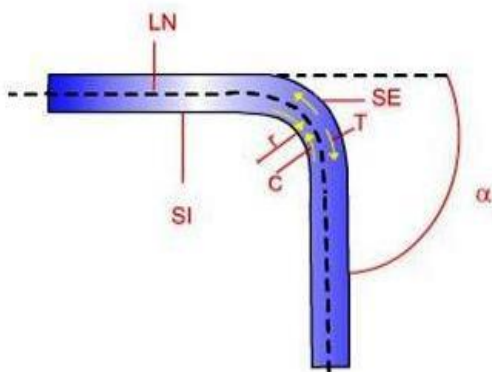


PERCENTUAL DA LINHA NEUTRA.

A elaboração deste material tem como principal objetivo, sanar algumas dificuldades e/ou dúvidas do setor metalúrgico e de caldeiraria, no que diz respeito à conformação de materiais por meio de dobramento ou calandragem utilizando-se do PLN (Percentual da Linha Neutra).

Existe uma região da peça a ser dobrada onde não ocorre deformação nem por tração nem por compressão, é onde se localiza o que chamamos de linha neutra que é utilizada para os cálculos nas operações de dobramento e calandragem.

As tensões a que está sujeito um material na região da dobra são decrescentes a partir das faces externas em direção ao núcleo da peça, crescentes a partir das faces internas em direção à face externa, como as mesmas são de sentido inverso há uma linha onde essas tensões se anulam. Sendo assim, a linha neutra da região de dobra não sofre alterações de comprimento com o dobramento, o que não acontece nas partes que estão sendo tracionadas ou comprimidas, que podem aumentar ou diminuir seu comprimento.



LN: Linha neutra

SI: Superfície interna

SE: Superfície externa

r: raio de concordância

C: força de compressão

T: força de tração.

No fenômeno da dobra, o PLN depende de vários fatores. Dentre os quais: as características do material (dureza), a ferramenta utilizada (levando em consideração o desgaste) e a razão r/e (raio dividido pela espessura) pertinente a geometria da dobra.

Processo de Calandragem:

Durante o processo de calandragem geralmente o PLN é de 50%. Isto se justifica através da relação r/e que durante este processo é sempre muito grande, pois as dobras são mais suaves quando o raio é consideravelmente maior que a espessura.



Para fabricação de peças de grande espessura pode haver deformação adicional fazendo com que o PLN

seja um pouco menor que 50% esse valor deve ser obtido através de um método experimental ou seguindo experiência da própria empresa. Isto é muito comum em vasos de pressão de grande espessura por ex.: 75 mm, 80 mm, 90 mm, 100 mm...

Processo de Dobramento:

No dobramento a situação é diferente e se torna mais complexa, pois normalmente o PLN calculado é menor que 50% e faz-se necessário levar em conta além da relação r/e , as características do material e também as condições das ferramentas.



Mas então, como determinar o PLN no dobramento?

Existem métodos específicos para determinar o Percentual da Linha Neutra no dobramento:

- Pelos métodos clássicos da literatura;
- Através do método experimental.

Um dos métodos clássicos é apresentado por Mario Rossi no livro "Stampaggio a Fredo Delle Lamiere" onde o autor utiliza a razão entre o raio interno da dobra (r_i) e a espessura (e) para determinar o PLN:

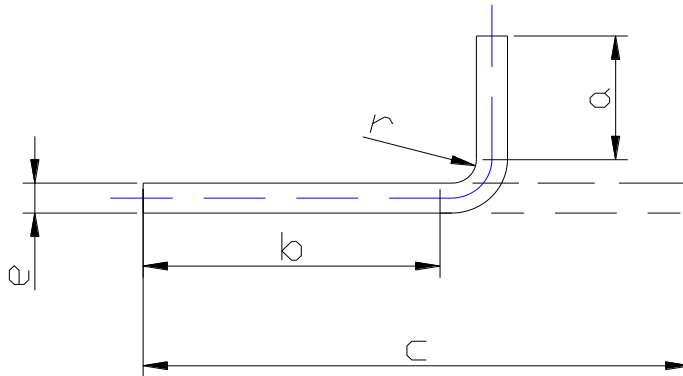
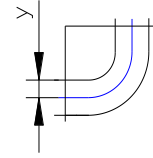
$\frac{r_i}{e}$	PLN
0,2	34,7%
0,5	38,7%
1,0	42,1%
2,0	45,1%
3,0	46,5%
4,0	47,0%
5,0	47,8%
10,0	48,7%
>10,0	aprox. 50,0%

Observe que para as relações pequenas de r_i/e , ou seja, dobras agudas e extremamente forçadas o PLN é menor (grandes deformações). Pode também ser notado que na proporção em que o raio aumenta em relação à espessura, as dobras se tornam mais suaves e o PLN se aproxima de 50%.

Método experimental:

Por sua vez, o método experimental não é muito prático no dia-a-dia, porém é mais seguro, pois leva em consideração a característica do material (dureza) e a condição das ferramentas (desgaste). O método experimental consiste em dobrar um pequeno pedaço de material de comprimento c (na espessura, raio e ferramenta que serão utilizados) e fazer um cálculo inverso a fim de determinar a posição da linha neutra (y) em relação à espessura. A fórmula geral para determinar a distância y (distância entre o raio interno e a linha neutra), é:

$$y = \frac{c - b - a}{\pi} - r$$



Em um exemplo experimental vamos determinar o PLN:

Ex.: Uma chapa de teste cortada com um comprimento $c = 76,2$ mm, que possui uma espessura $e = 3,2$ mm, foi dobrada com uma ferramenta de raio $r = 15,05$ mm. De forma aleatória ao ser dobrada a chapa gerou dois segmentos de reta com medidas $a = 19$ mm e $b = 31,7$ mm:

Aplicando a fórmula e substituindo os valores têm-se:

$$y = \frac{c - b - a}{\pi} - r \quad y = \frac{76,2 - 19 - 31,75}{3,14} - 15,05$$

$$y = 16,21 - 15,05 = 1,16$$

Através da razão entre a distância y e a espessura e , tem-se:

$$\frac{y}{e} = \frac{1,16}{3,2} \quad \text{PLN} = 0,362$$

Multiplicando o resultado obtém-se o valor de 36,2%.