

Slide I – Processos de fabricação:

1) Defina processos de fabricação.

É todo o processo cuja finalidade é conferir formas, dimensões e propriedades específicas a um corpo.

2) Como são classificados os processos de fabricação?

Em processos mecânicos e processos metalúrgicos.

3) Defina os processos de fabricação acima.

Os processos mecânicos são aqueles que se baseiam nas tensões aplicadas sobre o material. Caso essa tensão seja superior à tensão de ruptura, são chamados de USINAGEM, caso contrário, conformação plástica.

Nos processos metalúrgicos, a variável é a temperatura. Para temperaturas acima da temperatura de fusão, os processos se baseiam nos fenômenos de fusão e solidificação (fusão e soldagem, por exemplo). Para temperatura inferior à de fusão, sinterização (metalurgia do pó, i.e.)

4) O que é cavaco?

São porções de material de forma irregular removidas da peça sob atuação da ferramenta.

5) Defina usinagem.

Usinagem é todo o processo de fabricação que se baseia na remoção de cavacos afim de atribuir as dimensões e características desejadas à peça.

6) Em que se baseia o estudo da usinagem?

Na mecânica (atrito e deformação), na termodinâmica (calor) e nas propriedades do material.

7) Qual a importância dos processos de usinagem?

Podem ser resumidas da seguinte forma: Acabamento pós fabricação, obtenção de peculiaridades não disponíveis no processo de fabricação (saliências, reentrâncias, furos rosqueados, i.e.) e a relação custo x produtividade (a possibilidade de fabricar peças em lote ou em unidades é um diferencial).

8) Como se classificam os processos de usinagem? Dê exemplos.

Processos convencionais e não convencionais. Os processos convencionais são por CISALHAMENTO (geometria definida da aresta – torneamento, fresamento, ...) e ABRASÃO (geometria não definida – lixamento, jateamento, retificação, brunimento, ...). Para processos não convencionais temos os processos de remoção por energia química, térmica, elétrica, entre outros.

9) Quais são os fatores que determinam a escolha do processo de usinagem?

Tipo e propriedades do material, propriedades finais desejadas, tolerâncias requeridas, tamanho forma e complexidade da ferramenta, disponibilidade e conhecimento da ferramenta, custo ferramental, custo final.

10) O que influencia na obtenção de tolerâncias nos processos?
Afição da ferramenta, geometria da ferramenta, propriedades do material, rigidez da máquina, ferramenta, dos componentes e fixação da peça, condições de usinagem, fluidos de corte, entre outros.

Slide II –

11) Quais são os tipos de movimento na usinagem?
Movimento de corte, movimento de avanço e movimento resultante.

12) Defina os tipos de movimento de corte.
Movimento de corte: movimento relativo entre a peça e a ferramenta que provoca a remoção de cavaco. Geralmente ocorre através da rotação da peça (torneamento) ou da ferramenta (fresamento)
Movimento de avanço: É o movimento relativo entre a peça e a ferramenta que ao qual combinado com o movimento de corte, produz remoção de cavaco contínua ao longo da peça.
Movimento resultante de corte: É a combinação de ambos movimentos. É o responsável por gerar o processo de usinagem

13) Quais são os movimentos passivos de usinagem? Defina-os.
Movimento de penetração, de correção, de recuo e de aproximação.
Penetração: Movimento no qual é definido a espessura da camada de material a ser removida.
Correção: Movimento para compensar eventuais diferenças indesejadas de posicionamento, como os de desgaste da ferramenta.
Recuo: Movimento que afasta a ferramenta após a usinagem.
Aproximação: Movimento que aproxima a ferramenta da peça afim de iniciar o processo de usinagem.

14) Quais são as direções dos movimentos?
Direção de corte (direção instantânea do movimento de corte), direção de avanço (direção instantânea do movimento de avanço) e direção efetiva de corte.

15) Quais são os percursos da ferramenta? Defina-os.
Percurso de corte, percurso de avanço e percurso efetivo de corte.
Percurso de corte é o espaço percorrido sobre a peça, segundo a direção de corte.
Percurso de avanço é o espaço percorrido pela ferramenta, segundo a direção de avanço.
Percurso efetivo de corte é espaço percorrido pelo ponto de referência da aresta cortante, segundo a direção efetiva de corte.

16) Quais são os tipos de velocidade? Defina-os.
Velocidade de corte, de avanço e efetiva de corte.
Velocidade de corte: é a velocidade instantânea do ponto de referência da aresta cortante, segundo a direção e sentido de corte.
Velocidade de avanço: é a velocidade instantânea ferramenta, segundo a direção e sentido de corte.

Velocidade efetiva de corte: é a velocidade instantânea do ponto de referência da aresta cortante, segundo a direção efetiva de corte.

Slide III –

17) No que a formação de cavaco interfere na usinagem?
Geração de calor, penetração do fluido de corte, desgaste da ferramenta, esforços de corte, etc.

18) Quais aspectos estão envolvidos na formação de cavaco?
Econômicos, de segurança, qualidade da peça e utilização adequada da máquina.

19) Quais são as etapas de formação de cavaco?
Primeiro há a deformação elástica, seguida de deformação plástica, ruptura (cisalhamento) e por fim o movimento sobre a superfície de saída.

20) O que é ângulo de cisalhamento e qual sua influência na usinagem?
É o ângulo formado entre o plano de cisalhamento e a direção de corte. Quanto maior a deformação do cavaco, menor será o ângulo de cisalhamento e por consequência maior será o esforço de corte.

21) Quais são os tipos de cavaco?
Cavaco contínuo, de ruptura e de cisalhamento.

22) Como está distribuído o calor nos processos de usinagem?
80% concentra-se no cavaco, 10% na ferramenta e os outros 10% na peça.

23) Quais são os problemas relacionados à forma do cavaco?
Problemas de segurança do operador, possíveis danos à ferramenta e peça, dificuldades de manuseio, forças de corte, temperatura e vida útil da ferramenta.

24) Qual a relação entre ângulos de saída e tipo de cavaco?
Para ângulos de saída grande, o cavaco será contínuo. Para cavacos de ruptura, o ângulo de saída deverá ser baixo, nulo ou negativo.

25) Cite os mecanismos de ruptura de cavaco.
A utilização de um quebra-cavaco, diminuição do ângulo de saída e/ou a inclinação da ferramenta aumentando o atrito entre cavaco-ferramenta.

26) Qual a influência da velocidade no cavaco?
Baixas velocidades, facilidade em romper o cavaco. Altas velocidades, dificuldade em rompê-los.

27) Qual a influência da profundidade de usinagem no cavaco?
A razão entre profundidade e o raio da ferramenta (ap/r) define a dificuldade do rompimento dos cavacos. Para ap/r grande, maior facilidade de quebra de cavacos; quando pequeno, maior dificuldade.

Slide IV –

28) Quais as principais propriedades exigidas para materiais de ferramenta de corte?

Elevada dureza a quente; Elevada dureza a frio, bem superior à da peça usinada; Tenacidade para resistir aos esforços de corte e impactos; Resistência à abrasão; Estabilidade química; Baixo custo.

29) Para uma seleção criteriosa do material da ferramenta, diversos fatores podem ser considerados. Identifique e explique quatro propriedades desejáveis para o material da ferramenta.

Dureza a quente; Resistência ao desgaste; Tenacidade; Estabilidade Química.

30) Explique o efeito de cada elemento de liga listado abaixo em ferramentas de aço rápido:

- a) Carbono - Aumenta a dureza e a temperabilidade do material.
- b) Tungstênio e Molibdênio - Ambos formam carbonetos responsáveis pela elevada resistência ao desgaste e dureza a quente.
- c) Vanádio e Nióbio - Melhor resistência ao desgaste.
- d) Cromo - Aumenta a temperabilidade.
- e) Cobalto - Aumenta a dureza a quente e a resistência ao desgaste, mas diminui a tenacidade.

31) Quais as diferenças entre as classes P, K e M para as ferramentas de Metal Duro?

P - Metal duro de elevado teor de $\text{TiC} + \text{TaC}$, que lhes confere uma elevada dureza a quente e resistência ao desgaste.

K - Composto de carboneto de tungstênio aglomerados pelo cobalto. Indicados para a usinagem de materiais frágeis que formam cavacos curtos (ferros fundidos e latões) que não atiram muito com a superfície de saída da ferramenta, pois ao sofrerem uma pequena deformação, já se rompem e pulam fora da região de corte.

M - Grupo com propriedades intermediárias, sendo destinados a ferramentas com aplicações múltiplas. O principal material usualmente usado por ferramentas desta classe é o aço inoxidável.

32) Cite as principais características das seguintes coberturas:

- a) TiC : excelente resistência ao desgaste por abrasão.
- b) Al_2O_3 : estabilidade térmica em temperaturas elevadas.
- c) TiN : redução do coeficiente de atrito entre a pastilha e o cavaco

d) TiNAl: maior resistência à oxidação, baixa condutividade térmica, alta dureza a frio e a quente, alta estabilidade química, etc.

- 33) A mudança na composição do Metal duro pode afetar sua aplicação em determinados materiais. Baseado nessa afirmação explique por que se utiliza MD com alto TiC para usinagem de aço e Classe K para usinagem de Alumínio e suas ligas.

Aços produzem cavacos contínuos, que formam uma grande área de atrito com a superfície de saída da ferramenta, gerando altas temperaturas de corte o que provoca desgaste da ferramenta. Os metais duros com alto teor de TiC são altamente resistentes a esse mecanismo de desgaste, diferentemente dos metais duros de classe K. Alumínio e suas ligas formam cavacos curtos, não gerando muito atrito e aumento na temperatura de corte, portanto a classe K é a melhor empenhada nesses materiais.

- 34) Por que não se aplica cobertura de Al_2O_3 diretamente sobre o substrato de ferramentas de MD?

Porque quando ele é aplicado diretamente sobre o substrato eleva muito a fragilidade da ferramenta.

- 35) Quais os tipos de materiais cerâmicos para ferramentas de corte? Cite e discuta as principais aplicações de ferramentas cerâmicas. Por que o diamante não pode ser usado na usinagem de materiais ferrosos?

As cerâmicas podem ser a base de óxido de alumínio ou a base de nitreto de silício. Possuem alta dureza a quente, não reagem quimicamente com o aço, possuem longa vida da ferramenta, são usadas com alta velocidade de corte e não formam gume postiço. São aplicadas principalmente em ferro fundido, aço endurecido e ligas resistentes ao calor. Diamantes não podem ser utilizados na usinagem de materiais ferrosos devido a afinidade do C com o Fe.

- 36) O que é o CBN? Existe diferença entre CBN's usados para operações de desbaste e acabamento? Justifique sua resposta.

São os nitretos de boro cúbicos cristalinos. Sim, existe diferença. O CBN para desbaste possui ap entre 0,5 e 8 mm e o CBN para acabamento possui ap menor que 0,5 mm.

- 37) Quais as principais propriedades/características do CBN? Quais cuidados são recomendados para o uso de ferramentas de CBN?

- Mais estáveis que o diamante, especialmente contra oxidação;
- Dureza elevada;
- Alta resistência a quente;
- Excelente resistência ao desgaste;
- Relativamente quebradiço;
- Alto custo;
- Excelente qualidade superficial da peça usinada;

- Envolve elevada força de corte devido a necessidade de geometria de corte negativa, alta fricção durante a usinagem e resistência oferecida pelo material da peça.
- Recomenda-se utilizar alta velocidade de corte e baixa velocidade de avanço, além de usinar a seco para evitar choque térmico.

38) Quais são os problemas envolvidos na não usinabilidade do material?

- Desgaste rápido ou superaquecimento da ferramenta;
- Empastamento ou enganchamento da ferramenta pelo material da peça;
- Lascamento do gume de corte;
- Mau acabamento superficial da peça acabada;
- Necessidade de grandes forças ou potências de corte.

39) Quais as principais funções dos fluidos de corte?

- Refrigeração a altas velocidades
- Lubrificação a baixas velocidades
- Proteção contra corrosão
- Arrastamento dos cavacos
- Eliminação do gume postiço

40) Quais os objetivos do fluido de corte?

- Aumentar a vida da ferramenta (já que diminui a temperatura);
- Aumentar a eficiência de remoção de material;
- Melhorar o acabamento superficial;
- Reduzir a força e a potência de corte (já que com menos atrito, menos força é necessária).

41) Que requisitos um fluido de corte como refrigerante deve possuir para retirar eficientemente o calor da região de corte, da peça e da ferramenta?

- Baixa viscosidade a fim de que flua facilmente;
- Capacidade de molhar bem o material para estabelecer um bom contato térmico;
- Alto calor específico e alta condutividade térmica.

42) Porque que a ação lubrificante de um fluido de corte é prejudicada quando se aumenta a velocidade de corte?

Para que o fluido consiga ter ação lubrificante ele precisa penetrar nas interfaces cavaco-ferramenta e ferramenta-peça. Devido a isto, a ação lubrificante fica prejudicada quando se aumenta a velocidade de corte, pois para o fluido chegar na região de corte é necessário que ele seja impulsionado com alta pressão, o que vai exigir dele que não se vaporize quando submetido às estas altas pressões e temperaturas.

43) O que é necessário para um fluido ser um bom lubrificante?

- Resistência a pressões e temperaturas elevadas sem vaporizar;
- Boas propriedades antifricção e antissoldantes;
- Viscosidade adequada: a viscosidade deve ser suficientemente baixa para permitir uma fácil circulação do fluido e suficientemente alta para uma boa aderência do fluido as superfícies da ferramenta.

44) Existem fatores de escolha do fluido de corte adequado, cite-os e dê um exemplo de cada um.

- Não apresentar odores desagradáveis;
- Não correr;
- Não causar risco à saúde;
- Baixa inflamabilidade;
- Não formar espuma;
- Boa molhabilidade;
- Não atacar metais;
- Facilidade de preparação e manutenção
- Entre outros.

45) Quais são os motivos de se haver uma tendência de usar materiais sem fluido de corte ou com um mínimo de quantidade de fluido?

Não perder os ganhos alcançados com relação à vida da ferramenta e à qualidade da peça.

46) Que técnicas são utilizadas para minimizar o uso de fluidos de corte em usinagem?

Corte a seco e MQF (mínima quantidade de fluido).

47) Dê um exemplo de aplicação de “MQF”.

Torneamento de aço médio carbono.

44) O que são trincas em ferramentas de corte?

São avarias causadas pela variação de temperatura e/ou esforços mecânicos.

45) Quais são as variáveis que influenciam a usinabilidade que são dependentes da máquina?

- Rigidez estática da máquina, do porta-ferramenta e do dispositivo de sujeição da peça;
- Rigidez dinâmica: amortecimento e frequências próprias de vibração na faixa de trabalho;
- Potência e força de corte disponíveis na ponta da ferramenta;
- Gama de velocidades de corte e de avanço.

46) Quais as variáveis que influenciam a usinabilidade que são dependentes da ferramenta?

- Geometria da ferramenta: ângulos, raio de quina, dimensões, forma do gume, etc.
- Material da ferramenta: composição química, dureza a quente, tenacidade, tratamento térmico, etc.
- Qualidade do gume: grau de afiação, desgaste, trincas, rugosidade da face e dos flancos, etc.

47) Quais as variáveis que influenciam a usinabilidade que são dependentes da peça?

- Formas, dimensões, rigidez da peça;
- Propriedades físicas, químicas e mecânicas: dureza, resistência à tração, composição química, inclusões, afinidade química com o fluido de corte ou com a ferramenta, microestrutura, etc.
- Temperatura da peça.

48) Quais as variáveis que influenciam a usinabilidade que são dependentes do fluido de corte?

- Propriedades refrigerantes;
- Propriedades lubrificantes;
- Temperatura do fluido;
- Forma e intensidade de aplicação.

49) Quais as variáveis que influenciam a usinabilidade que são dependentes do processo?

- Velocidade de corte;
- Dimensões de usinagem: avanço e profundidade;
- Modo de atuação da ferramenta sobre a peça: condições de entrada e saída, corte contínuo ou interrompido, comprimento de contato entre o gume e a peça, etc.

50) Que formas a falha de uma ferramenta de corte pode ocorrer?

Lascamento do gume, desgaste do flanco ou desgaste da face. Obs.: Slide cortado.

51) Quais são os fatores principais de desgaste da ferramenta?

- Deformação plástica;
- Abrasão;
- Aderência (do cavaco; mais aderência, mais desgaste);
- Difusão (dentro da ferramenta);
- Oxidação (devido à alta temperatura da usinagem);
- Correntes elétricas irônicas (eletrização por atrito).