frio, a estampagem é realizada a quente (*hot stamping*). Esse, por exemplo, é o caso dos aços denominados avançados de alta resistência (*Advanced High-Strength Steels – AHSS*) empregados em componentes estruturais na indústria automobilística que são conformados a quente reunindo conformação/têmpera em uma só operação.

A estampagem compreende as operações básicas de corte, dobramento e embutimento ou repuxo.

Os estágios envolvidos na operação de estampagem profunda são indicados a seguir, compreendendo dobramento (*bending*), endireitamento (*straightening*), compressão e formação de copo, daí a denominação alternativa *cup drawing*. O espessamento (*thickening*) do flange deve-se à preservação do princípio do volume constante.



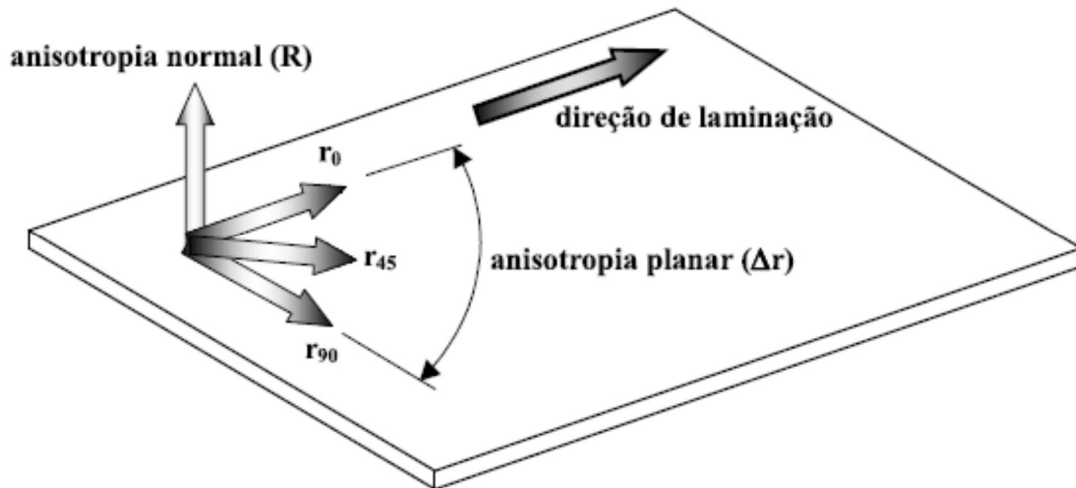
### Estampabilidade e anisotropia plástica

A Resenha Técnica sobre Eng. de Metais Anisotropia em Metais aborda o fenômeno de anisotropia, que remete à estampabilidade, ou seja, a capacidade de uma chapa/folha metálica adquirir a forma de uma matriz no processo de estampagem sem se romper ou apresentar qualquer outro tipo de defeito de superfície ou forma. A Resenha de Casos Especificação de Aço para Estampagem Profunda oferece um exemplo de um aço de elevada estampabilidade (*extra deep drawing*).

Um modo útil de quantificar a anisotropia é por meio do coeficiente de anisotropia  $r$  ou de Lankford que é a razão entre a deformação verdadeira na largura  $\epsilon_w$  e na espessura  $\epsilon_t$ . Quanto maior o valor de  $R$ , maior a resistência ao afinamento.

$$r = \epsilon_w / \epsilon_t$$

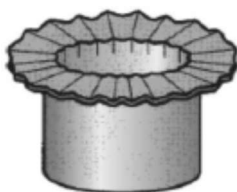
Geralmente são definidos o coeficiente de anisotropia normal e planar, este indicando a diferença de comportamento mecânico no plano da chapa.



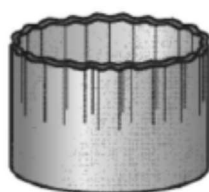
### Defeitos na estampagem profunda

Ao longo dessa série de Resenhas Técnicas dedicadas aos processos de conformação mecânica dos metais que ora se encerra, muito foi mencionado sobre defeitos em produtos conformados. Cabe entretanto dizer que defeitos devem ser como tal considerados quando impedem a aplicação dos produtos à finalidade a que se destinam. Caso contrário, melhor denominá-los imperfeições.

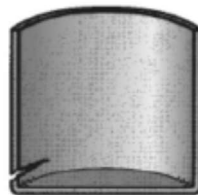
De qualquer modo, os defeitos episódicos na operação de estampagem profunda são os mostrados a seguir:



**wrinkling in flange and cup wall**



**tearing**



**earing**



**surface scratches**

Rugosidade (*wrinkling*), no flange ou parede do copo, que se parece como ondulações.

Rasgamento (*tearing*), que consiste em uma trinca próxima à base no copo devida às altas tensões desenvolvidas no afinamento do metal.

Formação de orelhas (*earing*), resultantes de anisotropia planar.

Arranhões superficiais, provocadas por rugosidades no punção e matrizes e lubrificação insuficiente.