

問1 下記のそれぞれの空欄部分に最も適当な事柄を、設問の中の項目番号(1~10)で答えよ。

(A) 延性材料を切削すると、被削材のせん断域は、大規模に(1) 2 変形している。切削機構を解析的に予測するには、被削材の(2) 5 特性を把握しておくことが極めて重要となる。(2) 5 特性は、(3) 7、(4) 9、(5) 10 をパラメータとした関数でモデル化できる。(3) 7 は切りくず形状から算出でき、(4) 9 は、切りくず形状と切削条件(切削速度と切取り厚さ)から算出できる。これより、まず、ある(5) 10 を仮定すれば、(2) 5 特性より、せん断域の変形場が分かり、せん断域の発熱エネルギーや工具一切りくず接触界面の摩擦エネルギーを見積もることができる。よって、熱伝導解析すれば(5) 10 を計算することができる。最初に仮定した(5) 10 と、今計算した(5) 10 が一致するまで収束計算をすれば、予測精度が高まる。

1. 弾性 (2) 塑性 3. 外力 4. 延性破壊 (5) 流動応力
6. 脆性破壊 (7) ひずみ 8. 変位 (9) ひずみ速度 (10) 温度

(B) 円筒研削や平面研削では、(1) 7 を(2) 3 で固めた研削砥石を使用するので、(3) 6 による強制切込み加工である。一方、ラッピングやポリッシングでは、(1) 7 を液体に入れた(4) 1 を使用するので、(5) 5 による定圧加工である。

- (1) 潤滑剤 2. スラリ (3) 結合剤 4. 瞬間接着剤 (5) 遊離砥粒
(6) 固定砥粒 (7) 砥粒 8. 定圧 9. ラッピング 10. 強制切込み

(C) 研削砥石は、(1) 2、(2) 3、(3) 5 で構成され、これらを砥石の3要素と呼ぶ。(1) 2 は切りくずを生成する切れ刃として使われる(2) 3 は(1) 2 を支持する構造体で、(3) 5 は生成された切りくずを収容する空間として重要な役割を持つ。(2) 3 は、摩擦した(1) 2 を微小破砕や脱落させ、新たな(4) 4 を生成する(5) 6 に大きく影響を与える。

1. 砥石 (2) 砥粒 (3) 結合剤 (4) 切れ刃 (5) 気孔
(6) 自生作用 7. 相互作用 8. スラリ 9. 研削液 10. 新生面

(D) EDM 加工、FIB 加工、タッピング加工、ポリッシング加工の中で、単位体積あたりの除去エネルギーが一番低いのは、(1) 3 である。これは、き裂の伝播や(2) 6 を基にする(1) 3 は、除去する(3) 7 に対して、破断に必要なエネルギーを投入する(4) 8 の割合が、上記の中で最も(5) 10 からである。

1. EDM 加工 2. FIB 加工 (3) タッピング加工 4. ポリッシング加工 5. 引張り変形
(6) すべり変形 (7) 体積 (8) 表面積 9. 大きい (10) 小さい

(E) (1) 1 法は、スラリの液体や砥粒自体に、加工物表面を(2) 3 的に(3) 3 させ、加工物の母材よりも軟質化させ、その層を砥粒で取り去る方法である。この除去過程では、砥粒の力学的な押し込み作用が母材に及ぼす影響が小さいため、加工物表面に(4) 4 を残留させない特徴がある。電解砥粒複合研磨法は、硝酸ナトリウムの電解に伴い生成される(5) 5 被膜をうまく利用する方法であり、凸部の微小領域の(3) 3 被膜を砥粒で除去すれば、その部分だけ選択的に電解溶出させることができるので、凸部だけを選択的に除去できる、という加工原理で鏡面を出す加工法である。

1. 化学 (2) 変質 (3) 加工変質層 (4) 不動態酸化 5. ギャップ
(6) CMP 7. PVC 8. TiN 9. FMC 10. 物理

(F) FIB 加工は、主にガリウム(1) 1 を(2) 2 で加速して対象材料に(3) 3 で衝突させることにより、付着や除去加工を行うものである。一方、アルゴンプラズマ中で(1) 1 化し、数10 eV~数keVの加速エネルギーでターゲット材料に衝突させると、ターゲット材料に衝突したアルゴン(1) 1 はターゲット材料の原子を弾性衝突により弾き飛ばす。この現象を(4) 4 という。この現象を用いて被加工物に薄膜を成膜する方法を、(5) 5 と呼ぶ。

1. イオン 2. 電子 3. イオン注入 4. 電界 (5) 磁界
(6) スパッタリング (7) PVD法 8. CVD法 9. 高速 10. 低速

問2 以下の設問に記号で答えよ

(1) 切りくずを生成する加工法について、次の記述のうちで誤っているものはどれか。

- 1. 平削はカッターによる加工法である。
- 2. ラップ加工は、遊離砥粒による加工法である。
- ✓ 3. フライス削りはカッターによる加工法である。 フライス
- 4. 中ぐりは、バイトによる加工法である。
- 5. ホーニングは、固定砥粒による加工法である。

(2) 研削砥石及び研削加工を説明する用語群の中で、組み合わせが不適切なものはどれか。

- 1. 砥粒、結合剤、気孔
- 2. 危険速度、砥粒粒度、結合度
- 3. トラバース、プランジ、クリープフィード
- 4. 超仕上げ、乾式、固定砥粒
- 5. レジノイド、ビトリファイド、メタル

(3) 形削り加工について、次の記述のうちで正しいものはどれか。

- 1. 工作物を水平直線方向に往復運動させ、工具をそれと直角方向に送る運動で平面や溝を加工する加工法である。
- 2. キー溝、スプライン溝やタービン翼の軸との取り付け部分などを、総形工具で加工する方法である。
- 3. 製品の模型やテンプレートを作りその形状を転写するように主軸頭やテーブルを機械的に動かす加工法である。
- 4. コンピュータ制御で多く工具を収納するツールマガジンを備えた自動加工機の総称である。
- 5. 使用する工具は、衝撃を吸収し、また、ビビリ振動を抑制するためシャンク部をU字形に曲げてたわみやすくしたヘールバイトを用いる。

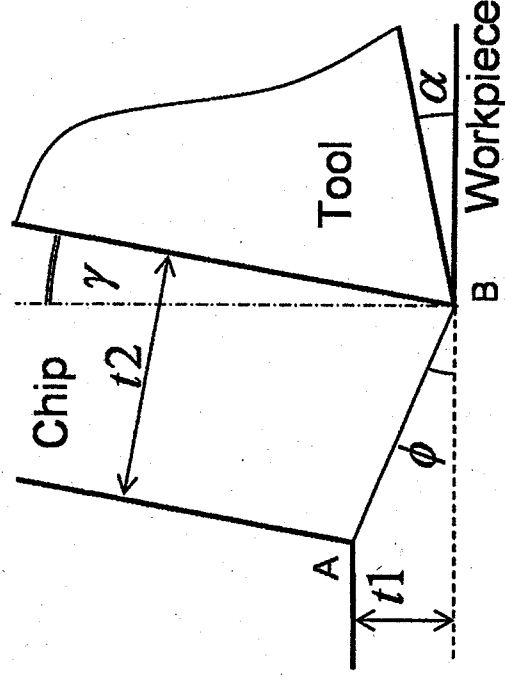
(4) 工作機械に関する記述のうち、誤っているものを選べ

- 1. 旋盤は主にバイトを用いて外丸削り、突切り、正面削りなどの加工を行う機械で、加工物が回転主運動、工具が送り運動を行う。
- ✓ 2. 工具であるフライスに回転主運動を与え、加工物にも回転運動を与えて切削する機械をフライス盤という。
- 3. ボール盤は主として、ドリルを使用する穴あけ用の機械で、場合によってはタッピング、リーミングなども行いうる。
- 4. 中ぐり盤は、中ぐり加工用の機械で、バイトは主軸とともに回転し、加工物またはバイトに送り運動を与える。
- 5. 平面加工する機械には、主に主運動が直進運動するものと回転運動するものに大別される。前者を平削り盤という。

(5) 特殊加工について、次の記述のうち正しいものはどれか

- 1. 連続放電を利用した放電加工は、硬い材料などの穴あけに適した加工法で、各種の金型製作等に広く実用されている。
- 2. 超音波加工は、超音速の衝撃波によって加工する方法で、ホーン先端の速度は概ねマッハ10を越え、加工機の電源の周波数は100 GHz前後が一般的に使用されている。
- × 3. プラズマ加工は、アーク放電とガス(アルゴンなど)によって発生した高熱のプラズマを用いるもので、加工物の硬さに無関係に加工できる。
- 4. 電子ビーム加工は、数MPaの高圧の雰囲気の中で、タングステンを陰極に、加工物を陽極として、数万ボルトの高電圧を負荷して加工するものである。
- × 5. レーザビーム加工は、多位相の光を集光して直径0.1 mm程度のスポット径に絞り、これにより瞬時に微小領域を高熱にして加工する熱加工である。

下図の二次元単純せん断面モデルを考える。ここで、切削幅を b 、切削速度を V とする。また、工具一切りくず接触界面には、 $\tan \beta = \tau_t / \sigma_t$ の摩擦特性（ σ_t は工具面に作用する垂直応力、 τ_t は摩擦応力、 β は摩擦角）があるものとする。以下の間に答えよ。



問3

(1) せん断面 AB のせん断ひずみ γ_s を計算せよ。

(2) せん断面 AB のせん断ひずみ速度 $\dot{\gamma}_s$ を計算せよ。ただし、せん断域の厚さは、せん断面の長さ AB の 1/10 とする。

問4 Lee と Shaffer は、すべり線場理論を用いて切削方程式を提案した。これは、剛完全塑性体を仮定し、刃先に溶着物などが無いとすれば、モールの応力円から Lee-Shaffer の切削方程式を導出でき、「せん断面は最大せん断方向に一致する」(最大せん断応力説) (最大せん断応力説) と呼ばれている。

(1) せん断域の応力状態について、解答用紙のモールの応力円図を完成させよ。どの面の応力を示しているのか分かるように、適宜、自分で記号を設定し、切削モデルの図にも対応する面を明記せよ (例：ここが BC 面, BD 面など)。また、上モデルに記載の無い角度や寸法が必要であれば、適宜、自分で定義して使用して良い。

(2) 切削モデルとモールの応力円を用いて、せん断角 ϕ と、すくい角 γ 、摩擦角 β の関係を示せ。
(Lee-Shaffer の (第一) 切削方程式を導出せよ)

問5 Merchant は、「単位時間当たりの切削エネルギーが最小となるようにせん断角は決まる」(最小エネルギー説) とし切削方程式を提案した。せん断面 AB には、均一にせん断面せん断応力 τ_s が作用しているものとする。解答用紙に上図を描き、力のベクトルを描くと分かり易い。

(1) 刃先点に切削合力 R が作用していると考える。切削合力 R をせん断面せん断応力 τ_s を用いて書け。
(2) 主分力 FH (切削合力の水平分力) を、せん断面せん断応力 τ_s を用いて書け。

(3) 切削に必要な、単位時間当たりの切削エネルギー E を書け。

(4) 単位時間当たりの切削エネルギー E を最小にする Merchant の第一切削方程式を導出せよ。(せん断角 ϕ と、すくい角 γ 、摩擦角 β の関係を示せ)