

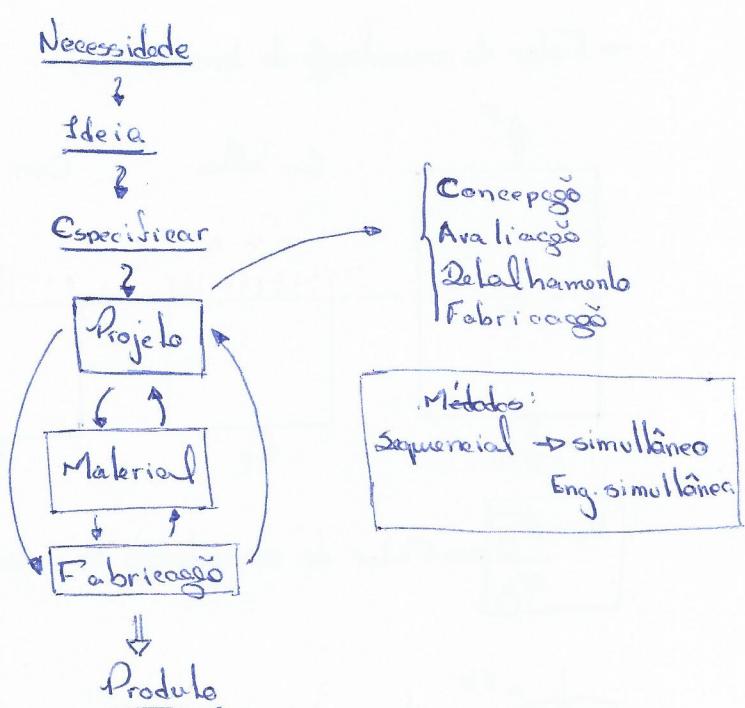
Introdução à Manufatura

Aula 1:

→ Técnicas / Processos de Fabricação :

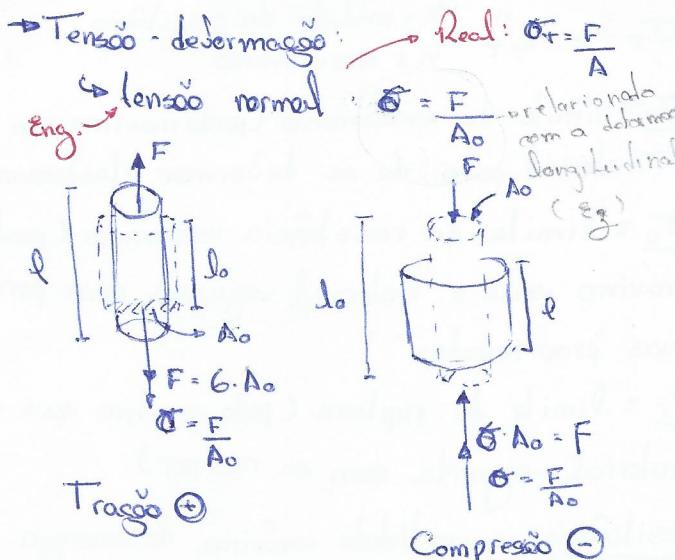
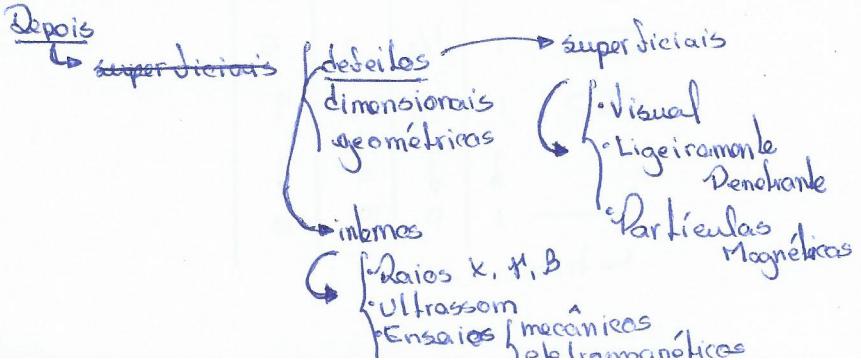
1. Fundição
2. Metalurgia do só
3. Conformação: laminacão, forjamento, estriamento, extrusão, estampagem, dobramento, corte (não deixa resíduo).
4. Usinagem (deixa resíduo): torneamento, fresaamento, furado, farragamento, aplanaamento, refilhamento, serramento, electroerosão.
5. Soldagem
6. Tratamento térmico
7. Tratamento superficial

Aula 2:



→ Controle de qualidade:

Anos } pensar no antes e durante diminui os custos
Durante }
Depois }



→ deformação normal:

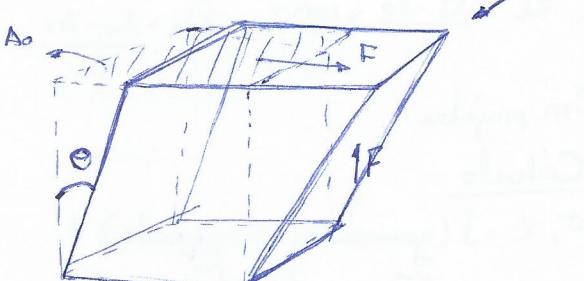
Eng. $\epsilon = \frac{l - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0}$ (.)

Real: $\epsilon_r = \sum \frac{\Delta l_i}{l_i} = \int \frac{dl}{l} = \ln \left(\frac{l}{l_0} \right)$

→ Tensão e deformação de cisalhamento

$\tau = \frac{F}{A_0}$

$\delta = \lg \Theta$



→ Coeficiente de Poisson:

$$\nu = -\frac{\epsilon_x}{\epsilon_z} = -\frac{\epsilon_y}{\epsilon_z} \quad (\text{mais eficiente})$$

que admite o volume constante



$E = \text{módulo de elasticidade}$

$$\sigma = E \cdot \epsilon \rightarrow E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

$$\sigma_T = k \cdot \epsilon^n$$

k = módulo de resistência
 n = encruamento

σ_e = limite de escoramento (ponto máximo em que o material para de se deformar elásticamente)

σ_u = limite de resistência mecânica (ponto máximo que o material suporta sem perder suas "propriedades")

σ_r = limite de ruptura (ponto máximo que o material suporta sem se romper)

resiliência: quantidade máxima de energia que o material consegue absorver durante a deformação elástica. (Área A): $R = \int_0^{\epsilon_e} \sigma_e d\epsilon \rightarrow E = V/2$

atenacidade: quantidade máxima de energia absorvida pelo material durante a deformação. (Área: A + B): $T = \int_0^{\epsilon_e} \sigma d\epsilon \leftarrow \begin{matrix} \text{volume} \\ \hookrightarrow E = V \cdot T \\ \text{energia associada} \end{matrix}$

dutilidade:

$$\delta = \frac{l_s - l_0}{l_0} \times 100\% \quad \delta_n = \frac{A_0 - A_f}{A_0} \times 100\%$$

Em projetos:

Cálculo:

$$\sigma, \epsilon = f(\text{geometria, carregamento})$$

Ensaios (tabelas)
 $\sigma, \epsilon = f(\text{prop. material})$

Critério de falha:

$$\underbrace{\sigma, \epsilon = f(\text{geometria, carregamento})}_{\text{Cálculo}} \geq \underbrace{\sigma, \epsilon = f(\text{material})}_{\text{Tabela}}$$

Aula 3:

→ Fluência: a deformação ^{não} passa a ser ^{mais} constante com o tempo.

$$\dot{\epsilon} = \frac{d\epsilon}{dt} \rightarrow 0 \rightarrow T \uparrow \rightarrow E \uparrow \sigma_e \uparrow \dot{\epsilon} \uparrow$$

Nos metais: $T > \frac{1}{3} T_{susco}$

No projeto: $\dot{\epsilon}(\text{cálculo}) < \dot{\epsilon}(\text{propriedades})$

Falha + Ruptura → o material acaba por romper quando uma tensão muito grande e constante é aplicada

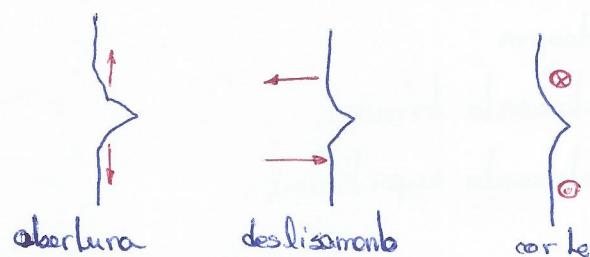
falha esporádica
(tensões podem ser baixas)

→ Temperatura influencia no comportamento do material

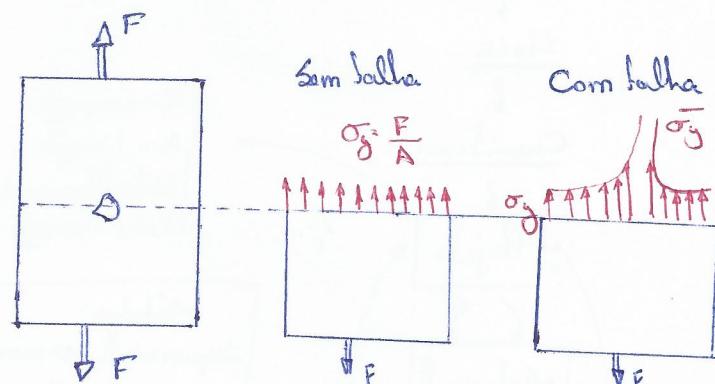
- ↳ baixas temperaturas deixam o material mais frágil
- ↳ ensaio Charpy

→ Carbono deixa o aço mais resistente e frágil mas o deixa também mais frágil.

→ Maneiras de se fracturar um corpo:

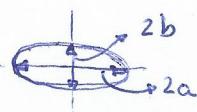


→ Fator de concentração de tensões (k_s)



$$k_s = \frac{\sigma_g}{\sigma_g}$$

→ Fator de concentração de tensões



$$k_s = \left(1 + \frac{2a}{b}\right)$$

Largura transversal
no material aumenta
3 vezes com a falha circular

a	b	a/b	k_s	
1	1	1	3	
1	1/2	2	5	
1	1/4	4	9	
1	1	1	1	
3	0	∞	∞	
				↑ Irreversível

Aula 4:

→ Método para encontrar um k mais exato, próximo da trinca:

$$K_{\text{abertura}} = Y \sigma \sqrt{\pi a} \quad \begin{array}{l} \text{Fator geométrico} \\ \text{chapa muito} \\ \text{grande: } Y=1 \\ \text{trinca} \end{array}$$

carregamento (tensão longe da trinca)

→ Fator de intensificação de tensão

$$K = f(\text{carreg}, \text{geom}, \text{trinca}) \approx k_c (\text{material})$$

Fatia: $K_{\text{abertura}} > k_c \quad \rightarrow$ Fator de intensificação crítico

$$\text{Projeto: } K_{\text{abertura}} = \frac{k_c}{F_S}, F_S = \text{fator de segurança}$$

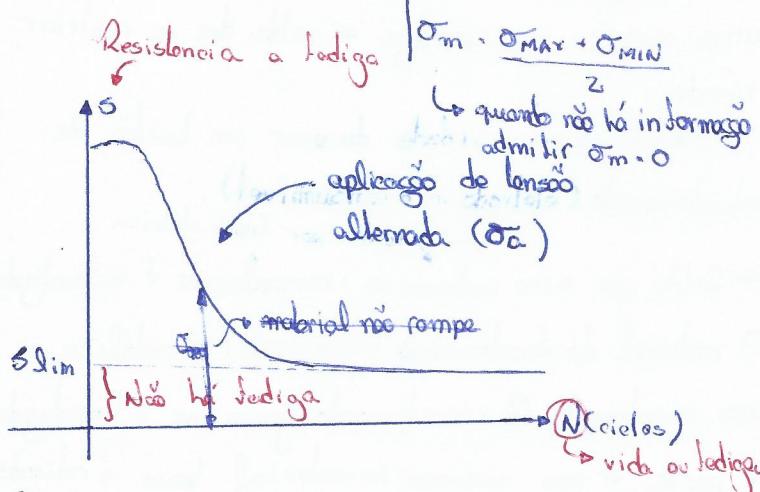
→ Fadiga: é o processo de fraqueza ocasionado devido à aplicação de carregamentos alternados.

→ baixo ciclo ou alto ciclo

→ deve haver tensão de trinca (não haver bom tensão de compressão).

→ deve haver deformação elástica

→ fadiga som trinca: $\left\{ \begin{array}{l} \sigma_a = \frac{\sigma_{\text{max}} - \sigma_{\text{min}}}{2} \\ \sigma_m = \frac{\sigma_{\text{max}} + \sigma_{\text{min}}}{2} \end{array} \right.$



$$\text{Goodman: } \frac{\sigma_a}{\sigma_{\text{ciclo}}} + \frac{\sigma_m}{\sigma_{\text{ciclo}}} = 1$$

$$\frac{n_1}{N_1} + \frac{n_2}{N_2} + \dots + \frac{n_k}{N_k} = 1$$

σ_{ciclo} → tensão máxima ($\sigma_u = \sigma_m + \sigma_a$)
 σ_{ciclo} → limite de resistência à fadiga

$$\rightarrow \text{Propagação da trinca: } \frac{da}{dN} = A(\Delta k)^m$$

A e m = propriedades do material

$$\Delta k_e = \Delta k_{\text{máx}} - \Delta k_{\text{mín}} = V(\sigma_{\text{máx}} - \sigma_{\text{mín}}) \sqrt{\pi a}$$

→ Usinagem:

→ Processo secundário que serve para incrementar uma peça com acabamento grosseiro (peças simples).

→ Desvantagens: alto consumo de energia, perda de material, prejudica as propriedades na região usinada (ex: in-

sorgo de trincas).

→ deve ser encarado como um sistema. No processo de usinagem deve-se preocupar com: peça (material, geometria, dimensões), máquina e acessórios, mão-de-obra (qualificação técnica), ferramentas.

→ processos de usinagem mais convencionais: eletrôrroso, laser, feixe de elétrons, jato d'água, ultrassom, químico / eletroquímicos

→ Ferramentas: \rightarrow alto C, uso liso de alta dureza (rápidas raspagens)
 ferramentas devem ser mais duras que as peças.

• Corte \rightarrow aresta única
 multi aresta

→ para aumentar a durabilidade \Rightarrow utilizar fluidos de corte (líquido, sólido, gasoso) \rightarrow refrigerar, lubrificar, evitar a oxidação, limpar a região de corte

• Abrasivos

→ Lorno revolver: impede que a peça tenha que desacelerar
 a peça para mudar de ferramenta.

→ acessórios do lorno: contraponto e funda (dar maior estabilidade para a peça quando fixada nas costuras).

Obs: Ferramentas de corte possuem quebra-cabeça que serve para impedir que resíduos da peça quebrem a ferramenta.

→ Sremamento: a peça é fixada na mesa e a ferramenta é multi aresta (multi corte)

→ diversidade de ferramentas permite geometrias diferentes de corte

→ as bancadas podem ter a peça fixada na horizontal ou na vertical.

→ Fundação: peça é presa numa base que permite movimento micrométrico.

→ primeiro deve-se fazer um furo guia para depois utilizar a broca correta (impede que danifique a broca).

→ serramento: utilizado em peças de grandes dimensões (grandes lingotes, tubos longos)

→ relibragão: utilizada para acabamentos planos na peça com razãoável precisão.

→ fôrmas de reação (parâmetros de corte)

F_p = fôrma passiva

F_c = fôrma de corte

F_a = fôrma de avanço

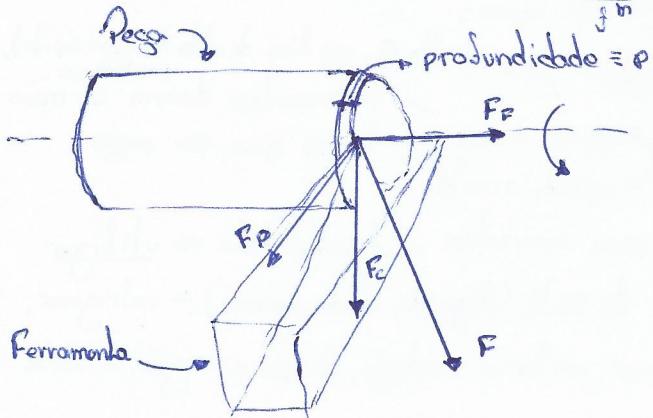
$F = \text{fôrma de usinagem}$
(kgf)

V_s = velocidade de avanço (mm/mm/min)

V_c = velocidade de corte (mm/min)

A_c = área de corte = $p \cdot f$ (mm^2)

k_s = esp. pressão espessura de corte = $\frac{C_a}{f \cdot m}$ (kgf/mm^2)



$$P = \text{potência} \therefore P = P_e + P_j + P_p$$

$$P_e = \frac{F_c \cdot V_c}{75 \cdot 60} \text{ (cv)} \quad P_j = \frac{F_a \cdot V_s}{75 \cdot 60 \cdot 1000} \text{ (cv)},$$

sendo $F_c = k_s \cdot p \cdot f = \frac{C_a}{f \cdot m} \cdot p \cdot f$

freqüência
cavado por revolução
 k_s

→ Processos de União e Corte

→ Tipos principais de união: soldagem, adesivos, junção mecânica (parafusos e rebites)

locais que há vibração

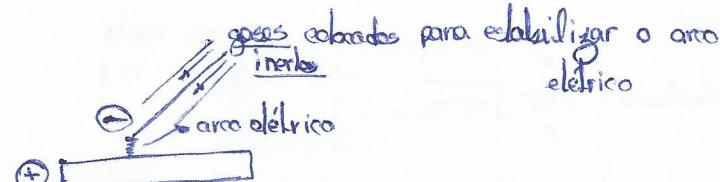
Obs: o método adesivo pode ser usado em estruturas grandes.

→ Solda por fôrma química

→ Soldagem a gás: reação química entre o gás com-bustível (oxigênio) e combustível (acetileno). Os gases são armazenados em tanques de ferroviários e se encontram no magistral, onde através de uma lâmina geram a chama que pode ser neutra, oxidante ou carburente.

→ o magistral pode ser usado para corte através da oxidação (após a chama deixar o material rubro éjetado o oxigênio para que a fôrma reação de oxidação acelerada)

→ Solda com arco elétrico → solda por fôrma elétrica



Mais comum TIG = Tungsteno Linerle Gás



DC (+) : utilizar o material base com corrente alternada Θ para ter uma profundidade maior na solda



DC (-) : com corrente alternada positiva, tem-se uma profundidade menor



AC : com corrente contínua tem-se uma profundidade intermediária

→ Arco elétrico - eletrôdo revestido: utilizado amplamente na indústria por ser barato e simples

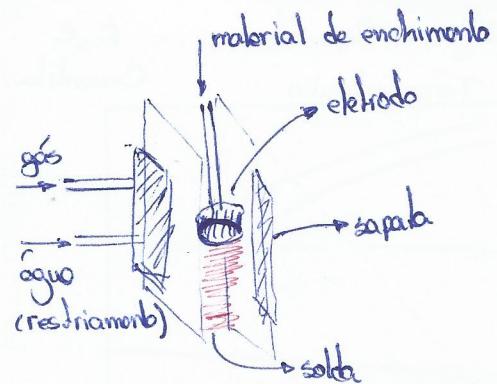
• o eletrôdo é consumível e a medida que vai sendo gasto ~~o revestimento~~ se mistura com o material formando uma escoria que protege a solda de se resfriar rápido

• não há necessidade de usar um banho de abastecimento (eletrôdo é consumível).

→ Solda por arco submerso: normalmente é automática. O material de abastecimento (enchimento) é metálico e sem revestimento. O revestimento granular é introduzido por trás e seu excesso no material base é retirado por sucção e reaproveitado depois

→ Solda por MAG ou MIG (Metal Linerle Gas): mais eficaz que o gás TIG e não há necessidade de se utilizar um banho de enchimento mas a qualidade é inferior.

→ Solda por eletrôgás: processo utilizado com o material na vertical. Só necessita de um passe enquanto os demais processos ~~é~~ necessitam de diversos passes.



→ Há uma variação chamada eletrosoldagem que não usa arco elétrico.

→ Energia específica da solda: energia necessária para fundir a solda por unidade de volume:

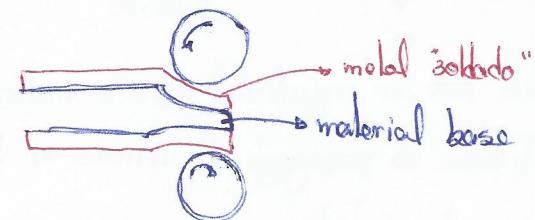
$$U = \frac{H}{\text{volume da solda}}, \text{ sendo } H \equiv \text{insufo de calor gasto na solda}$$

$$H = \eta \cdot d \cdot \frac{V}{v}, \text{ sendo } \eta \equiv \text{eficiência do processo,}$$

$$V \equiv \text{lensão}, d \equiv \text{comprimento da solda}, v \equiv \text{velocidade (mm/s)}, i \equiv \text{corrente elétrica (A)}$$

→ Nas soldas há variação em suas propriedades devido à velocidade de resfriamento (pode ter alta dureza e ser muito frágil quando rapidamente resfriado → martensita) e, assim necessita-se de tratamentos térmicos.

→ Solda mecânica:



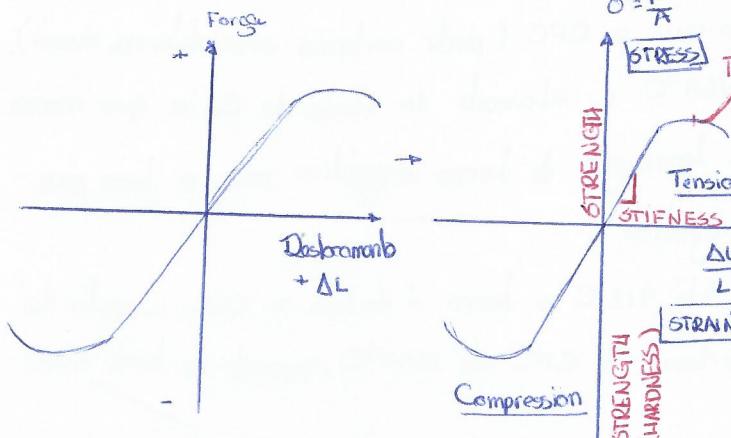
Utilizado para revestir metais.

→ Solda de ponto: muito utilizado na indústria automotiva. É exercida uma pressão + uma corrente elétrica.

→ Solda por braçagem: o material de enchimento é o que junta e não o material base. É mais fraco que os demais tipos de solda. Tem o formato de junta de pega.

→ Tratamentos Térmicos Superficiais

Obs: strengthening = resistência mecânica



• Stiffness = rigidez (módulo elástico) → dividir de mudar

relacionado à } compressão / tração, cisalhamento, Poisson ligações atômicas } (Young)

• Tenacidade = toughness (medimos até onde quebrar para destruir)

A solução para alterar os módulos elásticos do material depende de tratamentos térmicos, já que esses módulos estão relacionados às ligações atômicas / moleculares.

Obs: stainless steel = aço inoxidável (oxida na primeira camada para proteger as demais)

• case hardening = cementação (cria-se uma camada em volta do material e depois a endurece)

• annealing = recristalização

• hardenability = temperabilidade

→ Tratamentos Térmicos

→ Recristalização (annealing): a solução sólida é "destruída",

ou seja, alterações de sua microestrutura são desfeitas (terro sobre mudando na sua infraestrutura EFC → CCC é vice-versa então pode ser recristalizado, diferente de alumínio que fica sempre EFC).

Obs: para que o material possa se destruir devem haver discordâncias.

