

**Mitrokhin N.N., Pavlov A.P., Juvénal B.**

**CONCEPTION DE PROCÉDÉS  
TECHNOLOGIQUES POUR  
LA FABRICATION  
DES PIÈCES**

**TRAVAUX PRATIQUES**

**BUJUMBURA, 2025**

Mitrokhin, N.N. Conception de procédés technologiques de fabrication de pièces. Travaux pratiques / N.N. Mitrokhin, A.P. Pavlov, B. Juvénal – Bujumbura: ISCAM, 2025. – 77p.

Ces lignes directrices sont destinées aux étudiants qui suivent des cours à temps plein, à temps partiel et par correspondance et étudiant les disciplines - «Les bases de la technologie de production et de réparation des véhicules technologiques et les véhicules de transport et équipements» et «Les bases de la technologie de production et de la réparation des automobiles» et d'autres cours.

## INTRODUCTION

Les technologies de production des produits fabriqués – c'est le monde de l'intuition d'ingénierie et des calculs précis, qui sont nécessaires pour résoudre les problèmes de fabrication de pièces et de produits faits à partir de ces pièces afin de garantir leur fiabilité pendant le fonctionnement.

Le processus de fabrication de produits de haute qualité s'accompagne de l'utilisation de règles organisationnelles et techniques de la technologie du génie mécanique. L'indicateur de qualité du Produit le plus important est la précision de tous les paramètres des pièces et des produits fabriqués. En se basant sur les lois fondamentales de la technologie du génie mécanique, il est possible de calculer la précision de traitement attendue et de la comparer avec la tolérance sur la taille, la forme de l'agencement mutuel des surfaces et d'autres paramètres. L'évaluation de la qualité du processus technologique doit être effectuée dès sa conception.

La compétence professionnelle d'un étudiant en conception technologique se manifeste par:

➤ la capacité d'utiliser les connaissances acquises dans l'étude des sciences humaines, socio-économiques et techniques, d'appliquer les méthodes de ces sciences dans des activités professionnelles;

- la connaissance des principes d'analyse, capacité à fixer des objectifs et à formuler des tâches;
- aptitudes:
  - dans le contexte d'une variante pratique, à réévaluer l'expérience accumulée et à analyser ses capacités, la capacité d'acquérir de nouvelles connaissances et d'utiliser les technologies modernes de l'information et de l'éducation;
  - trouver des solutions non standards aux problèmes et la capacité de les résoudre. L'étude des fondamentaux de la conception des procédés technologiques de fabrication de pièces et des organes permettra aux étudiants d'apprendre de manière autonome de nouvelles méthodes de recherche dans le domaine du génie mécanique et dans l'organisation des travaux de recherche et de conception, ainsi que dans la gestion d'une équipe. Augmenter également le niveau d'utilisation des logiciels de conception de processus technologiques de fabrication de pièces et des mécanismes.

À la suite de la réalisation des travaux pratiques, l'étudiant sera capable de participer à l'élaboration de la documentation technique pour la production de machines de transport terrestre et technologiques et d'organiser leurs processus de production.

Grâce à la maîtrise de cette discipline, l'étudiant sera capable de maîtriser:

- principes de conception des processus technologiques de fabrication de machines;
- principes visant à garantir la qualité de la fabrication des machines par l'utilisation de procédés technologiques avancés;
- principes de redondance et possibilités de son application dans des conditions spécifiques de conception de processus technologiques pour la fabrication de machines ou de leurs assemblages et mécanismes de diverses manières;
- principes de développement de nouvelles méthodes technologiques de

fabrication de machines.

A la fin de ce cours, les étudiants acquièrent des connaissances en ingénierie et les compétences pratiques nécessaires dans la spécialité choisie.

Votre future petite expérience en conception des processus technologiques va montrer que le processus technologique est toujours multivarié. Lors de la conception des processus technologiques, il est nécessaire de résoudre un grand nombre de problèmes spécifiques. Cela s'explique par le caractère multi-étapes du processus, dont la construction s'accompagne d'une analyse des options et de la sélection de celle la plus rationnelle.

La réalisation des travaux pratiques est un travail personnel de l'étudiant sous la direction d'un enseignant, qui doit être réalisé de manière séquentielle, étape par étape. Dans ce cas, vous pourrez proposer plusieurs solutions possibles et, par des calculs, justifier la justesse de votre choix de procédé technologique.

Dans les différentes sections des lignes directrices sont fournies des recommandations pour mener à bien les étapes de la conception technologique. Lors de la réalisation de travaux pratiques, nous espérons que les exemples fournis, qui représentent des fragments du processus de conception de processus technologiques, vous apporteront une certaine aide. Les exemples ne contiennent que le processus de prise de décision.

Nous vous souhaitons beaucoup de succès dans la réalisation de vos travaux pratiques pédagogiques et dans vos activités professionnelles.

## **TRAVAIL PRATIQUE N°1**

### **ANALYSE DU DESSIN DE DEFINITION ET DETERMINATION DES CARACTÉRISTIQUES QUANTITATIVES DE LA PRODUCTION DES PIÈCES**

Les tâches pour effectuer les travaux sont indiquées à l'annexe 1.

#### **1. Tâche**

L'étudiant est tenu de fournir par écrit les résultats d'analyse du dessin de définition, déterminer le volume de production, le lot de production et le type de production.

#### **2. Dispositions générales et définitions de base**

##### 2.1. Analyse des données

Recommandations à suivre lors de l'analyse des données:

- ✓ tout d'abord, la configuration de la pièce est clarifiée à l'aide de projections géométriques et des coupes, la forme de toutes les surfaces de la pièce et leur disposition spatiale sont clarifiées. L'analyse est considérée comme terminée si l'étudiant a une compréhension spatiale claire de la configuration de la pièce;
- ✓ les dimensions et la précision requise (tolérances, ajustements) du traitement des surfaces de la pièce sont étudiées;
- ✓ la précision de la forme des surfaces et de leurs relations mutuelles est étudiée,
- ✓ localisation (parallélisme, perpendicularité, etc.). L'analyse donne une idée des méthodes de traitement final et du nombre d'étapes de traitement des surfaces spécifiées, détermine les bases et décrit au préalable la séquence de traitement des surfaces principales;
- ✓ sélection du matériau des pièces sur la base d'une analyse des exigences

en matière de propriétés mécaniques et de la nature du traitement thermique. Cela sert de base pour résoudre correctement les questions sur les méthodes de traitement (découpe, traitement électrochimique, etc.), sur la division du processus technologique en étapes, sur les méthodes d'exécution des opérations finales, de finition et de durcissement.

Lors de l'analyse, on doit présenter avant tout une évaluation qualitative des exigences techniques spécifiées dans la tâche. Cela concerne avant tout la formulation correcte des exigences techniques et l'établissement de relations dimensionnelles entre les surfaces.

L'analyse est effectuée dans l'ordre suivant.

1. Il est nécessaire de numéroter toutes les surfaces qui doivent être traitées, y compris les chanfreins, les rainures, les dents, les filetages et autres surfaces.

2. Déterminez la rugosité de ces surfaces et vérifiez la conformité des paramètres de rugosité de surface avec les valeurs de documentation technique (DT).

3. Déterminez le degré de précision de la forme et de l'emplacement des surfaces de la pièce.

4. Vérifier la conformité des tolérances spécifiées aux dimensions données dans la tâche selon la documentation technique.

5. Sélectionnez le matériau à partir duquel la pièce sera fabriquée. Le matériau à partir duquel la pièce sera fabriquée est déterminé par le concepteur au stade de la conception du produit ou de la pièce. Lors du choix d'un matériau, le concepteur prend en compte la méthode possible d'obtention d'une ébauche pour la pièce conçue. S'il est prévu de produire l'ébauche par le traitement avec des méthodes de déformation plastique (forgeage, estampage, etc.), alors un alliage corroyé est choisi, et s'il s'agit d'une pièce moulée (moulage), un alliage coulé sera choisi. Lors du choix d'un matériau concret pour une ébauche, le concepteur prend en compte ses propriétés technologiques, les conditions d'exploitation (environnement agressif ou neutre; charges statiques, dynamiques ou cycliques; la pièce fonctionne dans des conditions de frottement ou de repos, etc.), complexité de configuration, encombrement. Il faudra également considérer le coût du matériel. Si c'est l'acier

qui est choisi, il faudra alors choisir une marque avec, si possible, une teneur plus faible en carbone et en éléments d'alliage, qui sera moins chère et avec une malléabilité accrue.

Selon le but, la responsabilité, les dimensions et conditions de fonctionnement de la pièce, peuvent être utilisées:

- ✓ l'acier de construction au carbone de qualité ordinaire;
- ✓ l'acier au carbone structurel de haute qualité;
- ✓ l'acier de construction allié;
- ✓ les aciers et alliages fortement alliés, résistant à la corrosion et résistant à la chaleur;
- ✓ les alliages corroyés non ferreux (aluminium, magnésium, titane, cuivre, etc.).

Dans le tableau 1.1 sont données les marques d'aciers les plus courantes, en tenant compte des propriétés physiques et mécaniques requises et des conditions de fonctionnement des pièces.

**Tableau 1.1**

**Rôle des aciers à titre d'exemple**

Marque de l'acier	Rôle
Acier de construction et de qualité en carbone selon la documentation technique	
08KP,10	Pièces réalisées par estampage à froid et par forçage à froid, les tubes, les cales, les fixateurs, les bouchons. Les pièces cémentables et les pièces cyanurées qui ne nécessitent pas une résistance élevée des noyaux (douilles, rouleaux, roues dentées, etc.)
15, 20	Pièces peu chargées (galets, les doigts, butées, axes, engrenages). Pièces fines sujettes à l'abrasion, leviers, boulons, coupleurs, etc.
30, 35	Pièces peu sollicitées (axes, roues, barres de traction, leviers, disques, arbres)
40, 45	Pièces nécessitant une résistance accrue (vilebrequins, bielles, couronnes dentées, arbres à cames, volants moteurs, engrenages, goujons, cliquets, ressorts, disques de friction, axes, accouplements, etc.)
50, 55	Engrenages, tiges, arbres, excentriques, ressorts peu chargés, etc. Utilisés après durcissement avec revenu élevé et dans un état normalisé
Acier de construction allié selon la documentation technique	
15X	Axes de piston, arbres à cames, poussoirs, croix à cardan, soupapes, petites pièces fonctionnant dans des conditions d'usure lors du frottement. Bien soumis à la cémentation
20X	Accouplements à came, bagues, ressorts, rouleaux cannelés, etc.
40X	Pour des pièces fonctionnant à moyennes vitesses et moyennes pressions (engrenages, arbres dans les roulements, arbres à vis sans fin)

40X, 50X	Pour des pièces de grandes dimensions fonctionnant à des vitesses moyennes et à de faibles pressions (engrenages, arbres de roulements, arbres à vis sans fin et cannelés). Ont une résistance et une ténacité élevées
38XA	Pour les engrenages fonctionnant à moyenne vitesses sous pressions moyennes
15XF	Pour les petites pièces soumises à la cémentation et à la trempe à faible revenu (engrenages, axes de piston, etc.)
40XC	Pour des petites pièces à haute résistance
40XFA	Pour les pièces critiques à haute résistance soumises à un durcissement et à un revenu élevé; pour pièces moyennes et petites de configuration complexe fonctionnant dans des conditions d'usure (leviers, poussoirs); pour les structures soudées critiques fonctionnant sous des charges alternées
40XN, 50XN	Similaire à l'utilisation de l'acier 40X, mais pour les pièces à grandes tailles

Les résultats de l'analyse doivent être résumés dans un tableau 1.2. Dans le travail, il est nécessaire de mettre en conformité les tolérances et l'état de surface indiqués dans la tâche avec les normes en vigueur.

### **Exemple des résultats de l'analyse d'un dessin d'exécution.**

Exemple au hasard: l'arbre comporte 15 surfaces usinées:

surfaces d'extrémités - 6 pcs. (2 surfaces Ø32 mm; 2 surfaces Ø 50 mm; 2 surfaces Ø 28 mm et Ø 21 mm). Rugosité de surface 80 microns;

tourillons sous roulements – 2 pcs. (Ø 35 mm, L = 35 mm; Ø 35 mm, L = 20mm). Le faux-rond des extrémités est de 0,05 par rapport à l'axe de l'arbre. Rugosité de surface 2,5 microns;

tourillons Ø 50 mm, L = 20 mm. Rugosité de surface 80 microns;

tourillons sous engrenage Ø 28 mm, L = 35 mm. Rugosité de surface 80 microns;

rainure de clavette de 8 mm de largeur, 4 mm de profondeur, 28 mm de longueur.

Rugosité des surfaces des rainures 80 microns;

tourillons Ø 24 mm, L = 20 mm sous filetage M 26x1,5;

chanfreins – 3 pcs. (1,5x45).

**Tableau 1.2****Caractéristiques technologiques de la pièce**

Nom de la pièce				Matériau		
des surfaces de formage*			Surfaces associées**			Tolérances de forme et de position
N°, dimension de la surface, mm	Qualité	Rugosité en microns	N°, chanfrein, mm	N°, filetage, mm	N°, rainure, mm	

\* La surface de formage est une surface conçue pour donner la forme d'une pièce.  
 \*\* La surface associée est la surface de la pièce obtenue après la surface de formage.

Sur le dessin sont fournies des informations complètes sur la pièce. Il indique toutes les dimensions, la rugosité des surfaces traitées et les écarts admissibles par rapport aux formes géométriques correctes. Le dessin contient suffisamment de projections, de dimensions et de coupes qui expliquent clairement la configuration de la pièce.

Étant donné que l'arbre subit de faibles contraintes, nous choisissons l'acier 35 comme matériau de la pièce (tableau 1.1).

Les résultats de l'analyse sont résumés dans le tableau. 1.3.

**2.2. Calcul du volume de production du produit**

Le volume de production est le nombre de produits de certains noms, tailles et conceptions standard fabriqués par une entreprise ou sa division pendant la période de temps prévue [8].

Le volume de production de pièces est déterminé par la formule:

$$N = N_A \cdot m [1 + (\gamma + \delta)] \quad (1.1)$$

où  $N_A$  est le nombre de produits fabriqués par an (voir tâche);  $m$  – le nombre de pièces du même nom dans le produit (voir tâche);  $\gamma$  - nombre de pièces, fabriqués comme pièces de rechange ( $\gamma = 0,3...0,4$ );  $\delta$  - pourcentage possible de défauts lors du traitement des pièces ( $\delta = 0,01...0,03$ ).

**Tableau 1.3****Caractéristiques technologiques de la pièce**

Arbre			Acier 35			
Surfaces de formage			Surfaces associées			Tolérances de forme et de position
N°, dimension de la surface, mm	Qualité	Rugosité en microns	N°, chanfrein, mm	N°, filetage, mm	N°, rainure, mm	
1. Ø32	12	80	-	-	-	-
3. Ø35, L = 35	8	2,5	2. 1,5 x 45	-	-	Faux rond d'extrémité, 0,05, par rapport à l'axe de l'arbre
4. Ø50	12	80	-	-	-	-
5. Ø50, L = 20	12	80	-	-	-	-
6. Ø50	12	80	-	-	-	-
7. Ø35, L = 35	8	2,5	8. 1,5x45	-	-	Faux rond d'extrémité, 0,05, par rapport à l'axe de l'arbre
9. Ø32	12	80	-	-	-	-
10. Ø28, L = 35	12	80	-	-	11. 8, 4, 28	-
12. Ø28	12	80	-	-		-
13. Ø24, L = 20	12	80	-	14. M26x1,5	-	-
15. Ø21	12	80	-	-	-	-

**2.3. Calcul du lot de production**

Un lot de production est constitué d'éléments de main d'œuvre de même nom et de même taille standard, lancés en traitement dans un certain intervalle de temps, avec le même temps préparatoire et final pour l'opération. La taille minimale du lot

de pièces (en pièces) est déterminée en fonction du volume du programme de production selon la formule

$$N_l = \frac{N}{253y} \quad (1.2)$$

où N – volume de production, en pièces; y – nombre d'équipes (1, 2 ou 3); 253 – nombre de jours ouvrables dans une année.

#### 2.4. Détermination du type de production

Le type de production est une catégorie de classification de la production, réalisée sur la base de l'étendue de la gamme de produits, de la régularité, de la stabilité et du volume de la production. Il existe trois types de production. La production unique est une production caractérisée par un petit volume de production de produits identiques, dont la répétition de la production et la réparation, en règle générale, ne sont pas prévues.

La production en série est une production caractérisée par la fabrication ou la réparation de produits en lots périodiquement répétés.

La production de masse est une production caractérisée par un grand volume de produits fabriqués en continu au cours duquel une opération est effectuée sur la plupart des lieux de travail. Chaque type de production correspond à une certaine caractéristique technique et organisationnelle (voir tableau 1.4).

**Tableau 1.4**

#### Caractéristiques techniques et organisationnelles des types de production

Caractéristique du processus technologique	Production			
	En série			Unique
	A grande échelle	En moyenne	A petite échelle	
Type	Typologiques et unitaires	Typologiques, de groupes et unitaires	De groupes et unitaires	Unitaires
Degré de détails de conception	Operationnelles		Operationnelles de parcours	De parcours
Construction des opérations	Concentration en série	Différenciation	concentration en parallèle	
Equipement	Spécial et spécialisé	Universel et spécialisé		Universel

Lors de l'exécution des travaux, le type de production peut être déterminé par la taille du programme de production et la masse de la pièce selon le tableau. 1.5.

La masse de la pièce est déterminée par la formule

$$G_P = V_P \gamma 10^{-3}, \quad (1.3)$$

où  $V_P$  est le volume de la pièce,  $cm^3$ ;

$\gamma$  - densité du métal,  $g/cm^3$  (acier - 7,85).

Pour déterminer le volume d'une pièce, il est nécessaire de la diviser en éléments géométriques possibles, de forme simple, pratiques pour calculer le volume, puis de résumer les valeurs trouvées.

### Un exemple de détermination du type de production.

Donné: détail « Arbre étagé » (Fig. 1.1); matériau de la pièce – acier 3 ; volume de production  $N = 800$  pièces. Le poids de la pièce n'est pas indiqué.

**Tableau 1.5**

### Définition approximative du type de production

Masse de la pièce, $G_P$ , kg	Type de production	
	A petite échelle	En moyenne
	Volume de production $N$ , Pcs.	
Jusqu'à 1,0	10...2000	1500...100000
1,0...2,5	10...1000	1000...50000
2,5...5,0	10...500	500...35000
5,0...10,0	10...300	300...25000
Plus de 10,0	10...200	200...10000

L'arbre comporte cinq étages. Dimensions des différents étages de l'arbre en mm: premier -  $\varnothing 65$ ,  $h = 117$ ; deuxième -  $\varnothing 80$ ,  $h = 111$ ; troisième -  $\varnothing 86$ ,  $h = 150$ ; quatrième -  $\varnothing 80$ ,  $h = 99$ ; cinquième -  $\varnothing 65$ ,  $h = 117$ .

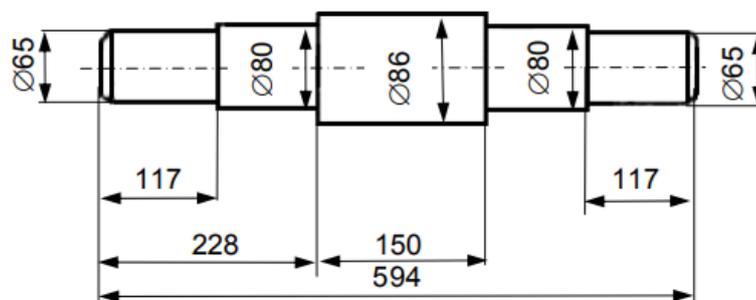


Fig. 1.1. Dessin de définition de la pièce

Décomposons la conception de la pièce en formes géométriques bien connues - les cylindres.

Le volume de la pièce est déterminé en sommant les volumes des éléments constitutifs de l'arbre, le volume des trous est soustrait :

$$V_P = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5,$$

où  $V_1 \dots V_5$  sont les volumes des différents étages de l'arbre, en  $mm^3$ .

Pour les calculs, nous utilisons la formule de calcul du volume d'un cylindre:

$$V = \frac{\pi d^2}{4} h$$

où  $d$  – diamètre du cylindre en  $mm$ ;  $h$  – longueur du cylindre en  $mm$ .

$$\begin{aligned} V_P &= \frac{3,14 (2,65^2 \cdot 117 + 80^2 \cdot 111 + 86^2 \cdot 150 + 80^2 \cdot 99)}{4} = \\ &= 3,14(988650 + 710400 + 1109400 + 633600) \\ &= 2702009,25 \text{ mm}^3 \approx 2702 \text{ cm}^3 \\ G_P &= 2702 \cdot 7,85 \cdot 10^{-3} = 21,21 \text{ kg} \end{aligned}$$

D'après le tableau 1.5 nous déterminons le type de production - à moyenne échelle, et selon le tableau 1.4 les caractéristiques du processus technologique:

- ✓ type de processus technologique - unique;
- ✓ degré de détail de conception – opérationnel;
- ✓ construction d'opérations – différenciées;
- ✓ équipement – universel.

### **Documentation réglementaire et technique**

1. Documentation technique sur la rugosité de la surface. Paramètres, caractéristiques et désignations.

2. Documentation technique sur le système unifié de documentation de conception. Désignation de la rugosité de la surface.

3. Documentation technique sur les normes de base d'interchangeabilité. Système unifié d'admissions et d'atterrissages. Dispositions générales, séries de tolérances et principaux écarts.

4. Documentation technique sur l'acier au carbone de qualité ordinaire. Timbres.

5. Documentation technique sur l'acier de haute qualité. Acier laminé long et profilé, acier calibré.

6. Documentation technique sur les produits laminés en acier de construction allié acier. Conditions techniques.

7. Documentation technique sur les aciers et alliages fortement alliés sont résistants à la corrosion, résistants à la chaleur et résistants à la chaleur. Timbres.

8. Documentation technique sur la préparation technologique de la production. Termes et définitions des concepts de base.

### **QUESTIONS DE COMPREHENSION**

1. Dans quel but est-il nécessaire d'analyser le dessin d'exécution?
2. Qu'est-ce qui est pris en compte lors de la détermination du volume de production?
3. Pourquoi le volume d'un lot de production est-il déterminé?
4. A quoi servent les catégories de classification de production?
5. Donner les caractéristiques organisationnelles et techniques des types de production?
6. Comment déterminer le type de production?
7. Comment calculer le volume d'une pièce?
8. Qu'est-ce qu'une surface de formage?
9. Qu'est-ce qu'une surface associée?
10. Qu'est-ce qu'un lot de production?
11. Quelles sont les différences entre la production unique, en série et en masse?

## **TRAVAUX PRATIQUES N°2**

### **SÉLECTION DU TYPE ET DU PROCÉDÉ DE FABRICATION DE L'EBAUCHE**

#### **1. Tâche**

L'étudiant est tenu de fournir par écrit les résultats du choix de la méthode rationnelle de fabrication de l'ébauche.

#### **2. Dispositions générales et définitions de base**

Par ébauche on comprend un élément de production à partir duquel en modifiant sa forme, sa taille, ses propriétés de surface et (ou) son matériau une pièce est fabriquée.

Le choix correct de la pièce est l'étape la plus importante de la construction du processus technologique de fabrication d'une pièce. Le type de l'ébauche et la méthode de sa production ont un impact significatif sur la nature du processus technologique, l'intensité du travail et la rentabilité du traitement. Le choix de la méthode de production d'une pièce dépend directement de la conception et du matériau de la pièce, de ses dimensions, des exigences de précision, du volume de production et d'autres facteurs. Sur la base de la nécessité de rapprocher le plus possible la forme et les dimensions de la pièce des paramètres de la pièce finie, des méthodes et moyens progressifs pour obtenir des pièces doivent être utilisés. Les méthodes progressives d'obtention d'ébauches réduisent le coût du traitement mécanique et améliorent la qualité du produit final.

Les principaux types d'ébauches pour pièces fabriquées faits de métaux et de leurs alliages, sont des matériaux classés, des pièces moulées, des pièces forgées et embouties.

Le matériau sectionnel est constitué de produits laminés ronds, carrés, hexagonaux et en bandes. Un matériau de qualité doit être utilisé dans les cas où le profil du matériau correspond au profil de la pièce.

Les profilés de section (ronds, carrés et hexagonaux) sont utilisés pour la fabrication d'arbres, de disques, de bagues, de brides et d'autres pièces lisses et étagés. Les tubes laminés sont utilisés pour la fabrication de cylindres, de coupelles, d'arbres creux et d'autres pièces. Les produits laminés plats sont principalement utilisés dans la production unique et à petite échelle de pièces pour lesquelles il n'est pas pratique de produire des ébauches sous forme de pièces moulées, de pièces forgées, etc.

Les pièces moulées sont un produit ou une pièce obtenue à l'aide du processus de coulée. La fonderie est une branche de l'ingénierie mécanique qui produit des ébauches ou des pièces façonnées en versant du métal en fusion dans un moule spécial dont la cavité a la configuration de l'ébauche (de la pièce).

### **2.1. Méthodes de production de pièces moulées**

Les méthodes de production de pièces moulées sont les suivantes:

- ✓ la coulée dans des moules en terre, utilisés pour la production d'ébauches en fonte, en acier et en alliages non ferreux. La coulée est utilisée pour produire des pièces moulées aux formes simples et complexes et dans une large gamme de tailles et de poids (jusqu'à 200 kg). Le moulage au sable offre une faible qualité de surface (Rz 80...40 microns) et une faible précision (inférieure à la 16e qualité). L'épaisseur de paroi de la pièce (acier) est d'au moins 6...8 mm et le diamètre minimum du trou est de 25 mm;

- ✓ coulée en MLA (Mélanges Liquides Autodurcissants). En mettant en œuvre le moulage au sable, on obtient une faible qualité de surface (inférieure à Rz 320 microns) et une faible précision (inférieure à 16e qualité). Cette méthode de coulée est utilisée pour tout type de production. Le mélange de moulage comprend : un liant - une composition liquide (verre liquide, tensioactifs et eau) et un composant de charge réfractaire. Les charges sont des sables de quartz à grains fins, des scories ferrochromes;

✓ coulée dans des moules en coquilles. Pour la production de fines moules en coquille, il faut 20 à 30 fois moins de matériaux de moulage que les moules en sable ou en béton. La méthode est rationnelle pour les pièces moulées en acier et en aluminium de configuration simple sans cavités internes. Avec cette méthode de coulée, on obtient une rugosité de surface Rz de 40...10 microns, une précision de qualité 13...15, une épaisseur de paroi pour les ébauches en acier d'au moins 3...4 mm et un diamètre de trou minimum de 25mm;

✓ coulée dans des moules métalliques permanents - moules réfrigérés.

Un moule réfrigérant est un moule métallique. Utilisé pour la fabrication de pièces à parois épaisses en fonte, en acier et en alliages de métaux non ferreux. La précision des pièces moulées dans les moules de refroidissement correspond généralement à 13...15 qualité et la rugosité de surface des pièces moulées correspond à Rz 80...20  $\mu\text{m}$ . L'épaisseur de paroi (pas moins) des pièces en acier est de 8...10 mm et le diamètre minimum du trou est de 25 mm;

✓ moulage par injection dans des moules permanents. Cette méthode produit des ébauches à partir de métaux et d'alliages non ferreux. Le moulage par injection est la méthode la plus productive pour fabriquer des pièces à parois minces de configurations complexes pesant de plusieurs grammes à plusieurs kilogrammes. Les pièces moulées ont un état de surface élevé, une grande précision (qualité 12...13, Rz 20...5) et de petites pentes de coulée, ce qui réduira considérablement les tolérances et, dans certains cas, éliminera l'usinage;

✓ Le moulage à la cire perdue est utilisé pour produire des ébauches à partir d'acier et de métaux non ferreux. La plus petite épaisseur de paroi pour les pièces en acier est de 1,5 mm et le diamètre minimum du trou est de 5 mm, la précision dimensionnelle jusqu'à la qualité 13 et la rugosité de la surface jusqu'à Rz 40...10 microns;

✓ méthode de coulée centrifuge. Cette méthode est utilisée pour la production d'ébauches en fonte, acier et alliages de métaux non ferreux sous forme de corps de rotation (douilles, tuyaux, manchons) en production en série, pesant plus

de 10 kg. L'épaisseur de paroi des pièces est d'au moins 5...8 mm. Rugosité de surface 10...20 microns.

## **2.2. Procédés de réalisation d'ébauches par déformation plastique**

Les éléments forgés sont un produit ou une ébauche obtenus par des méthodes technologiques de forgeage, de matriçage ou de laminage.

Le forgeage est l'une des méthodes de formage des métaux, dans lequel l'outil exerce un impact intermittent répété sur les éléments forgés et ceux-ci, en se déformant, acquièrent progressivement une forme et une taille données. Les éléments forgés sont des ébauches intermédiaires et se caractérisent par une approximation relativement grossière de la forme de la pièce finie et nécessitent des coûts élevés pour l'usinage ultérieur. Le forgeage est utilisé pour des pièces aux configurations complexes et de grandes sections, ou pour des pièces présentant une grande différence de sections sur la longueur (engrenages, disques, arbres étagés et à brides). Le forgeage permet de produire des ébauches de pièces pesant jusqu'à 350 kg. Les éléments forgés sont réalisées sur des presses et des marteaux en acier (acier laminé ou lingots) d'une épaisseur de paroi de 20...25 mm.

L'emboutissage est une méthode de production d'ébauches de formes complexes par pression à l'aide de tampons spéciaux.

Un poinçon est un moule métallique, généralement constitué de deux parties, dans lequel se trouvent des cavités, la configuration correspondant à la pièce en cours de fabrication. Ces cavités sont appelées ruisseaux.

La productivité de l'emboutissage est plusieurs fois supérieure à la productivité du forgeage ouvert. Les ébauches embouties sont utilisées pour la fabrication de pièces de configurations complexes à partir d'aciers et d'alliages non ferreux pesant jusqu'à 150 kg. La configuration des ébauches embouties est la plus proche possible de la configuration des produits finis. La haute précision des pièces vous permet de réduire considérablement les tolérances de traitement. Les ébauches sont obtenues sans pentes d'emboutissage ou avec de très petites pentes d'emboutissage, avec des trous borgnes ou traversants cousus, ainsi que des ébauches avec une grande différence de section sur la longueur. Les emboutissages sont

réalisés à l'aide de marteaux, de presses et de machines à forger. L'emboutissage permet d'obtenir des ébauches d'une épaisseur de paroi de 5...8 mm. Rugosité de surface 20...80 mm.

### **2.3. Justification du choix de la méthode d'obtention de la pièce**

Lors du choix d'une méthode d'obtention d'une ébauche, on peut préalablement être guidé par les recommandations suivantes:

- ✓ pour les arbres avec une différence de diamètres de pas allant jusqu'à environ 10 mm, il est conseillé de le fabriquer à partir de produits laminés - acier rond laminé à chaud. Si la différence est plus grande, l'ébauche doit être réalisée par forgeage ou estampage à chaud;

- ✓ la préparation de bagues, brides, engrenages et autres en fonte des pièces ayant la forme de corps de rotation avec un trou axial sont réalisées par fonderie;

- ✓ des trous dans les pièces en fonte sont percés si le diamètre de la pièce est de 30 mm ou plus;

- ✓ des pièces en acier d'un diamètre allant jusqu'à 60...70 mm sont fabriquées à partir de barres laminées à chaud ou d'ébauches découpées dans une barre laminée à chaud, la découpe de la barre en ébauches est utilisée lorsque le diamètre extérieur requis de la barre est plus grand que le trou de la broche d'un tour ou d'une tourelle;

- ✓ pour les ébauches pour des pièces d'un diamètre supérieur à 60...70 mm, il est conseillé de les réaliser par forgeage, marquage à chaud avec des trous de perçage d'un diamètre de 30 mm ou plus. En qualité des ébauches, les tuyaux sans soudure sont également utilisés;

- ✓ les ébauches pour leviers, fourches, supports en fonte, les pièces boîtiers sont produites par moulage, inclus la coulée dans des moules en terre;

- ✓ les ébauches des pièces en acier spécifiées au point précédent sont obtenues par fonderie ou généralement par forgeage libre et emboutissage;

✓ les brides sont fabriquées à partir de pièces forgées, embouties et de profilés laminés.

Le choix final de la méthode d'obtention de l'ébauche se fait à la suite de calculs techniques et économiques. Comme critères technologiques lors de la sélection, on prend le matériau à utiliser, la configuration et la taille de l'ébauche, le poids, la précision et la qualité de la couche superficielle de l'ébauche, la direction souhaitée des fibres du matériau, qui détermine les performances de la pièce. Comme critère économique on utilise le coût de fabrication de la pièce  $C_P$

$$C_P = C_{EB} + C_{US.Eb} + C_{COP} \quad (2.1)$$

où  $C_{EB}$  – est le coût du matériau et de la production de l'ébauche en roubles;  $C_{US.Eb}$  – coûts d'usinage de l'ébauche en roubles;  $C_{COP}$  – coût des déchets (copeaux) lors de l'usinage en roubles.

Les coûts d'usinage de l'ébauche, en première approximation, peuvent être déterminés par la formule suivante:

$$C_{US.Eb} = C(G_{EB} - G_P) \quad (2.2)$$

où  $G_{EB}$  – est la masse de l'ébauche en kg;  $G_P$  – la masse de la pièce en kg ;  $C$  – le coût d'usinage d'1 kg de métal en roubles ( $C = 30...100$  roubles).

La masse de l'ébauche obtenue par forgeage ou emboutissage est déterminée par la formule:

$$G_{EB} = G_P \cdot K_C \quad (2.3)$$

où  $K_C$  – est le coefficient permettant de déterminer la masse approximative calculée de la pièce forgée (voir tableau 2.1).

La masse de l'ébauche obtenue à partir de matériau variétal est déterminée par la formule:

$$G_{EB} = V_{EB} \cdot \gamma \cdot 10^{-3} \quad (2.4)$$

où  $V_{EB}$  – est le volume de l'ébauche en  $cm^3$  ;

$\gamma$  - densité du métal en  $g/cm^3$  (pour l'acier,  $\gamma = 7,85$ ).

## Tableau 2.1

**Coefficient  $K_C$  pour la détermination approximative de la masse calculée  
d'une pièce forgée (GOST 7505-89 [1])**

Groupe	Caractéristiques de la pièce (représentants types)	$K_C$
1	Forme allongée	
1.1	Avec axe droit (arbres, axes, essieux, bielles)	1,3...1,6
1.2	Avec axe courbé (leviers, bipied de direction)	1.1...1.4
2	Plan rond et multiforme	
2.1	Rond (engrenages, moyeux, brides)	1,5...1,8
2.2	Carré, rectangulaire, polyédrique (brides, moyeux, écrous)	1,3...1,7
2.3	Avec branches (croix, fourches)	1.4...1.6
3	Configurations combinées (combinant des éléments des groupes 1 et 2ème) (poings rotatifs, vilebrequins)	1,3...1,8
4	Avec un grand volume de surfaces non usinées (barres d'essieu avant, leviers de changement de vitesse)	1.1...1.3
5	Avec trous, approfondissement, contre-dépouilles qui n'ont pas été formés dans un lopin forgé lors de l'emboutissage (arbres creux, brides, blocks de pignons)	1,8...2,2

Pour déterminer le volume de l'ébauche, il est nécessaire de déterminer les dimensions en gabarit de l'ébauche. Les valeurs nominales des dimensions diamétrales de l'ébauche, correspondant aux dimensions standardisées selon l'assortiment, sont déterminées par les formules données (avec arrondi ultérieur de la taille à la valeur standardisée):

$$D_1 = D + Z_E; \quad d_1 = d - Z_I, \quad (2.5)$$

où  $D_1$  est le diamètre extérieur calculé de l'ébauche;  $d_1$  – diamètre interne calculé de l'ébauche;  $D$  – diamètre extérieur de la pièce selon le dessin;  $d$  – diamètre intérieur de la pièce selon le dessin;  $Z_E$  – tolérance lors de l'usinage de la surface extérieure ;  $Z_I$  – tolérance lors de l'usinage de la surface intérieure. Les valeurs de tolérance  $Z_E$  et  $Z_I$  sont sélectionnées dans le tableau 2.2 si les tolérances pour les dimensions  $D$  et  $d$  ne sont pas plus précises que les valeurs de la 12ème qualité et que la rugosité de surface  $R_a$  est d'au moins 1,25 microns. Sur la base des dimensions calculées  $D_1$  et  $d_1$ , un diamètre standardisé de la pièce est sélectionné en fonction

de l'assortiment (tableau 2.3), en respectant la condition :  $D_{Eb} \gg D_1$  et  $d_{Eb} \ll d_1$ , où  $D_{Eb}$  et  $d_{Eb}$  sont les dimensions extérieure et intérieure du diamètres de l'ébauche, sélectionnés en fonction de l'assortiment.

**Tableau 2.2**

**Surepaisseur sur diamètre**

Diamètre à usiner en mm	Pour une longueur à usiner en mm	
	Jusqu'au 100	Plus de 100 jusqu'au 200
Jusqu' à 10	2,0	2,5
Plus de 10 jusqu' à 30	2,2	2,8
Plus de 30 jusqu' à 80	2,5	3,0
Plus de 80 jusqu' à 180	3,0	4,0

La dimension nominale de la longueur de la pièce  $L_1$  obtenue à partir de la tige est déterminée par les formules suivantes:

$$\text{Pour } n \text{ pièces } -L_1 = l + 2l_1 + l_2 \frac{l_3+l_4}{p}, \text{ mm}; \quad (2.6)$$

$$\text{Pour une pièce } -L_1 = l + 2l_1 + l_2, \text{ mm}, \quad (2.7)$$

où  $l$  est la taille de la pièce en mm selon le dessin;  $l_1$  – marge en mm pour couper l'extrémité d'un côté;  $l_2$  – tolérance en mm pour une pièce;  $l_3$  – longueur nécessaire pour serrer la tige dans un mandrin ou dans une pince lors du traitement de la dernière pièce en mm;  $l_4$  – marge en mm pour couper la tige dans un atelier de production d'ébauche (zone);  $p$  – le nombre de pièces obtenues à partir de la tige.

Les valeurs  $l_1, l_2, l_3, l_4$  sont choisies dans le tableau. 2.4.

Étant donné que la longueur de la tige fournie aux tours ou aux tours à tourelle ne doit pas dépasser la longueur de la broche, le nombre de pièces  $p$  peut être déterminé à partir de l'inégalité:

$$p = \frac{(600...800) - l_3}{1 + 2l_1 + l_2}, \text{ pieces} \quad (2.8)$$

Exemple de calcul d'une pièce fabriquée à partir d'un matériau de haute qualité.

La pièce a un maximum  $\varnothing 86$  mm et une longueur  $l = 594$  mm (Fig. 1.1), puis selon le tableau. 2.2, nous déterminons la tolérance pour le diamètre  $Z_H = 4$  mm.

Par (2.8), nous déterminons le diamètre de la pièce  $D_1 = D + Z_H = 86 + 4 = 90$  mm.

Nous déterminons selon l'assortiment (tableau 2.3) le diamètre de l'ébauche de 90 mm.

D'après le tableau 2.4 on détermine les valeurs  $2l_1 = 2$  mm,  $l_2 = 4$  mm,  $l_3 = 50$  mm,  $l_4 = 8$  mm, et à l'aide de (2.11) nous déterminons le nombre de pièces pouvant être fabriquées à partir de la tige:

$$p = \frac{800 - 50}{594 + 2 + 4} = 1,23. \text{ Prenons } n = 1 \text{ pièce}$$

**Tableau 2.3**

**Assortiment de matériel variétal. Cercle laminé à chaud**

Diamètre en mm	Superficie de la section transversale en $cm^2$	Masse en Kg	Diamètre en mm	Superficie de la section transversale, $cm^2$	Masse en Kg
1	2	3	4	5	6
5	0,1963	0,154	54	22,89	17,97
5,5	0,2376	0,186	55	23,76	18,65
6	0,2827	0,222	56	24,63	19,33
6,3	0,3117	0,245	58	26,42	20,74
6,5	0,3318	0,260	60	28,27	22,19
7	0,3848	0,302	62	30,19	23,70
8	0,5027	0,395	63	31,17	24,47
9	0,6362	0,499	65	33,18	26,05
10	0,7854	0,616	67	35,26	27,68
11	0,9503	0,746	68	36,32	28,51
12	1,131	0,888	70	38,48	30,21
13	1,327	1,04	72	40,72	31,96
14	1,539	1,21	75	44,18	34,68
15	1,767	1,39	78	47,78	37,51
16	2,011	1,58	80	50,27	39,46
17	2,270	1,78	82	52,81	41,46
18	2,545	2,00	85	56,74	44,54
19	2,835	2,23	87	59,42	46,64
20	3,142	2,47	90	63,62	49,94
21	3,464	2,72	92	66,44	52,16
22	3,801	2,98	95	70,88	55,64
23	4,155	3,26	97	73,86	57,98
24	4,524	3,55	100	78,54	61,65
25	4,909	3,85	105	86,59	67,97

Suite du tableau 2.3

1	2	3	4	5	6
26	5,307	4,17	110	95,03	74,60
27	5,726	4,50	115	103,87	81,54
28	6,158	4,83	120	113,10	88,78
29	6,605	5,18	125	122,72	96,33
30	7,069	5,55	130	132,73	104,20
31	7,548	5,92	135	143,14	112,36
32	8,042	6,31	140	153,94	120,84
33	8,533	6,71	145	165,10	129,60
34	9,079	7,13	150	176,72	138,72
35	9,621	7,55	155	188,60	148,05
36	10,18	7,99	160	201,06	157,83
37	10,75	8,44	165	213,72	167,77
38	11,34	8,90	170	226,98	178,18
39	11,95	9,38	175	240,41	188,72
40	12,57	9,86	180	254,47	199,76
41	13,20	10,36	185	268,67	210,91
42	13,85	10,88	190	283,53	222,57
43	14,52	11,40	195	298,50	234,32
44	15,20	11,94	200	314,16	246,62
45	15,90	12,48	210	346,36	271,89
46	16,62	13,05	220	380,13	298,40
47	17,35	13,61	230	415,48	326,15
48	18,10	14,20	240	452,39	355,13
50	19,64	15,42	250	490,88	385,34
52	21,24	16,67	260	530,00	416,57
53	22,06	17,32	270	572,26	449,22

Tableau 2.4

Les tolérances sur longueur

Diamètre de la tige en mm	Taille de tolérance en mm				Diamètre de la tige en mm	Taille de tolérance en mm			
	$2l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$		$2l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$
Jusqu'à 10		2,0		2,0	Plus de 30 jusqu'à 50				5,0
Plus de 10 jusqu'à 30	1,5	3,0	40,0	5,0	Plus de 50	2,0	4,0	50,0	8,0

A l'aide de (2.10), nous déterminons la longueur de l'ébauche

$$L_1 = L1 = 594 + 2 + 4 = 600 \text{ mm.}$$

$$\text{Volume de l'ébauche } V_{Eb} = \frac{3,14}{4} \cdot 90^2 \cdot 600 \text{ mm}^3 = 3815,1 \text{ cm}^3.$$

$$\text{Masse de l'ébauche } G_{Eb} = 3815,1 \cdot 7,85 \cdot 10^{-3} = 29,95 \text{ kg}$$

Le coût des copeaux est égal à

$$C_{Cop} = (G_{Eb} - G_P)C_{1Cop}, \quad (2.9)$$

où  $C_{1Cop}$  est le prix contractuel d'1 kg de copeaux d'acier en roubles ( $C_{1Cop} = 4,5 \dots 5,0 \text{ roubles/kg}$ ).

Coûts du matériau et de la production de l'ébauche obtenue par forgeage (estampage):

$$C_{Eb.forg} = C_{t.forg} \cdot G_{Eb.forg} \cdot K_{P forg} \cdot K_{M forg} \cdot K_{C forg} \cdot K_{K forg}, \quad (2.10)$$

Où  $C_{t.forg}$  est le prix d'une tonne d'estampage (tableau 2.5) en roubles/Kg;

$G_{Eb.forg}$  – la masse de l'ébauche obtenue par emboutissage (la masse de l'ébauche est déterminée en kg);

$K_{P forg}$  – coefficient dépendant du type de production (Tableau 2.6);

$K_{M forg}$  – coefficient dépendant de la masse de la pièce (Tableau 2.6);

$K_{C forg}$  – coefficient en fonction de la complexité de l'emboutissage (tableau 2.6);

$K_{K forg}$  – coefficient en fonction de la marque de l'acier (tableau 2.6).

**Tableau 2.5**

**Prix sur les matériaux par 1 kg**

Matériel variétal				Prix en roubles
Cercle laminé à chaud				27,5...29,6
Forgeage (estampage)				
Poids d'un lopin forgé en kg	Groupes par complexité			
	1	2	3	4
Jusqu'à 10	68,0	77,0	90,0	110,0
Plus de 10...50	41,0	45,6	53,2	65,0
Plus de 50...100	38,0	39,0	45,0	55,0
Groupes de complexité: 1 – simple (flasques, pièces rondes, barres rectangulaires, etc.); 2 – moyen (anneaux, etc.); 3 – complexe (vilebrequins, etc.); 4 – très complexe (pièces rondes et non rondes et anneaux, si $H/D < 0,2$ , où H est l'épaisseur ; D – diamètre extérieur				

**Tableau 2.6**

**Coefficients de correction**

Type de production	$K_{P\ forg}$		
	Sur marteaux, machines à forger horizontales	Sur les machines à manivelle	
A petite echelle	1,8	3,0	
A moyenne echelle	1,4	1,2	
$K_{M\ forg}$			
la masse de l'ébauche, $G_{Eb.\ forg}$ en Kg			
Jusqu'à 2	2,1...15	15,1...60	60,1...250
1,2	1,0	0,9	0,82
$K_{C\ forg}$			
Groupes par complexité			
1	2	3	4
0,85	1,0	1,15	1,4
$K_{K\ forg}$			
Acier au carbone	Acier faiblement allié	Acier allié	
0,85	1	1,5	

à partir du matériel variétal:

$$C_{EB.P} = C_{TP} \cdot G_{EB.P} \quad (2.11)$$

où  $C_{TP}$  est le prix catalogue (de gros) des produits laminés (voir tableau 2.6) en roubles/kg;  $G_{EB.P}$  – masse de l'ébauche obtenue à partir de matériau variétal en kg.

Dans le travail, il est nécessaire de comparer deux méthodes (estampage et méthode par matériel variétal) et de choisir la plus rationnelle. Le calcul doit être effectué sous forme de tableau (tableau 2.7).

### Comparaison des méthodes d'obtention de l'ébauche

Nom de la méthode d'obtention de l'ébauche	
I. Forgeage (estampage)	II. Matériel variétal (cercle)
<b>1. Masse de la pièce, <math>G_D = 21,21 \text{ Kg}</math></b>	
<b>2. Coefficient <math>K_C</math> (tableau 2.1)</b>	
$K_C = 1,3$ (groupe 1.1)	-
<b>3. Masse de l'ébauche</b>	
$G_{Eb,forge} = G_P \cdot K_C = 21,21 \cdot 1,3 = 27,57 \text{ кг}$	$G_{Eb,K} = 29,95 \text{ Kg}$
<b>4. Prix du matériau en roubles/Kg</b>	
$C_{t,forge} = 38,0 \text{ roubles/ Kg}$	$C_{t,P} = 27,5 \text{ roubles/ Kg}$
<b>5. Valeurs des coefficients</b>	
$K_{P,forge} = 1,4; K_{M,forge} = 0,9; K_{C,forge}$ $= 0,85; K_{K,forge} = 1$ $K = K_{P,forge} \cdot K_{M,forge} \cdot K_{C,forge} \cdot K_{K,forge}$ $= 1,4 \cdot 0,9 \cdot 0,85 \cdot 1 = 1,07$	-
<b>6. Coûts de fabrication et des matériaux de l'ébauche</b>	
$C_{Eb,forge} = C_{t,forge} \cdot G_{Eb,forge} \cdot K =$ $38 \cdot 27,57 \cdot 1,07 = 1121 \text{ roubles.}$	$C_{Eb,P} = C_{t,P} \cdot G_{Eb,P} = 27,5 \cdot 29,95 = 823,63$ roubles
<b>7. Coûts d'usinage</b>	
<b>Prix d'usinage 1 Kg de métal C = 50 roubles</b>	
$C_{US,Eb,forge} = C(G_{Eb,forge} - G_P) = 50(27,57 -$ $21,21) = 318 \text{ roubles}$	$C_{US,Eb,P} = C(G_{Eb,P} - G_P) = 50(29,95 - 21,21)$ $= 437 \text{ roubles}$
<b>8. Le coût des déchets (copeaux)</b>	
<b>Prix négociable pour 1 kg de copeaux d'acier.</b>	
$C_{COP,forge} = (G_{Eb,forge} - G_P)C_{1COP} = 5(27,57 -$ $21,21) = 31,8 \text{ roubles}$	$C_{COP,P} = (G_{Eb,P} - G_P)C_{1COP} = 5(29,95 - 21,21)$ $= 43,7 \text{ roubles}$
<b>9. Coût de fabrication de la pièce</b>	
$C_{P,forge} = C_{Eb,forge} + C_{US,Eb,forge} - C_{COP,forge} =$ $1121 + 318 - 31,8 = 1407,2 \text{ roubles}$	$C_{P,P} = C_{Eb,P} + C_{US,Eb,P} - C_{COP,P} = 823,63 +$ $437 - 43,7 = 1216,93 \text{ roubles}$
<b>Conclusion:</b> puisque le coût de fabrication d'une pièce est SDS > SDP, nous obtenons la pièce à partir d'un matériau de haute qualité - un cercle.	

## **Documentation réglementaire et technique**

1. Documentation technique sur les pièces forgées en acier embouti. Tolérances et allocations de forgeage.
2. Documentation technique sur l'acier rond laminé à chaud. Assortiment.
3. Documentation technique sur le système unifié de documentation technologique. Termes et définitions des concepts de base.

## **QUESTIONS DE COMPREHENSION**

1. Quelles méthodes d'obtention d'une pièce connaissez-vous ?
2. Quel critère est utilisé pour sélectionner une pièce rationnelle ?
3. Comment déterminer la masse d'une pièce obtenue à partir d'un matériau long et par forgeage ou emboutissage ?
4. De quoi dépendent les coûts du traitement mécanique et le coût des déchets sous forme approximative ?
5. Quels facteurs influencent les coûts de fabrication des matériaux et des pièces ?
6. Qu'est-ce qu'une ébauche ?
7. Quelles méthodes de production de pièces moulées connaissez-vous ?

**TRAVAUX PRATIQUES N°3**  
**CHOIX DES BASES TECHNOLOGIQUES ET L'ÉTABLISSEMENT**  
**DU SCHÉMA DU PARCOURS TECHNOLOGIQUE DE FABRICATION**  
**DE LA PIÈCE**

**1. Tâche**

L'étudiant est tenu de: indiquer le parcours les bases technologiques acceptées (brutes et finies) qu'il utilisera dans la fabrication de la pièce;  
présenter la séquence de traitement de l'ébauche sous forme de tableau indiquant le numéro de l'opération, les paramètres de rugosité et le nom de l'opération.

**2. Dispositions générales et définitions de base**

**2.1. Le choix des bases technologiques**

Pour effectuer le processus d'usinage d'une ébauche, il est nécessaire de la mettre en position. La mise en position de l'ébauche comprend deux processus: le positionnement et la fixation.

Par positionnement, nous entendons le fait de donner à l'ébauche la position requise par rapport au système de coordonnées sélectionné, et par fixation - l'application de forces et de paires de forces à l'ébauche ou au produit pour assurer la constance de leur position obtenue lors du positionnement. Le parcours des opérations du processus technologique est également prédéterminé par le choix et la finalité des ensembles de bases (technologiques).

Le positionnement est réalisé à l'aide des bases. La base (fig.3.1) est une surface ou une combinaison de surfaces remplissant la même fonction, un axe, un point appartenant à l'ébauche et utilisé pour baser les surfaces.

Tout corps rigide possède six degrés de liberté (règle des six points): translation dans la direction de trois axes de coordonnées X, Y, Z et rotation (tourner) autour des mêmes axes. Pour baser l'ébauche, cette règle doit être respectée.

Les bases en complet (Fig. 1.3.2) est l'ensemble de trois bases qui forment le système de coordonnées de l'ébauche. Si l'ébauche est stationnaire par rapport à son système de coordonnées, alors les bases en complet sont requises pour cette ébauche.

Lorsque lors du traitement d'une l'ébauche, il est nécessaire de disposer d'un certain nombre de degrés de liberté, certaines des liaisons forment alors un ensemble de bases incomplet.

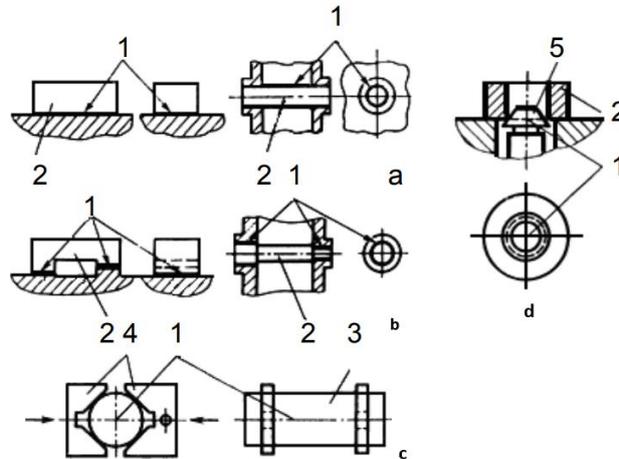


Fig.3.1. Les bases

a - surface; b- combinaison des surfaces; c-axe ; d – point

1- base; 2 – pièce; 3 – ébauche; 4 – étaux de pliage autocentrants; 5 – cône de centrage de l'appareillage

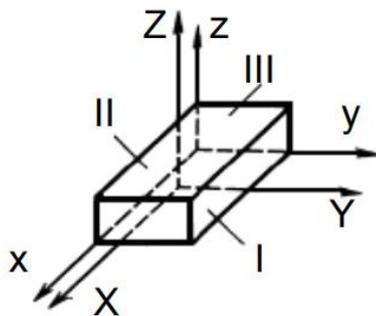


Fig.3.2. Ensemble des bases de la pièce prismatique

I, II, III – les bases de la pièce

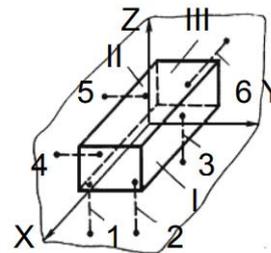


Fig. 3.3. les points de référence

1-6 – liaisons bidirectionnelles

I, II, III – les bases de la pièce

On peut priver une pièce de la capacité de se déplacer en lui imposant des liaisons géométriques, c'est-à-dire tout ce qui impose des restrictions au mouvement de l'ébauche dans l'espace. Les liaisons géométriques peuvent être unidirectionnelles ou bidirectionnelles. Par exemple, le fil qui maintient la bille en orbite lorsqu'elle tourne autour du point de suspension assure une liaison unidirectionnelle, puisqu'elle ne permet pas à la bille de s'éloigner, et si le fil est

remplacé par une tige, alors il jouera le rôle d'une liaison bidirectionnelle, puisqu'elle ne permet pas à la bille de s'éloigner ou de s'approcher du point de rotation.

L'ébauche réelle est limitée par des surfaces dont la forme diffère de celles idéales. C'est pourquoi, l'ébauche à baser sera en contact avec d'autres pièces (par exemple, des pièces de montage) uniquement sur des zones distinctes, classiquement appelées points de contact, ou points de référence. Le point de référence (Fig. 3.3) est un point qui symbolise l'une des liaisons de l'ébauche avec le système de coordonnées sélectionné. Pour assurer l'immobilité de l'ébauche dans le système de coordonnées choisi, il est nécessaire de leur imposer six liaisons géométriques bidirectionnelles, pour la création desquelles un ensemble de bases est nécessaire. Si conformément à sa destination, le produit doit disposer d'un certain nombre de degrés de liberté, alors le nombre de liaisons y relatives sera supprimé.

La précision de positionnement de l'ébauche dépend du schéma de positionnement choisi, c'est-à-dire schémas pour l'emplacement des points de référence sur les bases de l'ébauche. Un schéma de positionnement est un diagramme de l'emplacement des points de référence sur des bases. Tous les points de référence sur le schéma de positionnement sont représentés par des symboles conventionnels (Fig. 3.4) et numérotés par des numéros de série, en commençant par la base sur laquelle se trouvent le plus grand nombre de points de référence. Dans le cas où une projection d'un point de référence sur un autre se chevauche, un point est représenté et les numéros des points combinés sont indiqués à proximité. Le schéma de positionnement est une tâche technique au moment de la conception d'un dispositif de fixation de l'ébauche. Dans ce cas, sur le croquis (esquisse) opérationnel, des points de référence ou des symboles conformément conformément à la documentation technique peuvent être indiqués sur les surfaces de l'ébauche.

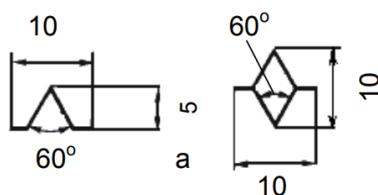


Fig.3.4. Représentation conventionnelle

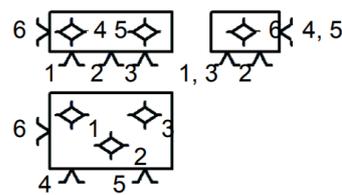


Fig.3.5. Schéma de positionnement de la

Le positionnement de l'ébauche est obtenu en lui imposant des liaisons géométriques unidirectionnelles, c'est-à-dire par prise de contact entre les points d'appui de l'appareil (machine) et les points d'appui de l'ébauche.

Le schéma de positionnement pour une pièce prismatique Fig. 3.3 est illustré à la Fig. 3.5.

Les bases sont classées selon:

- ✓ les degrés de liberté supprimés comme des bases d'installation, de guide, de support, de doubles guides et de double support;
- ✓ la nature de manifestation soit cachées soit évidentes;
- ✓ la finalité comme des bases de conception (principale, auxiliaire), de mesure et technologiques.

## **2.2. Classification des bases par degrés de liberté supprimés**

La base d'installation (Fig. 3.6) est une base utilisée pour imposer des liaisons sur une ébauche ou sur un produit qui suppriment leurs trois degrés de liberté - translation le long d'un axe de coordonnées et rotation autour des deux autres axes. Si on relie la surface inférieure d'une pièce prismatique à travers trois liaisons bidirectionnelles rigides 1, 2 et 3 avec trois points du plan XOY du système de coordonnées choisi qui ne se trouvent pas sur la même ligne droite, le corps aura une position stable et perdra trois degrés de liberté. Ce corps ne pourra pas se déplacer le long de l'axe Z et tourner autour des axes X et Y.

Base de guidage (Fig. 3.7) - une base utilisée pour imposer sur une pièce prismatique des liaisons qui suppriment ses deux degrés de liberté - translation le long d'un axe de coordonnées et rotation autour d'un autre axe. Si vous reliez la surface latérale d'un corps prismatique avec deux liaisons rigides bidirectionnelles 4 et 5 avec deux points du plan XOZ, le corps perdra encore deux degrés.

Base de support (Fig. 3.8) - une base utilisée pour imposer des liaisons sur une pièce prismatique qui les privent d'un degré de liberté - translation le long d'un axe de coordonnées ou rotation autour d'un axe. Pour réaliser le positionnement complet

d'une pièce, il faut supprimer les six degrés de liberté. Elle ne pourra pas se déplacer le long de l'axe Y ni tourner autour de l'axe Z.

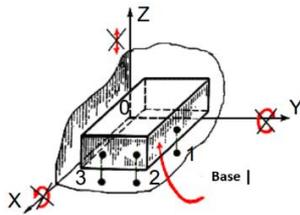


Fig.3.6. Base d'installation

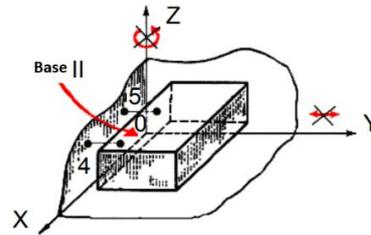


Fig.3.7. Base de guidage

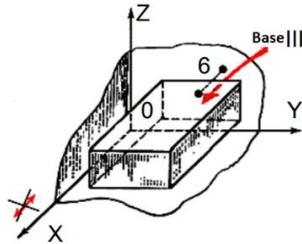


Fig.3.8. Base de référence

Pour ce faire, nous connectons la deuxième surface latérale avec une liaison bidirectionnelle rigide 6 à un point du plan YOZ, privant ainsi la pièce de la capacité de se déplacer le long de l'axe X.

### Positionnement de pièces cylindriques longues ( $L > D$ ).

Pour le positionnement, on utilise une base de guidage double (Fig. 3.9) - une base permettant d'imposer des liaisons à la pièce qui suppriment quatre degrés de liberté - des translations le long de deux axes de coordonnées et des rotations autour de ces axes. La surface cylindrique est reliée par deux liaisons 1, 2 au plan XOZ et deux liaisons 3, 4 avec le plan XOY, privant ainsi la pièce de quatre degrés de liberté - la possibilité de se déplacer le long des axes Y et Z, ainsi que de tourner autour de ces axes.

Connecter l'extrémité avec une liaison bidirectionnelle 5 au plan YOZ (Fig. 3.10) privera la pièce de la capacité de se déplacer le long de l'axe X.

Cette base servira de base d'appui. Pour priver la pièce cylindrique du dernier, sixième degré de liberté, il faut prévoir une autre liaison bidirectionnelle. Le sixième point d'appui doit être placé sur une surface, par exemple une rainure de clavette, cette base sera également un point d'appui (Fig. 3.11).

### Positionnement de pièces cylindriques courtes (L<D).

Premièrement, nous privons la pièce de trois degrés de liberté - la capacité de se déplacer le long de l'axe X et de tourner autour des axes Y et Z (Fig. 3.13). Pour ce faire, nous relions la surface d'extrémité avec trois liaisons bidirectionnelles 1, 2, 3 au plan YOZ. Selon la définition donnée précédemment, cette surface est la base de montage (d'installation).

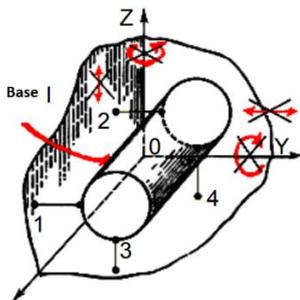


Fig.3.9. Base de guidage double

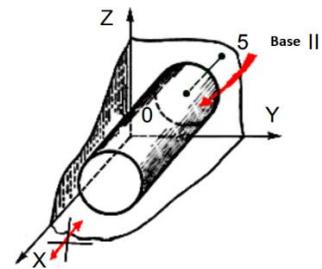


Fig.3.10. Base de référence pour les pièces cylindriques très longues

La figure 3.12 montre le schéma de positionnement d'une longue pièce cylindrique.

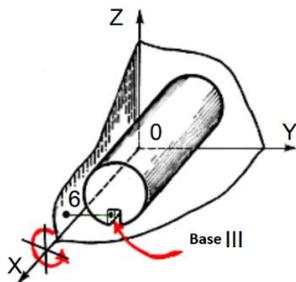


Fig.3.11. Base de référence pour les cylindriques très longues (base III)

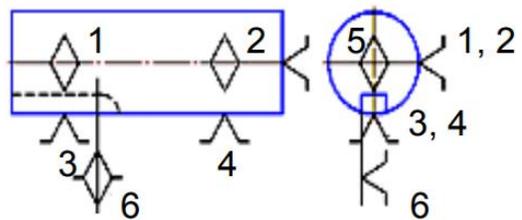


Fig.3.12. Schéma de positionnement d'une pièce cylindrique longue

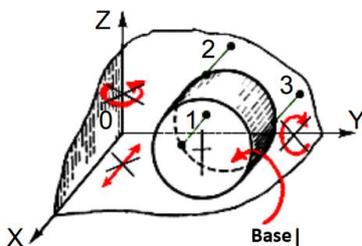


Fig.3.13. Base de fixation pour les pièces cylindriques courtes

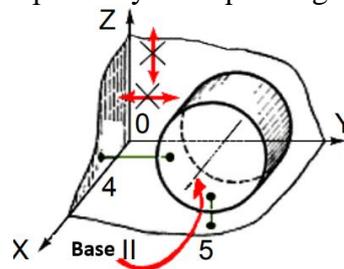


Fig.3.14. Base de référence double

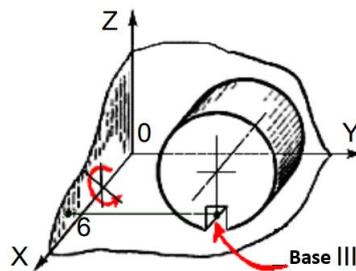


Fig.3.15. Base de référence

Pour priver le corps de la capacité de se déplacer le long des axes Y et Z, il est nécessaire de relier sa surface cylindrique avec deux liaisons bidirectionnelles 4, 5 avec les plans XOY et XOZ (Fig. 3.14).

Ce type de base est appelé double support, utilisé pour imposer des liaisons sur une pièce qui suppriment deux degrés de liberté - translation selon deux axes de coordonnées.

### **Positionnement de corps coniques, sphériques et façonnés**

Le positionnement des pièces coniques est similaire à celui des pièces cylindriques. Pour empêcher la rotation autour d'un axe, le cône doit comporter un élément supplémentaire comme le cylindre (un repère, un trou de verrouillage ou une rainure de clavette).

Pour baser les pièces sphériques, une surface sphérique, son centre et ses axes de symétrie sont utilisés. Pour assurer une position stable de la bille lorsqu'elle repose dans un système de coordonnées rectangulaires, il est nécessaire d'imposer trois liaisons en trois points de la surface sphérique, par exemple en la basant à bout portant avec les plans du système de coordonnées choisi. Dans ce cas, trois points seront trois bases d'appui, qui privent le corps de trois degrés de liberté - translation le long des axes de coordonnées. Si la bille repose sur le centre, il perd également trois degrés de liberté. Dans ce cas, le centre de la bille remplit la fonction de base d'appui. Comme dans le cas d'un cylindre, des éléments supplémentaires (repères, marquages ou rainures) sont nécessaires pour asseoir complètement la bille; il devient alors possible d'imposer des liaisons supplémentaires qui priveront la bille des trois degrés de liberté restants (trois rotations autour du cylindre); axes de coordonnées). Tout corps en forme peut être représenté par une combinaison des

éléments géométriques évoqués ci-dessus. Ces éléments serviront de bases et formeront ensemble des systèmes de coordonnées utilisés pour baser des pièces ou des produits.

### 2.3. Classification des bases selon la manière dont elles se manifestent

Base cachée – la base d'une pièce sous la forme d'un plan, d'un axe ou d'un point imaginaire.

Base explicite - la base d'une pièce sous la forme d'une surface réelle, de repères ou de points d'intersection de repères.

### 2.4. Classification des bases selon leurs rôles

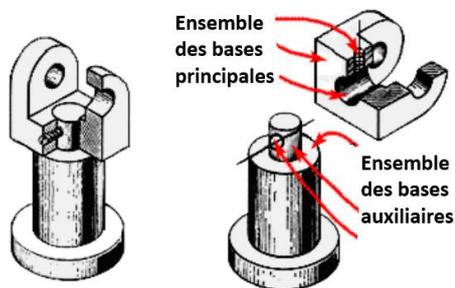


Fig. 3.16. Bases de conception

En fonction de leur objectif, les bases sont divisées en bases de conception, en bases technologiques et en bases de mesure.

Une base de conception (Fig. 3.16) - une base utilisée pour déterminer la position d'une pièce ou d'une unité d'assemblage dans un produit. Elles sont divisées en bases principales et auxiliaires.

La base principale est la base de conception d'une pièce ou d'une unité d'assemblage, utilisée pour déterminer sa position dans le produit.

La base auxiliaire est la base de conception d'une pièce ou d'une unité d'assemblage, utilisée pour déterminer le produit qui y est attaché.

Seules les bases de conception peuvent être principales et auxiliaires. Dans le même temps, la base de conception principale peut être de mesure ou technologique.

La base de mesure (Fig. 3.17) - est la base utilisée pour déterminer la position relative de l'ébauche (pièce) et des instruments de mesure.

Les bases technologiques (Fig. 3.18) sont attribuées lors de la conception technologique de la fabrication des produits et directement lors de leur production

et sont utilisées pour déterminer la position de la pièce ou du produit lors de la fabrication et de la réparation. Fondamentalement, ce sont des surfaces réelles de l'ébauche (pièce). Les surfaces de la pièce, obtenues à la suite de chaque transition de processus technologique, occupent une certaine position directement par rapport aux bases technologiques. Comme bases technologiques, on prend des surfaces qui font partie intégrante de la conception de la pièce (bases technologiques principales); Pour le fonctionnement des pièces du produit les bases technologiques auxiliaires ne sont pas nécessaires, mais sont spécialement traitées pour installer la pièce pendant le traitement.

Dans la pratique de production, une distinction est également faite entre les bases technologiques artificielles, brutes et de finition.

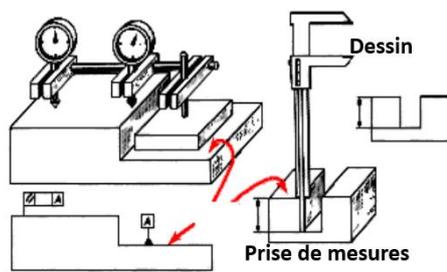


Fig. 3.17. Base de mesure

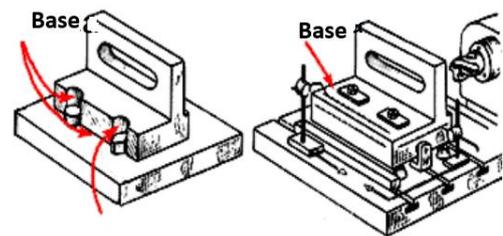


Fig. 3.18. Bases technologiques

Une base technologique artificielle (Fig. 3.19 a, b) est une base qui, en tant qu'élément structurel, n'est pas requise pour le produit fini, c'est aussi une base qui, dans le but d'augmenter la précision de la base, est traitée avec plus de précision que celle requise pour son objectif fonctionnel. Le meilleur exemple de bases artificielles sont les trous centraux de l'arbre, qui sont utilisés pour le montage lors de la fabrication du produit. Le choix des bases ne dépend pas du stade de production, mais des caractéristiques de taille, de forme, de rugosité et de précision des éléments structurels aux différentes étapes de production. C'est pourquoi on distingue le choix des bases à partir d'éléments bruts (non usinés) d'ébauche et d'éléments de finition (usinés) d'ébauche.

La base technologique d'ébauche est la base utilisée lors de la réalisation de la première pose après réception de d'ébauche. Leur objectif est de traiter et de préparer les bases de finition (usinées et plus précises) pour les opérations ultérieures de

fabrication du produit. Étant donné que la précision des bases non usinées est toujours inférieure à la précision des bases usinées (de finition) et que la rugosité est plus élevée, les bases brutes lors du traitement d'une pièce ne doivent être utilisées qu'une seule fois - lors de la première pose ou lors de la fabrication d'un produit à partir d'un seul montage. Lors du changement de bases, il est nécessaire d'utiliser des bases de finition (usinées) et précises.



Fig. 3.19. a) Base technologique artificielle

## 2.5. Règles de choix des bases technologiques

Les règles de choix des bases technologiques sont constituées à condition que:

- ✓ pour les bases technologiques, il faut considérer les surfaces présentant une rigidité suffisante;
- ✓ pour améliorer la précision du montage des pièces, les surfaces les plus étendues doivent être utilisées comme surfaces de base (c'est-à-dire les surfaces avec des dimensions maximales);
- ✓ En qualité des bases brutes, il faut considérer des surfaces qui ne seront pas usinées ou qui seront usinées avec une précision minimale. Ne jamais prendre des surfaces présentant de grandes pentes d'emboutissage ou de coulée comme des bases brutes. Le support brut est accepté une seule fois et seulement lors du premier montage;
- ✓ En qualité des bases finies, il est conseillé de prendre des bases de conception. Dans ce cas, il faut s'efforcer de faire coïncider les bases technologiques et de mesure - le principe de coïncidence des bases (Fig. 3.20). Le principal avantage de ce principe est que la précision ne dépend pas des dimensions obtenues lors des opérations précédentes. Cependant, souvent, la disposition des éléments structurels ne permet pas de respecter pleinement le principe coïncidence, ou il devient nécessaire d'utiliser des équipements technologiques complexes dans des opérations séparées. La violation du principe de coïncidence des bases entraîne une

augmentation du coût du processus de fabrication et une diminution de la productivité. Si la base technologique ne coïncide pas avec celle de conception ou de mesure, il est nécessaire de remplacer les dimensions spécifiées dans la documentation de conception par des dimensions technologiques plus pratiques définies à partir des bases technologiques. Ceci conduit à la formation de chaînes dimensionnelles technologiques, et par conséquent nécessite de resserrer certaines dimensions de conception, ce qui implique l'augmentation du coût du procédé. Il est donc nécessaire de respecter le principe de coïncidence partout où la disposition des éléments structurels le permet;

✓ le principe de constance des bases - réside dans la nécessité de s'efforcer de fabriquer une pièce à partir d'un seul montage, c'est-à-dire qu'il faut s'efforcer d'utiliser le même ensemble de bases technologiques dans toutes les opérations de fabrication d'une pièce. Si cela n'est pas possible, alors les surfaces répondant au principe de changement de base sont prises comme bases technologiques;

□ **le principe de l'enchaînement des changements de bases** – consiste dans la nécessité de s'efforcer, de choisir séquentiellement des surfaces qui ont des caractéristiques moins précises, puis des caractéristiques plus précises en qualité de bases technologiques, pour cela le même ensemble de bases technologiques doit être utilisé, sans permettre un changement de bases technologiques sans raison particulière.

Changer les bases technologiques au cours du processus technologique entraîne une augmentation de la longueur des chaînes dimensionnelles technologiques, augmentant ainsi les erreurs de traitement.

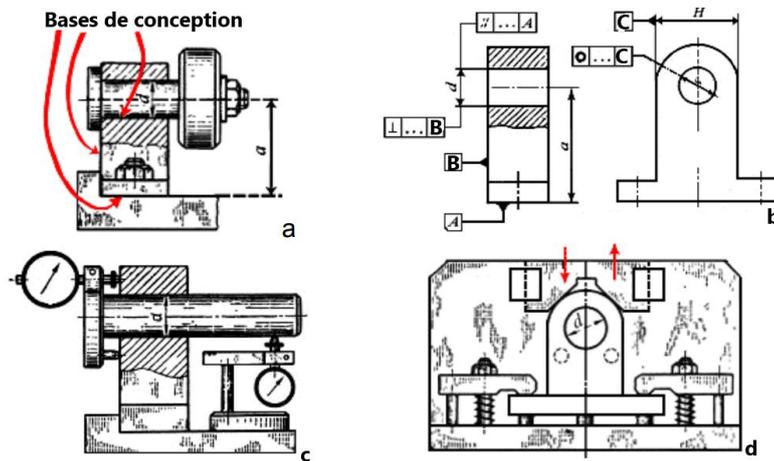


Fig. 3.20. Le principe de combinaison des bases: a – conception du produit;  
 b - les conditions techniques de positionnement; c – réglage du contrôle (mesure); d – installation pendant le traitement d

Lors du traitement de surfaces complexes et nombreuses, il est presque impossible de garantir pleinement les principes de coïncidence et de constance des bases. Dans tous les cas, lors du choix des bases d'installation et de guidage, la préférence est donnée aux éléments structurels présentant les plus grandes dimensions hors tout et la précision des connexions dimensionnelles appliquées.

Ainsi, le choix des bases lors de l'usinage d'une pièce doit être effectué en tenant compte de trois principes fondamentaux de base: la coïncidence des bases de conception, technologiques et de mesure, la constance des bases technologiques, l'enchaînement des bases. Ce n'est qu'ainsi que l'on obtient la plus haute précision de traitement avec erreurs minimales de positionnement et de fixation.

Selon la classe de pièces, compte tenu des règles de positionnement, les surfaces suivantes peuvent être acceptées (recommandées) comme bases technologiques (ces recommandations ne signifient pas que d'autres surfaces ne peuvent pas servir de bases technologiques):

- ✓ disques: base brute - surface extérieure de rotation et extrémité, base de finition - surface interne de rotation et extrémité;
- ✓ manchons: surface extérieure ou intérieure de rotation et extrémité;
- ✓ pièces boîtiers: un plan et deux trous pour roulements ou bagues, un plan et deux trous de montage;
- ✓ bouchons: plan et deux trous; plan, un trou et une surface d'extrémité;

✓ arbres: base brute - surface extérieure de rotation et une des extrémités, base de finition - trous centraux et extrémité.

### **3. Informations initiales pour accomplir la tâche**

Comme information de base pour effectuer cette opération

Les étapes de conception du processus de fabrication sont:

- ✓ dessin de définition;
- ✓ type de production et sa forme organisationnelle;
- ✓ croquis et méthode d'obtention de la pièce.

#### **3. 1. Exigences pour l'élaboration d'un schéma du parcours technologique de fabrication d'une pièce**

En fonction de la taille de la couche métallique (surépaisseur) enlevée lors de la fabrication, de l'usage prévu et des conditions (régimes) dans lesquelles elles sont effectuées, les opérations sont divisées en les types suivants: rugueuses, brut, de semi-finition, de finition, fines, et de renforcement (voir tableau 3.1).

Un diagramme schématique du processus technologique de fabrication est construit en fonction de la configuration, des dimensions, du poids de la pièce, des méthodes de production de l'ébauche et des exigences technologiques de la pièce, et lors de sa construction, on est guidé par les considérations suivantes:

✓ en fonction de la rugosité donnée d'une surface donnée, on choisit une méthode (procédé) possible de traitement final et, en fonction du type de l'ébauche, le premier procédé de fabrication (initial) est sélectionné. Ensuite, des méthodes de fabrication intermédiaires sont établies. Chaque méthode de fabrication final est précédée d'une ou plusieurs méthodes préliminaires (moins précises) (voir tableau 3.1);

✓ Tout d'abord, les surfaces prises comme bases technologiques sont usinées, puis les surfaces dans un ordre inverse de leur degré de précision. La surface la plus précise est usinée en dernier. Plus la surface doit être usinée avec précision, plus elle est usinée tardivement. A la fin du parcours c'est souvent l'usinage des surfaces facilement endommagées (filets, etc.) qui est concernée; la séquence des opérations dépend dans une certaine mesure du système de dimensionnement. Tout d'abord,

c'est la surface par rapport à laquelle les coordonnées des autres surfaces de la pièce sont spécifiées dans le dessin de définition qui doit être usinée la première;

- ✓ il est recommandé de ne pas combiner le travail d'ébauche et de la finition;
- ✓ lors de l'établissement d'un processus technologique, il est nécessaire de prendre en compte le type et l'emplacement du traitement thermique dans la séquence globale du processus technologique. Le type de traitement thermique dépend du matériau de l'ébauche et de son rôle, et selon son rôle il peut viser: à soulager les contraintes internes de l'ébauche et à améliorer son usinabilité (normalisation, recuit, amélioration, vieillissement); à obtenir les propriétés physico-mécaniques de la pièce finie (durcissement général et superficiel, traitement chimico-thermique - cémentation, nitruration, etc.).

**Tableau 3.1**

**Types d'opérations**

Types d'opérations	Methodes d'usinage		Role	Qualité de precision	Rugosité de la surface en micromètre	
					Ra	Rz
Travail d'ébauche	Tournage		Suppression des surépaisseurs et de la majeure partie des surépaisseurs de la pièce	12...14	40...20	160...40
	Alésage			12...14	20...10	80...40
	Perçage			11...12	10...5,0	40...20
	Fraisage	cylindrique	Obtenir des trous	11...12	20...5,0	80...20
		Sur extrémité		11...12	10...5,0	40...20
	Forage	sans conducteur	Obtenir des trous	12...13	10...5,0	40...20
Avec conducteur		10...11		2,5...1,25	10...6,3	
Semi-finition	Coupage des extrémités		Augmenter la précision de la forme, de la taille et de la position relative des surfaces	12...13	10...3,2	40...15
	Tournage			10...12	10...5,0	50...25
	Alésage			10...11	10...5,0	40...20
	Dévirage			8...9	2,5...1,25	10...6,3
	Brochage			8...9	2,5...1,25	10...6,3
Finition	Coupage des extrémités		11	5...2,5	20...10	
	Tournage		8...9	2,5...1,25	10...6,3	
	Perçage		9...11	2,5...1,25	10...6,3	
	Alésage		7...9	2,5...0,63	10...3,2	
	Dévirage		7...8	0,63...0,32	3,2...1,6	
	Fraisage	cylindrique		9...10	5,0...2,5	20...10
		Sur extrémité		9...10	5,0...2,5	20...10
	Brochage			7...8	1,25...0,32	6,3...1,6
	Affûtage	cylindrique		6...8	2,5...0,32	10...1,6
		Sur le plan		6...8	2,5...0,63	10...3,2

	broyage		6...7	2,5...0,16	10...0,8
	Polissage		6...7	1,25...0,08	6,3...0,4
Coupe de filets	Avec couteau		8...5	6,3...3,2	25...12,5
	Avec plaque		8...6	12,5...5	50...20
	tête de coupe de filets		8...6	5...3,2	20...12,5
	Avec taraud		7...4	12,5...3,2	50...12,5
Roulage de filets			8...4	5...0,16	20...0,8
Rectification de filets			6...4	1,25...0,32	6,3

Lorsqu'on divise un processus en opérations, il est nécessaire de résoudre les questions sur le degré de concentration ou de différenciation des opérations.

Le principe de concentration des opérations se caractérise par la capacité de concentrer le traitement d'un plus grand nombre de surfaces en une seule opération. Le principe de différenciation des opérations prévoit la division des traitements et la simplification de chaque opération en augmentant leur nombre.

Le principal facteur influençant le degré acceptable de différenciation est le volume de la production de produits ou le type de production. Ainsi, par exemple, dans les conditions d'une production à petite échelle, l'exigence de simplifier la planification et la comptabilité sera la principale et donc la plus rationnelle sera de construire une filière de transformation basée sur le principe de concentration utilisant des équipements universels et ouvriers hautement qualifiés.

### **3.2. La procédure d'élaboration d'un schéma de processus technologique**

Pour établir un diagramme schématique du processus technologique, il faut:

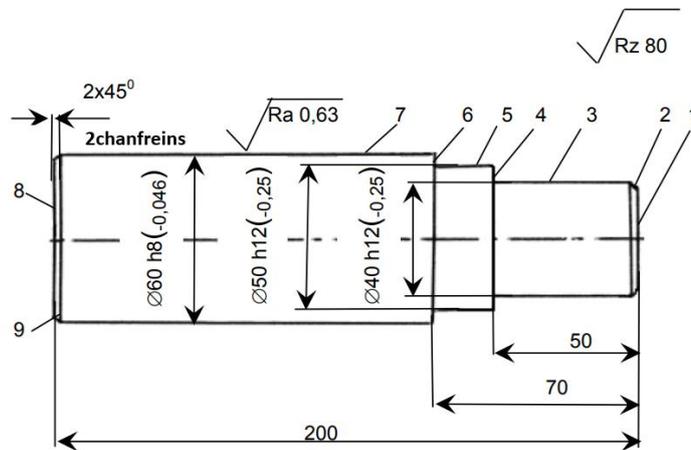
1. numérotez toutes les surfaces de la pièce (voir ouvrage 1 et Fig. 3.21);
2. déterminez la précision requise des surfaces de la pièce à partir du dessin de la pièce (voir travail 1 et Fig. 3.21);
3. Selon une rugosité de surface donnée (voir tableau 3.1) choisissez la méthode de traitement final et, selon le type de pièce, le premier type de traitement (initial). Les opérations portent des numéros: 005, 010 ; 015 ; 020, etc.

4. Établir des méthodes de traitement intermédiaires. Chaque méthode de traitement final est précédée d'une ou plusieurs méthodes préliminaires (moins précises) (voir tableau 3.1.). Le début du processus technologique doit comprendre des opérations au cours desquelles on peut s'attendre à l'apparition de défauts lors de l'usinage (fraisage, brochage, etc.). Les surfaces prises comme bases technologiques

sont traitées les premières, puis les surfaces dans une séquence inverse au degré de leur précision. La surface la plus précise est traitée en dernier. La combinaison des opérations d'ébauche et de finition en une seule opération et sur le même équipement n'est pas souhaitable. Les surfaces liées à la précision de la position relative (alignement, etc.) sont traitées en un seul montage.

5. Faire le traitement des surfaces facilement endommagées (fils, etc.), ainsi que les opérations liées à l'élimination des défauts de traitement mécanique et au contrôle qualité (tableau 3.2) à la fin du parcours.

Un exemple d'élaboration du parcours du processus technologique de fabrication du carter d'un réducteur est montré dans le tableau 3.2.



**Tableau 3.2.**

**Parcours du processus technologique de fabrication du carter d'un réducteur**

Numero de la surface		9	8	7	6	5	4	3	2	1
Précision de surface requise		2x45°	200H12	Ø60 h8(-0,046)	70H12	Ø50 h12(-0,25)	50H12	Ø40 h12(-0,25)	2x45°	200H12
Etapas d'usinage	Travail d'ébauche	Operations	-	005 Tournage	015 Tournage					
				H12	h12	70H12	Ø50 h12(-0,25)	50H12	Ø40 h12(-0,25)	2x45°
		Précision de l'usinage								
	Finition	Operations	010							
		Précision de l'usinage	Tournage	-	010 Tournage Ø60 h8(-0,046)	-	-	-	-	-

			2x45°							
Opérations supplémentaires	20. De serrurier 25. De contrôle									

### **Documentation réglementaire et technique**

1. Documentation technique sur le positionnement et bases en génie mécanique. Termes et définitions.
2. Documentation technique sur le système unifié de documentation technologique. Supports, pinces et dispositifs de montage. Symboles graphiques.

### **QUESTIONS DE COMPREHENSION**

1. À quelles fins la base est-elle utilisée ?
2. Nommez les principes de base du choix des bases brutes et de finition.
3. Quelles considérations sont prises en compte lors de l'élaboration d'un parcours technologique pour l'usinage de pièces ?
4. Quelle est la séquence d'élaboration d'un schéma du processus technologique d'usinage des pièces ?
5. Classification des bases.
6. Qu'est-ce que le positionnement de pièces?
7. Qu'est-ce que la fixation des pièces?
8. Classifier les bases selon les degrés de liberté qu'elles privent.
9. Classez les bases selon leur apparence.
10. Classez les bases selon leur rôle.
11. Quels types de bases de conception connaissez-vous?
12. Nommez les règles de base pour le choix des bases technologiques.
13. Quelles surfaces sont recommandées pour être utilisées comme bases technologiques pour les disques?
14. Quelles surfaces sont recommandées pour être utilisées comme bases technologiques pour les manchons?

15. Quelles surfaces sont recommandées pour être utilisées comme bases technologiques pour les pièces boîtiers?

16. Quelles surfaces sont recommandées pour être utilisées comme bases technologiques pour les arbres?

17. Quelles surfaces sont recommandées pour être utilisées comme bases technologiques pour les fourches ?

## **TRAVAUX PRATIQUES N°4**

### **CONCEPTION DE L'OPÉRATION TECHNOLOGIQUE ET FORMULATION DU PROCESSUS TECHNOLOGIQUE DE L'USINAGE DES PIÈCES MÉCANIQUES**

#### **1. Tâche**

L'étudiant est tenu:

pour la surface « B » (voir tâche), calculer les épaisseurs et dimensions interopératives;

présélectionner les équipements, les appareils et les outils nécessaires pour réaliser l'opération de finition du processus technologique de fabrication de la pièce;

concevoir une opération technologique (finition):

former la structure de l'opération; déterminer les régimes de fabrication et les normes de temps technologiques;

concevoir le processus technologique d'usinage d'une pièce.

#### **2. Dispositions générales et définitions de base**

Une opération technologique est une partie achevée d'un processus technologique effectuée sur un lieu de travail.

L'opération est la partie principale du processus technologique, qui se caractérise par l'immuabilité de l'objet à fabriquer, de l'équipement et des opérateurs. Au cours du processus de la conception d'une opération, un ensemble de problèmes techniques et économiques est plus complètement résolu: calcul des tolérances et

des dimensions interopérations; formation de la structure des opérations; détermination des régimes de traitement et des normes de temps technologiques.

### **2.1. Calcul des tolérances et dimensions interopérations**

Toute ébauche destinée à l'usinage est réalisée en tenant compte des tolérances aux dimensions de la pièce finie.

La surépaisseur est une couche de matériau enlevée de la surface de la pièce afin d'obtenir les propriétés spécifiées de la surface usinée. Ainsi, la surépaisseur est l'excédent de matière nécessaire pour obtenir les dimensions finales et la rugosité spécifiée des surfaces des pièces, et est éliminée sur les machines équipées d'outils de coupe.

La surépaisseur d'usinage (Fig. 4.1) est une couche de matériau enlevée de la surface de la pièce pour l'amener à la taille de la pièce finie.

La surépaisseur est un concept lié à une surface usinée spécifique; elle est mesurée le long de la normale à cette surface.

La surépaisseur est attribuée à toutes les surfaces à usiner.

Les conditions initiales de détermination des surépaisseurs et des dimensions interopérations sont les plans d'usinage des surfaces élémentaires de la pièce. Après la répartition des étapes de fabrication selon le schéma du parcours et la formation des opérations, on détermine les paramètres d'entrée et de sortie de l'exécution de ces opérations qui servent de matière première pour l'établissement des surépaisseurs.

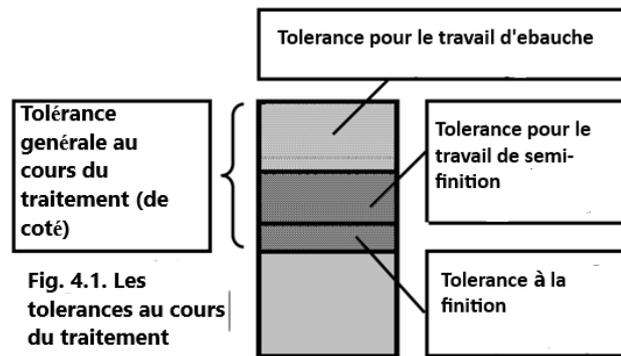
Le calcul des dimensions opérationnelles des surfaces cylindriques sur la base de la tolérance minimale est effectué à l'aide des formules:

$$\text{Pour l'arbre: } D_{i-1} = D_i + Z_{i \min} + \delta_{i-1}; \quad (4.1)$$

$$\text{Pour le trou: } D_{i-1} = D_i - Z_{i \min} - \delta_{i-1} \quad (4.2)$$

где  $D_i$  – операционный размер поверхности на  $i$ -ой операции;  $Z_{i \min}$  – припуск на размер для  $i$ -ой операции;  $\delta_{i-1}$  – допуск для  $(i-1)$ -ой операции

où  $D_i$  est la taille opérationnelle de la surface dans la  $i$ -ème opération;  $Z_{i \min}$  - surépaisseur de taille pour la  $i$ -ème opération;  $\delta_{i-1}$  – tolérance pour la  $(i-1)$ -ème opération.



On commence le calcul par l'établissement de la mesure, de la surépaisseur et de la tolérance pour l'opération de traitement final de surface, pour laquelle la mesure et la tolérance correspondent au dessin, et on le termine par la détermination des dimensions de l'ébauche. Le calcul doit être effectué sous la forme d'un tableau (voir tableau 4.1.), dans lequel sont inscrites toutes les opérations (en commençant par la dernière) dans lesquelles la surface considérée est traitée, et ensuite selon le tableau 4.2...4.7 on attribue les surépaisseurs et tolérances opérationnelles. A l'aide des formules (4.1) ou (4.2), on calcule les dimensions opérationnelles qui seront données dans le tableau 4.1.

**Tableau 4.1**

**Un exemple de calcul des dimensions opérationnelles d'une surface d'arbre**

$D = 60_{-0,046}$  et  $L = 130\text{mm}$  (Ebauche – laminé à la précision standard  $D = 65_{-1,1}^{0,5}$ )

N° de l'opération	Nom de l'opération	Qualité	Dimension opérationnelle $D_{\min}$ en mm	Tolérance opérationnelle $\delta_i$ en mm	Surépaisseur $Z_{i \min}$ en mm	Voir N° tableau
65	Affûtage	8	60,0	0,046	0,25	4.2, 4.4., 4.7
40	Tournage de finition	11	60,44 ( $60,0 + 0,25 + 0,19$ )	0,19	0,70	4.2, 4.4, 4.6
20	Tournage d'ébauche	12	61,44 ( $60,44 + 0,70 + 0,30$ )	0,30	1,80	4.2, 4.4, 4.5
-	Ebauche	-	64,84 ( $61,44 + 1,80 + 1,6$ )	+0,5 -1,1	-	4.3
Prenons 65. Elle correspond à l'assortiment choisi.						

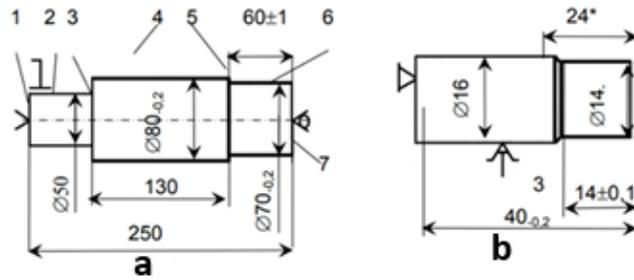


Fig. 4.2. Longueur calculée à usiner de l'ébauche lors de l'attribution des surépaisseurs: a – installation de l'arbre dans les centres; b – installation de l'arbre dans le mandrin sans support depuis le centre de l'arrière; \* - distance entre l'extrémité de la pièce et les mâchoires du mandrin.

**Tableau 4.2**

**Valeurs de tolérance [1],  $\mu\text{m}$**

Intervalles des mesures	Qualités										
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<b>Jusqu'à 3</b>	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
3...6	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
6...10	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
10...18	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
18...30	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
30...50	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
50...80	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
80...120	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
120...180	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
180...250	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
250...315	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
315...400	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
400...500	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000

**Tableau 4.3**

**Barres rondes laminées à chaud [2, 3]**

Diamètre nominal en mm	Ecart maximum en mm lors du laminage avec précision		Aire de la section transversale en $cm^2$	Masse d'une longueur d'1m du produit laminé en Kg	Diamètre nominal en mm	Ecart maximum en mm lors du laminage avec précision		Aire de la section transversale en $cm^2$	Masse d'une longueur d'1m du produit laminé en Kg		
	Précision élevée (B)	Précision standard (C)				Précision élevée (B)	Précision standard (C)				
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>		
5,0	+0,1 -0,5	+0,3 -0,5	0,196	0,154	31,0	+0,2 -0,7	+0,4 -0,7	7,548	5,925		
5,5			0,238	0,187	32,0			8,043	6,313		
6,0			0,283	0,222	33,0			8,553	6,714		
6,3			0,312	0,245	34,0			9,079	7,127		
6,5			0,332	0,261	35,0			9,621	7,553		
7,0			+0,1 -0,5	+0,3 -0,5	0,385	0,302	36,0	+0,1 -0,5	+0,4 -0,7	10,179	7,990
8,0					0,503	0,395	37,0			10,752	8,440
9,0					0,636	0,499	38,0			11,341	8,903
10,0					0,785	0,617	39,0			11,946	9,378
11,0					0,950	0,746	40,0			12,566	9,865
12,0					1,131	0,888	41,0			13,203	10,364
13,0					1,327	1,042	42,0			13,854	10,876
14,0					1,539	1,208	43,0			14,522	11,400
15,0			+0,1 -0,5	+0,3 -0,5	1,767	1,387	44,0	+0,2 -0,7	+0,4 -0,7	15,205	11,936
16,0	2,011	1,578			45,0	15,904	12,485				
17,0	2,270	1,782			46,0	16,619	13,046				
18,0	2,545	1,998			47,0	17,349	13,619				
19,0	2,835	2,226			48,0	18,096	14,205				

20,0			3,142	2,466	50,0			19,635	15,413
21,0			3,464	2,719	52,0			21,237	16,671
22,0	+0,2	+0,4	3,801	2,984	53,0	+0,2	+0,4	22,062	17,319
23,0	-0,5	-0,5	4,155	3,262	54,0	-1,0	-1,0	22,902	17,978
24,0			4,524	3,551	55,0			23,758	18,650
25,0			4,909	3,853	56,0			24,630	19,335
26,0			5,309	4,168	58,0			26,421	20,740
27,0	+0,2	+0,3	5,726	4,495	60,0	+0,3	+0,5	28,274	22,195
28,0	-0,7	-0,7	6,158	4,834	62,0	-1,1	-1,1	30,191	23,700
29,0			6,605	5,185	63,0			31,173	24,470
30,0			7,069	5,549	65,0			33,183	26,049
67,0			35,257	27,676	130,0			132,732	104,195
68,0			36,317	28,509	135,0			143,139	112,364
70,0	+0,3	+0,5	38,485	30,210	140,0	+0,6	+0,8	153,938	120,841
72,0	-1,1	-1,1	40,715	31,961	145,0	-2,0	-2,0	165,130	129,627
73,0			41,854	32,855	150,0			176,715	138,721
75,0			44,179	34,680	155,0			188,692	148,123
78,0			47,784	37,510	160,0			201,062	157,834
80,0			50,266	39,458	165,0			213,825	167,852
82,0			52,810	41,456	170,0			226,980	178,179
85,0			56,745	44,545	175,0			240,528	188,815
87,0	+0,3	+0,5	59,447	46,666	180,0		+0,9	254,469	199,758
90,0	-1,3	-1,3	63,617	49,940	185,0		-2,5	268,803	211,010
92,0			66,476	52,184	190,0			283,529	222,570
95,0			70,882	55,643	195,0			298,648	234,438
97,0			73,898	58,010	200,0			314,159	246,615
100,0			78,540	61,654	210,0			346,361	271,893
105,0	+0,4	+0,6	86,590	67,973	220,0		+1,2	380,133	298,404
110,0	-1,7	-1,7	95,033	74,601	230,0		-3,0	415,476	326,148
115,0			103,869	81,537	240,0			452,389	355,126
120,0	+0,6	+0,8	113,097	88,781	250,0			490,874	385,336
125,0	-2,0	-2,0	122,719	96,334	260,0		+2,0	530,929	416,779
					270,0		-4,0	572,555	449,456

Lors de l'attribution de tolérances intermédiaires, il est nécessaire de prendre en compte la longueur estimée de l'ébauche, qui dépend de la nature de sa fixation lors de la fabrication (voir tableau 4.4 et fig. 4.2). Ainsi par exemple:

□ pour la surface 4 de l'arbre traitée conformément au croquis de la fig. 4.2a, la longueur estimée est de 250 mm et pour la surface 6 à 120 mm;

□ pour la surface de l'arbre traitée conformément au croquis de la fig. 4.2 b la longueur estimée est de 48 mm.

**Tableau 4.4**

**Longueur estimée lors de la détermination des tolérances intermédiaires nominales**

La nature de la fixation des pièces pendant l'usinage	L'arbre à usiner		
	lisse	En étage	
		pour la section moyenne	pour les sections extrêmes
Dans les centres ou dans la cartouche avec support du centre arrière	Longueur totale de l'arbre	Longueur totale de l'arbre	Longueur égale à deux fois la distance entre l'extrémité de la tige et l'extrémité la plus externe de la zone à traiter
Dans un mandrin sans support central arrière	longueur doublée de la partie de l'ébauche dépassant le mandrin	Longueur égale à deux fois la distance entre l'extrémité la plus extérieure de la pièce et les mâchoires du mandrin	

**Tableau 4.5**

**Tolérances minimales pour le tournage grossier et l'alésage des pièces (laminées)**

Diamètre de l'ébauche en mm	Surépaisseur $Z_{min}$ sur diamètre pour une longueur en mm		
	Jusqu' à 120	120 ... 260	260 ... 500
Jusqu' à 50	1,3	1,5	2,0
50 ... 120	1,5	1,8	2,2
120 ... 260	1,8	2,2	2,4

Remarques: 1. Pour le laminage ébauche à grande précision il faut multiplier la surépaisseur par 0,8;  
2. Voir dans le tableau 4.4. la détermination de la longueur des ébauches reçues du laminage ébauche

**Tableau 4.6**

**Surépaisseurs minimales pour le tournage en finition après tournage en ébauche**

Diamètre de l'ébauche en mm	Surépaisseur $Z_{min}$ sur diamètre pour une longueur en mm		
	Jusqu' à 120	120 ... 260	260 ... 500
Jusqu' à 50	0,5	0,6	0,8
50 ... 120	0,6	0,7	0,9
120 ... 500	0,7	0,8	1,0

Remarque: Voir dans le tableau 4.4. la détermination de la longueur des ébauches

**Tableau 4.7****Surépaisseurs minimales pour le meulage externe des pièces (au centre)**

Diamètre en mm	Surépaisseur $Z_{min}$ sur diamètre pour une longueur en mm		
	Jusqu' à 120	120 ... 260	260 ... 500
Jusqu' à 18	0,15	0,18	0,25
18 ... 50	0,18	0,2	0,28
50 ... 120	0,2	0,25	0,30
120 ... 500	0,25	0,30	0,35

Remarque: Voir dans le tableau 4.4 la détermination de la longueur des ébauches

**2.2. Choix de la taille standard d'une machine outils**

Une machine de découpe de métaux est une machine technologique conçue pour traiter des matériaux par découpe afin d'obtenir des pièces aux formes et aux dimensions données, avec la précision et la qualité requises de la surface usinée. Sur les machines-outils, on traite des pièces non seulement en métal, mais également en d'autres matériaux, le terme « machine à couper le métal » est donc conditionnel.

Les machines -outils sont classées selon différents critères dont les principaux sont repris ci-dessous. Il existe des rectifieuses, des perceuses, des tours, des fraiseuses, des tronçonneuses, des tours à décolleter, des affûteuses, des machines d'établi, des aléseuses, des scies à ruban, des équilibreuses, des machines à rainurer, des cisailles guillotine, des presses plieuses. Les modèles de machines-outils produites en série se voient attribuer une désignation numérique ou alphanumérique. En règle générale, la désignation se compose de trois à quatre chiffres et d'une ou deux lettres. Le premier chiffre est le numéro du groupe auquel appartient la machine, le deuxième est le numéro du type de machine, les troisième et quatrième caractérisent l'un des principaux paramètres de la machine ou de la pièce traitée sur celle-ci (par exemple, la hauteur des centres, les dimensions de la table, etc.). La lettre après le premier ou le deuxième chiffre indique que la machine a été modernisée, la lettre après les chiffres indique une modification (type de modification) du modèle de base de la machine. Par exemple, le modèle 1M63N-3000 signifie: 1 - groupe des tours, la lettre M indique la modernisation du modèle de base de la machine 163, 63 - diamètre maximum à usiner 630 mm, N - machine de précision normale, longueur maximale de la pièce à traiter sur la machine 3000 mm.

Les problèmes liés au choix des équipements sont résolus soit dans les conditions de production existantes avec les équipements disponibles dans l'atelier, soit lors de la conception de la technologie pour une entreprise nouvellement construite. Dans les deux cas, l'équipement doit être choisi en tenant compte de la fourniture fiable des exigences techniques spécifiées pour la pièce et de la réalisation d'indicateurs économiques élevés de l'opération conçue. Les capacités de précision des machines à couper les métaux sont indiquées dans le tableau 4.8, ainsi que dans d'autres publications de référence et sur internet.

La décision finale sur le choix de l'équipement ne peut être prise qu'après la conception des transitions, lorsque les calculs établiront la correspondance des caractéristiques de précision et de puissance de la machine avec les tâches de traitement optimal des pièces.

Le choix de la machine s'effectue pour l'opération de finition, qui comprend le traitement de surface « B ».

### **2.3. Le choix d'équipements technologiques, d'outils de coupe et de mesure**

Instrumentation technologique – des moyens de l'outillage technologique qui complètent l'équipement technologique pour effectuer une certaine partie du processus technologique, c'est-à-dire divers instruments et appareils.

**Tableau 4.8**

#### **Caractéristiques techniques des tours**

Un tour est une machine conçue pour usiner principalement des corps de révolution en enlevant des copeaux lors du tournage (tournage de surfaces cylindriques, coniques et profilées ; découpage ; alésage ; perçage et alésage de trous ; filetage et moletage ; rodage, etc. ).				
Modèle	BD-920W	C10MS	C10MSM	C10MSH
Diamètre d'usinage au dessus du tanin en mm	220	630	730	830
Distance entre Centres en mm	500	1000, 1500, 2000, 4000		

Plage de vitesse en tr/min	1700	8...1250				
Avance en mm/tour: longitudinal transversal	0,02...0,5	0,02...8,43 0,01...4,23				
Puissance en kW	1,0	11 (13, 15)				
Modèle	C11 MS	C11 MSM	C10 MSH	C11 MS80	C11 MSM80	C11 MSH80
Diamètre d'usinage au dessus du tanin en mm	510	605	760	510	605	760
Distance entre Centres en mm	1000, 1500, 2000, 3000			1000, 1500, 2000, 3000		
Plage de vitesse en tr/min	16...2000			11,5...2000		
Avance en mm/tour: longitudinal transversal	0,04...13,3 0,02...6,68			0,03...13,3 0,01...6,68		
Puissance en kW	7,5 (11)			7,5 (11)		
Modèle	C11 MS103	C11 MSM103	C11 MSH103	C350 TM	C400 TM	C490 TM
Diamètre d'usinage au dessus du tanin en mm	510	605	760	350	400	490
Distance entre Centres en mm	1000, 1500, 2000, 3000			750, 1200, 1500		
Plage de vitesse en tr/min	8...1400			45...2000		
Avance en mm/tour: longitudinal transversal	0,03...13,3 0,01...6,68			0,05...0,8 0,025...0,4		
Puissance en kW	7,5 (11)			4		

Modèle	CU325		CU360M		CU400L	
Diamètre d'usinage au dessus du tanin en mm	325		360		400	
Distance entre Centres en mm	750, 1000		1200, 1500			
Plage de vitesse en tr/min	85...2000 (42,5...2000)		35...2000			
Avance en mm/tour:						
longitudinal	0,006...1,77		0,03...4,8			
transversal	0,003...0,855		0,015...2,4			
Puissance en kW	2,2		4,0			
Modèle	B16D25 M1	B16D25 M1-01	B16D25 M1-02	L330 1000	L360 1000	LV360-1000
Diamètre d'usinage au dessus du tanin en mm	500			330	360	
Distance entre Centres en mm	1000	1500	2000	1000		
Plage de vitesse en tr/min	2...2264			85, 140, 230, 365, 475, 770, 1270, 2000	variable en continu	
Avance en mm/tour:						
longitudinal	0,05...10,7			0,05...1,0		0,05...1,0
transversal	0,025...5,35			0,025...0,5		0,025... 1,5
Puissance en kW	12,12			2,2		
Modèle	L404-700	L404-1000		L404-1500		LV406 1000/1500
Diamètre d'usinage au dessus du tanin en mm	404					406
Distance entre Centres en mm	700	1000		1500		1000/1500

Plage de vitesse en tr/min	38...2000			variable en continu	
Modèle	L404-700	L404- 1000	L404- 1500	LV406 - 1000/1500	
Avance en mm/tour: longitudinal transversal	0,05...1,2 0,017...0,43			0,04...1,2 0,02...0,4	
Puissance en kW	5,0			3,7	
Un tour à décolleter est une machine conçue pour tourner des surfaces cylindriques, coniques et profilées externes, percer des trous cylindriques et coniques, traiter des surfaces d'extrémité, couper des filetages externes et internes, percer, fraiser et aléser des trous, couper et tailler, et d'autres opérations.					
Modèle	GHB-1330	GHB-1340A		GHB-1440W-3	
Diamètre d'usinage au dessus du tanin en mm	330			356	
Distance entre Centres en mm	760 1015			1015	
Plage de vitesse en tr/min	70...2000			40...1800	
Avance en mm/tour: longitudinal transversal	0,045...0,826			0,04...0,6	
Puissance en kW	2,8			4,2	
Modèle	GH 1640ZX	GH 1840ZX	GH 1860ZX	GH 1880ZX	GH 2280ZX
Diamètre d'usinage au dessus du tanin en mm	406	460			560
Distance entre Centres en mm	1015		1524	2032	
Plage de vitesse en tr/min	25...1800				

Avance en mm/tour: longitudinal transversal	0,038...2,3 0,015...0,9				
Puissance en kW	8,8				11,7
Modèle	SN32	SN50C	SN71C	1B62G	16B20
Diamètre d'usinage au dessus du tanin en mm	330	500	710	445	
Distance entre Centres en mm	750, 1000	1000, 1500, 2000	1500, 2000, 3000, 4000	1000	
Plage de vitesse en tr/min	14... ..2500	22... ..2000	10... ..1000	10... ..1400	12,5... ..1700
Avance en mm/tour: longitudinal transversal	0,025...3,2 0,012...1,6	0,05...6,4 0,025...3,2		0,18...22,4 0,009...11,2	
Puissance en kW	4,0	5,5	7,5	7,5	

Les accessoires - outillage technologique conçu pour monter ou guider l'objet concerné ou l'outil lors de l'exécution d'une opération technologique. Les accessoires pour machines à couper les métaux (universels et spécialisés) tels que les mandrins auto-centrant à deux, trois, quatre mors; différents types de mandrins (centré, cannelé, engrenage); objets de centrage-machine; diverses pinces, etc. Le nom et les normes des accessoires typiques sont indiqués dans le tableau. 4.9.

Un outil est un instrument technologique conçu pour agir sur l'objet concerné afin de changer son état. Les outils de coupe fonctionnent dans des conditions de charges lourdes, de températures élevées, de friction et d'usure. Par conséquent, les matériaux des outils doivent satisfaire à des exigences opérationnelles particulières. Le matériau de la surface fonctionnelle de l'outil doit avoir une grande dureté (beaucoup plus supérieure à la dureté du matériau de la pièce à usiner), des contraintes admissibles élevées pour la flexion, la tension, la compression et la

torsion. La nomenclature et les normes des fraises pour les opérations de tournage sont indiqués dans le tableau. 4.10.

Pour vérifier la conformité de la qualité de l'opération effectuée avec les exigences techniques établies, des instruments de mesure appropriés sont utilisés, qui sont indiqués dans le tableau. 4.11.

#### **2.4. Conception d'installations et de transitions pour les opérations de finition**

Installation - Partie de l'opération technologique réalisée avec un montage constant des pièces en cours de fabrication ou de l'unité d'assemblage à assembler. Le dimensionnement est réalisé pour l'opération de finition, qui inclut la surface « B ».

Les données initiales lors de la conception de la transition de finition sont:

les dimensions et la configuration de la surface à usiner et de la pièce dans son ensemble;

la marque et propriétés du matériau;

les indicateurs spécifiés de précision et de qualité de la surface à usiner;

l'état intermédiaire de la surface au moment de la transition;

schéma de montage de la pièce et rigidité des éléments du système speed;

les principales données du passeport de la machine et dimensions des points de montage des outils de coupe, capacités technologiques et organisationnelles de production.

Lors du choix des modes de coupe, vous devez:

➤ respecter un certain ordre: réglez d'abord la profondeur de coupe en mm, puis l'avance, la vitesse de coupe, la vitesse et la puissance de la machine. Le calcul est effectué simultanément au remplissage des cartes opérationnelles ou routières des processus technologiques dans un certain ordre (voir tableau 4.10). Les paramètres du régime de découpe sont interdépendants, vous ne pouvez donc pas modifier arbitrairement les valeurs de l'un d'eux sans modifier tous les autres en conséquence;

□ effectuer une coordination appropriée des valeurs de tous les paramètres avec possibilité de leur mise en œuvre sur la machine. La solution à ce problème est toujours multivariée, c'est-à-dire plusieurs options de combinaisons de paramètres de mode de coupe satisfont aux conditions définies.

Les résultats de la conception de l'opération technologique sont présentés sous forme de tableau (tableau 4.12).

**Tableau 4.9 Principaux types de mandrins, pinces et centres normalisés**

<b>Equipement</b>
<b>1. Mandrin</b>
<b>Mandrin</b> autocentrant à trois mors Laises de tour
<b>Mandrin a</b> <b>quatre</b> mâchoires avec mouvement indépendant des cames
<b>2. Laisse</b>
Autocentrage à deux mors
<b>Mandrin</b> autocentrants à trois et deux mors coin et levier- coin

**Tableau 4.10 Outils de coupe(les coupeurs)**

<b>Nom</b>
Tournage avec plaquettes en carbure
Penché

Droit
Poussée droite (courbée)
Nettoyer à grande échelle
Tournage avec plaquettes en carbure
Alésage pour trous traversants Idem pour trous borgnes
Assemblages de tournage avec fixation mécanique de plaquettes carbure multifacettes
Ennuyeux
Passages
Tours avec inserts en acier rapide
Passage coudé
Pareil, tout droit
Alésage pour trous traversants
La même chose pour les trous borgnes

**Tableau 4.11**

**Instruments de mesure**

Nom
Pied à coulisse
Micromètre
Calibre d'alésage avec valeur de division de 0,01mm

**Tableau 4.12**

**Carte technologique (exemple conditionnel. Lot de production - 10 pcs.**

**D = 60. L = 130 mm)**

A	Opération	Nom de l'opération	$T_{P-P}$	$T_{PS}$	$T_{PC}$	
B	Code, Nom de l'équipement					
O	Nº de transition				$T_E$	$T_{TP}$

R	Régime d'usinage	D	L	t	i	s	n	V
T	Information sur l'appareillage technologique utilisé et sur l'instrument							
M	Information sur le matériau utilisé							
A	015	Tournage	5,8		2,91		3,49	
B	CU325, Tour							
T	Centre tournant, DT 8742-75, Pince GOST 2578-70							
O	1. Fixer et retirer la pièce						0,30	-
O	2. Affiler les surfaces tout en gardant les dimensions 1 et 2						0,32	2,07
R		60	130	0,5	2	0,1	1270	244
T	Couteau droit de tournage DT 18878-73, micromètre DT 10-88							

### 2.5. Détermination des modes d'usinage pour le tournage de finition

Régime de coupe - un ensemble de valeurs de vitesse de coupe, d'avance ou de vitesse d'avance et de profondeur de coupe. Les éléments du régime de coupe sont définis (attribués) de telle sorte que lorsqu'ils sont utilisés, la productivité du travail la plus élevée soit obtenue au coût le plus bas de cette opération. Le choix du régime de coupe est influencé par les caractéristiques de la pièce et les caractéristiques de l'outil de coupe et de la machine. La séquence de sélection du régime de coupe est la suivante :  $t \rightarrow S \rightarrow V \rightarrow n$ , où  $t$  est la profondeur de coupe, en mm ;

$S$  – avance, mm/tour (en tournant) ;  $V$  – vitesse de coupe, m/min ;  $n$  – vitesse de rotation, tr/min (min<sup>-1</sup>).

La profondeur de coupe est la distance entre la surface à traiter et la surface traitée, mesurée perpendiculairement à cette dernière, c'est-à-dire qu'il s'agit de l'épaisseur de la couche de matériau enlevée en un seul coup de travail de l'outil.

La profondeur de coupe et le nombre de courses de travail sont choisis en fonction de la taille de la tolérance pour le traitement de la pièce, de la résistance et de la rigidité de la pièce, de la puissance de la machine et d'un certain nombre d'autres conditions. Pour réduire le temps de traitement, il est recommandé d'effectuer le traitement avec un nombre minimum de courses de travail.

La profondeur de coupe dépend de la taille de la surépaisseur, de la rugosité requise de la surface usinée et de la faisabilité économique du retrait de la surépaisseur. Lors du tournage, il s'agit de l'épaisseur de la couche métallique découpée en un seul passe d'outil de coupe.

Lors du tournage de finition, la surépaisseur est éliminée en deux passes: préliminaire, avec une profondeur de coupe de  $t = (0,65...0,75)Z$ , et finale, avec une profondeur de coupe de  $t = (0,25...0,35)Z$ . Si  $Z < 2$  mm, la valeur de la profondeur de coupe est déterminée par la rugosité de surface: à  $Ra < 3,2$  et  $Rz < 20$ , la surépaisseur est supprimée en une seule passe, et à  $Ra < 1,6$  et  $Rz < 10$ , la profondeur de coupe est prise dans les 0,1 ... 0,5 mm. L'avance est la quantité de mouvement de l'outil de coupe par rapport à la pièce (ou de la pièce par rapport à l'outil de coupe) en un tour. Les facteurs suivants influencent le choix de la valeur d'alimentation: le type de pièce et le mode de sa fixation; type d'usinage (ébauche, finition, perçage, alésage, etc.); type d'outil de coupe, paramètres géométriques de sa partie coupante et méthode de fixation; caractéristiques de la machine; rigidité du système technologique speed; propreté et précision de la surface traitée; dimensions de traitement (diamètre, profondeur, largeur). En fonction du sens de déplacement de la fraise, on distingue les avances longitudinales, transversales et inclinées. Il est recommandé de sélectionner le débit d'alimentation maximal possible. La vitesse d'avance du coupeur par tour de la pièce (S) et la vitesse de coupe sont réglées en fonction de la profondeur de coupe selon le tableau 4.13.

La vitesse de coupe est le rapport entre le mouvement de la lame de coupe de l'outil par rapport à la surface de la pièce et le temps. La vitesse de coupe peut être déterminée par:

\*la formule  $V = \pi D n/1000$  m/min, où n est la fréquence de rotation de la pièce ou de l'outil en min-1;

D – le plus grand diamètre de la pièce ou de l'outil en mm;

\*tableaux de normes correspondantes, graphiques, ouvrages de référence, etc. Dans ce cas, en fonction de la vitesse de coupe sélectionnée, le nombre de tours de la pièce

ou de l'outil par minute est déterminé pour les machines avec un mouvement rotatif de la broche:

$n = 1000V/\pi D$  en min-1. La fréquence de rotation est adaptée au passeport de la machine et la valeur inférieure  $n$  la plus proche est sélectionnée à partir de celui-ci. Sur la base des valeurs du nombre de tours sélectionnées dans le passeport, la vitesse de coupe est spécifiée à l'aide de la formule (4.1). Ces valeurs trouvées sont inscrites dans le tableau. 4.12.

Le nombre calculé de tours de la pièce par minute est réglé en fonction de la vitesse de coupe choisie (ou calculée). La valeur obtenue du nombre de tours est approuvée avec les données du passeport de la machine, en choisissant la plus petite la plus proche. Ensuite, on vérifie la valeur calculée de la vitesse de coupe sur la base de la valeur spécifiée de la vitesse  $V_T = \pi d n_T / 1000$ .

**Exemple. Données initiales (voir tableau 4.13):**

1. Pièce – acier laminé, acier 45. Poids de la pièce – 1,3 kg. Lot de production –  $N = 10$  pièces; 2. Diamètre de l'ébauche en mm –  $D_{eb} = 65$ ; 3. Diamètre de la pièce (après travail d'ébauche  $D_{teb}$  / après travail de finition -  $D_{tfin}$  en mm - 61,44/60,44; 4. Longueur de la surface traitée en mm – 130; 5. Qualité (travail de finition) – h11; 6. Modèle de machine CU360M (voir tableau 4.8.); 7. L'outil de coupe 2102-0055T15K6 est équipée de plaques en alliage T15K6. La section de l'outil de coupe est de 25x16.

Compte tenu de la grande précision et de la faible rugosité de la surface de la pièce, le tournage doit être effectué en deux passes. Pour le tournage de finition, une tolérance de 0,70 mm (voir tableau 4.10) sur diamètre a été laissée.

Les écarts maximum pour h11 seront de  ${}^0_{0,19}$  (voir tableau 4.13).

Désignons le régime de coupe pour terminer la transition:

1. Profondeur de coupe (données dans le tableau 4.2.) -  $t = \frac{D_{teb} - D_{tfin}}{2} = \frac{61,44 - 60,44}{2} mm = 0,5 mm$ .

2. Nombre de passes  $-i = \frac{z}{t} = \frac{0,7}{0,5} > 1$ . Nous prenons  $i = 2$

3. Selon le tableau. 4.14 choisir une vitesse d'avance égale à  $S = 0,1$  mm/tr.

4. Déterminez la vitesse de coupe en m/min:

$$V = \frac{C_V}{T^{m_t} S^y} K_V,$$

où  $C_V$  est un coefficient dépendant des conditions d'usinage (selon le tableau 4.15,  $C_V = 420$ );  $T$  - durée de vie de l'outil en min (on prend  $T = 60$  min);  $x, y, t$  - les exposants indicateurs (selon le tableau 4.15  $x = 0,15, y = 0,2, t = 0,2$ );  $k_V$  - facteur de correction général, qui est un produit de coefficients individuels, dont chacun reflète l'influence d'un certain facteur sur la vitesse de coupe.

Pour les outils de coupe avec plaquette en carbure,  $k_V$  est égal à:

$K_V = K_{\mu V} K_{nV} K_{uV}$ , où  $k_{\mu V}$  est un coefficient qui prend en compte l'influence des propriétés physiques et mécaniques du matériau traité (pour les outils de coupe en acier et en alliages durs  $k_{\mu V} = 0,75$ );  $k_{nV}$  - coefficient tenant compte de l'état de surface de la pièce (pour le traitement de finition  $k_{nV} = 1,0$ );  $k_{uV}$  est un coefficient qui prend en compte le matériau de la partie coupante (pour l'outil de coupe T15K6,  $k_{uV} = 1$ ).

$$V = \frac{420}{60^{0,20} 0,5^{0,15} 0,1^{0,2}} 0,75 = 244 \text{ m/min}$$

5. Déterminez la vitesse de rotation requise de la pièce -

$$n = (320V) / D = (320 \times 244) / 61,44 \approx 1270 \text{ tr/min}$$

6. Vérifiez le régime de coupe électrique sur la broche de la machine. D'après le tableau 4.14  $P_z = 0,34$  kN.

Alors, la puissance de coupe nécessaire est:

$P_C = F_C \cdot V / (60 \times 1020)$ , où  $F_C$  - la force de coupe en N,  $F_C = 9,81 C_p t^x S^y V^n K_C$  où  $C_p$  - Coefficient qui tient compte des propriétés du matériau usiné, du matériau de la partie coupante de l'outil de coupe et des conditions d'usinage (Par le tableau 4.12,  $C_p = 300$ );  $x, y, n$  - indicateurs exposants (Par le tableau 4.15,  $x = 1,00, y = 0,75, n = 0,15$ );  $K_C$  - Coefficient général de correction, qui est le produit des coefficients séparés dont chacun impose une influence sur un facteur défini de la force de coupe.

$K_C = K_{\mu p} \cdot K_{\phi p}$ , ou  $K_{\mu p}$  - Coefficient qui tient compte de l'influence des propriétés physico-mécaniques du matériau usiné (pour l'acier  $K_{\mu p} = 1,24$ );  $K_{\phi p}$  - Coefficient qui tient compte de l'angle principal dans le plan de coupe (pour  $\phi = 45^\circ$ ,  $K_{\phi p} = 1,0$ ).

$$F_C = 9,81 \times 300 \times 0,5^1 \times 0,1^{0,75} \times 244^{0,15} = 742 \text{ N.}$$

$$P_C = F_C \cdot V / (60 \times 1020) = 742 \cdot \frac{244}{60 \cdot 1020} = 3 \text{ KW}$$

Du tableau 4.8 pour le tour de modèle CU 360M, on détermine la puissance du moteur  $P_m = 4 \text{ KW}$ . Nous prenons comme rendement du tour  $\eta = 0,75$ . Ainsi la puissance au mandarin sera:

$$P_{mand} = P_m \cdot \eta = 4 \cdot 0,75 = 3 \text{ KW,}$$

ce qui est suffisant pour mettre en œuvre le régime de coupe choisi.

Mettre le résultat du calcul dans le tableau 12.

**Tableau 4.13**

**Écartés limites,  $\mu\text{m}$  [15]**

Intervalles de mesures en mm	Qualités										
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Jusqu' à 3	0 -6	0 -10	0 -14	0 -25	0 -40	0 -60	0 -100	0 -140	0 -250	0 -400	0 -600
3...6	0 -8	0 -12	0 -18	0 -30	0 -48	0 -75	0 -120	0 -180	0 -300	0 -480	0 -750
6...10	0 -9	0 -15	0 -22	0 -36	0 -58	0 -90	0 -150	0 -220	0 -360	0 -580	0 -900
10...18	0 -11	0 -18	0 -27	0 -43	0 -70	0 -110	0 -180	0 -270	0 -430	0 -700	0 -1100
18...30	0 -13	0 -21	0 -33	0 -52	0 -84	0 -130	0 -210	0 -330	0 -520	0 -840	0 -1300
30...50	0 -16	0 -25	0 -39	0 -62	0 -100	0 -160	0 -250	0 -390	0 -620	0 -1000	0 -1600
50...80	0 -19	0 -30	0 -46	0 -74	0 -120	0 -190	0 -300	0 -460	0 -740	0 -1200	0 -1900
80...120	0 -22	0 -35	0 -54	0 -87	0 -140	0 -220	0 -350	0 -540	0 -870	0 -1400	0 -2200
120...180	0 -25	0 -40	0 -63	0 -100	0 -160	0 -250	0 -400	0 -630	0 -1000	0 -1600	0 -2500
180...250	0 -29	0 -45	0 -72	0 -115	0 -185	0 -290	0 -450	0 -720	0 -1150	0 -1850	0 -2900
250...315	0 -32	0 -52	0 -81	0 -130	0 -210	0 -320	0 -520	0 -810	0 -1300	0 -2100	0 -3200
315...400	0 -35	0 -57	0 -89	0 -140	0 -230	0 -360	0 -570	0 -890	0 -1400	0 -2300	0 -3600
400...500	0 -40	0 -63	0 -97	0 -155	0 -250	0 -400	0 -630	0 -970	0 -1550	0 -2500	0 -4000

**Tableau 4.14**

**Vitesses d'avance (mm/tour) lors du tournage des ébauches en acier sur les tours**

Diamètre de la surface à traiter en mm	Profondeur de coupe en mm	
	Jusqu'à 2	De 2 à 5
Jusqu'à 20	0,10...0,30	0,10...0,20
De 20 à 50	0,10...0,40	0,10...0,30
De 50 à 100	0,10...0,50	0,10...0,40

**Tableau 4.15**

**La valeur du coefficient C et des exposants**

**Traitement de l'acier au carbone structural  $\sigma_B = 750 MPa$ , T15K6 (sans refroidissement), tournage extérieur)**

Coefficient et indicateur d'exposant	Dans la formule de la vitesse de coupe			Dans la formule de la force de coupe
	Jusqu'à 0,3	0,3...0,7	Plus de 0,7	
C	420	350	340	300
x	0,15			1,00
y	0,20	0,35	0,20	0,75
m	0,20			
n	-			0,15

## 2.6. Définition de la norme de temps technique

Conformément à la structure, le temps standard pour une opération comprend des temps préparatoires-finaux et des temps partiels.

**Le temps préparatoire de conclusion ( $T_{PC}$ )** est l'intervalle de temps consacré à la préparation de l'exécutant ou des exécutants et les équipements des instrumentations technologiques et des moyens permettant d'effectuer une opération technologique et de mettre les dernières opérations en ordre après la fin de chaque phase et (ou) d'effectuer cette opération pour un lot d'éléments de travail et est consacré à: la familiarisation avec le travail; mise en place d'équipements pour la production d'un lot de pièces; usinage d'essai des pièces; réception des tâches, ainsi que des flans, des outils et des dispositifs; livraison des produits, outils et

équipements après achèvement des travaux. Il ne dépend pas du nombre de pièces traitées simultanément et est affecté à l'ensemble du lot de pièces.

**Le temps de pièce ( $T_{Pe}$ )** est un intervalle de temps égal au rapport du cycle d'une opération technologique par le nombre de produits simultanément en cours de fabrication ou de réparation ou égal au temps calendaire de l'opération d'assemblage et est donné à la fabrication d'une pièce (pièce) et sa norme se compose des éléments principaux suivants:

$$T_{Pe} = T_{Pr} + T_{Au} + T_e + T_{Pause} \text{ en min,}$$

où  $T_{Pr}$  – est le temps principal (technologique);  $T_{Au}$  – temps auxiliaire;  $T_e$  – temps d'entretien d'un poste de travail;  $T_{Pause}$  – temps de pause, de repos et de besoins personnels.

Lors de la détermination du coût d'une opération, on utilise le temps calculé pour une pièce (qui est déterminé par la formule):

$T_{P-calculé} = T_{Pe} + T_{Pc}/N$  en min, où N est le nombre de pièces dans un lot en pcs.

**Le temps technologique principal ( $T_{Pr}$ )** - est une partie du temps de pièce, consacré pour le changement et/ou la détermination ultérieure de l'état de l'objet du travail et est dépensé sur des changements directs des formes géométriques, des tailles et d'état des surfaces des pièces en cours d'usinage (tournage et de métallurgie) ou sur les modifications de la position relative des pièces du produit (travaux d'assemblage).

**Le temps auxiliaire ( $T_{Au}$ )** - est une partie du temps de pièce, consacré à l'exécution des techniques nécessaires pour assurer un changement et une détermination ultérieure de l'état de l'objet de travail, et est consacré aux techniques qui assurent l'exécution du travail principal et sont répétées soit avec chacune des ébauches en cours de traitement, soit dans une certaine séquence après un certain nombre d'entre elles (par exemple, lors de l'installation, du contrôle et du retrait d'une pièce; de la mesure d'une pièce; du démarrage et de l'arrêt d'une machine; de l'alimentation et du retrait d'un outil; de la fixation et du retrait d'un dispositif; du changement de l'alimentation et de la vitesse de traitement).

$$T_{Au} = T_i + T_t + T_m,$$

où  $T_i$  est le temps auxiliaire d'installation et de retrait de la pièce en min;

$T_t$  – temps auxiliaire associé à la transition en min;  $T_m$ - temps auxiliaire associé à la mesure en min.

Dans la norme du temps de pièce sur les machines à usage général (c'est-à-dire tours, tourelle, fraisage, meulage) le temps auxiliaire est souvent plus long que le temps principal. Dans le même temps, une part importante du temps auxiliaire est consacrée au montage et au démontage des pièces, ainsi qu'au contrôle technique.

La somme du temps principal et auxiliaire est appelée temps opérationnel

$$(T_{op}). T_{op} = T_{Au} + T_{Pr}$$

**Le temps d'entretien d'un poste de travail ( $T_e$ )** - est une partie du temps de pièce, consacré par l'exécutant à maintenir l'équipement technologique en état de fonctionnement et à en prendre soin ainsi que celui du lieu de travail et est égal à

$$T_e = T_{et} + T_{eo}$$

**Le temps d'entretien technologique du lieu de travail ( $T_{et}$ )** est consacré par un travailleur à:

- entretien du lieu de travail pendant le travail;
- réglage de la machine;
- remplacement et correction des outils de coupe émoussés;
- enlèvement de copeaux, etc.

Il est calculé en pourcentage du temps principal et varie selon le type et la taille de la machine-outil de 1 à 3,5 %.

**Le temps d'entretien organisationnel du lieu de travail ( $T_{eo}$ )** est consacré à: \*la mise en place de l'outil au début d'une phase d'usinage et son retrait à la fin de cette phase; \* l'inspection et essai d'équipements; \*recevoir des outils pendant l'exécution de la phase; \*la lubrification et nettoyage de la machine; \*nettoyer le lieu de travail à la fin de la phase d'usinage. Il est calculé en pourcentage du temps de fonctionnement et est égal à 0,8...2,5 %, selon le type et la taille de la machine, en production à grande échelle et en série, et à 2...4 % en production en série.

Temps de pause (pour le repos et les besoins physiques) ( $T_{Pause}$ ) - est accepté en fonction des conditions de production. Pour la production en série, ce temps est égal à 4...6 %, et pour la production en série à grande échelle, il est égal à 5...8 % du temps de fonctionnement (selon le type de machine).

Lors de l'usinage sur des machines de découpe de métaux, le temps principal (technologique) est défini en fonction des dimensions de la pièce à traiter et du mode de fonctionnement technologique de l'équipement (pour chaque type de traitement, cette formule de base peut être spécifiée):

$$T_{Pr} = Li/S_M = Li/nS,$$

où L est la longueur calculée du parcours de l'outil ou de la pièce dans la direction de l'avance;  $S_M$  – avance par minute; i – nombre de passes; n – nombre de tours de broche par minute ou nombre de passes doubles ; S – avance par tour ou par double course.

La longueur d'usinage calculée (L) se compose des éléments suivants:

longueurs: de la surface usinée (l), qui est tirée du dessin d'exécution, pénétration de l'outil de coupe ( $l_1$ ); dépassement (sortie) de l'outil de coupe ( $l_2$ ).

$$L = l + l_1 + l_2.$$

Les valeurs de la longueur de coupe et du dépassement sont définies en fonction de la forme de l'outil, de la nature et des dimensions de l'usinage.

Ils sont calculés à l'aide de formules ou adoptés à partir de tables standards.

Les valeurs de  $l_1$  et  $l_2$  peuvent être sélectionnées dans le tableau 4.16.

Les normes d'installation et de retrait de la pièce sont indiquées dans le tableau 4.17.

Normes relatives au temps auxiliaire associé à la transition ou à la surface traitée sont indiquées dans les tableaux 4.17...4.19.

Le temps préparatoire de conclusion ( $T_{Pc}$ ) est fixé selon les conditions d'installation ou de fixation de la pièce par le tableau 4.20.

**Exemple.** Nous effectuons le traitement selon le schéma indiqué sur la figure 4.3.

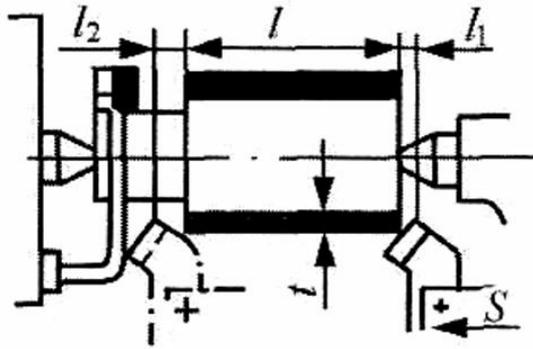


Figure 4.3. Methode d'usinage des surfaces

1. Selon le tableau. 4.13 à  $\varphi = 45^\circ$ ,  $l_1 = 0,5\text{mm}$ ,  $l_2 = 1\text{mm}$ .

$$L = 130 + 0,5 + 1,0 = 131,5 \text{ mm.}$$

$$2. T_{Pr} = Li/S_M = Li/nS = (131,5 * 2)/(1270 * 0,1) = 2,07\text{min.}$$

3. Selon le tableau. 4.14 et 4.15,  $T_i = 0,3 \text{ min}$ ,  $T_t = 0,09 \text{ min}$ ,  $T_m = 0,23 \text{ min}$ .

$$\text{Alors } T_{Au} = T_i + T_t + T_m = 0,3 + 0,09 + 0,23 = 0,62 \text{ min.}$$

$$4. T_{op} = T_{Au} + T_{Pr} = 0,62 + 2,07 = 2,69 \text{ min.}$$

$$5. \text{ Prenons: } T_{et} = 2 \% T_{op}, T_{eo} = 2 \% T_{op},$$

$$T_e = T_{et} + T_{eo} = 2 \% T_{op} + 2 \% T_{op} = 4 \% T_{op} = 4 * \frac{2,69}{100} = 0,11\text{min}$$

$$6. \text{ Prenons: } T_{pause} = 4 \% T_{op} = 4 * \frac{2,69}{100} = 0,11\text{min}$$

$$7. T_{Pe} = T_{Pr} + T_{Au} + T_e + T_{pause} = T_{op} + T_e + T_{pause} = 2,69 + 0,11 + 0,11 = 2,91\text{min.}$$

8. Selon le tableau. 4.20,  $T_{Pc} = 5,8\text{min}$ .

$$9. T_{P\text{-calculé}} = T_{Pe} + \frac{T_{Pc}}{N} = 2,91 + \frac{5,8}{10} = 3,49 \text{ min}$$

Les résultats du calcul sont à mettre dans le tableau. 4.12

Tableau 4.16

**Profondeur de coupe et dépassement lors du travail avec des outils de coupe, mm**

Nom des coupeurs	Profondeur de coupe jusqu'à, mm	L'ampleur de la plongée à l'angle principal $\varphi$ dans le plan				L'ampleur du dépassement en mm
		30°	45°	60°	75°	
Machines à aléser les trous traversants	0,5	0,9	0,5	0,25	0,13	1,0
	1,0	1,7	1,0	0,5	0,3	1,0
	1,5	2,6	1,5	0,8	0,4	1,5
	2,0	3,5	2,0	1,0	0,6	1,5
	2,5	4,3	2,5	1,3	0,7	1,5
	3,0	5,2	3,0	1,5	0,8	2,0

	4,0 5,0	6,9 8,7	4,0 5,0	2,0 2,5	1,1 1,3	2,0 2,0
--	------------	------------	------------	------------	------------	------------

**Tableau 4.17. Temps auxiliaire pour la pause et le retrait de la pièce en min.**

Méthode d'installation de la pièce	Conditions d'exécution du travail	Poids de la pièce, kg							
		0,25	0,5	1	3	5	8	12	20
Dans les centres	Sans mettre de pince	0,16	0,17	0,18	0,20	0,24	0,26	0,29	0,34
Dans les centres	Avec la mise en place de la pince	0,24	0,25	0,27	0,30	0,34	0,40	0,48	0,60

**Tableau 4.18**

**Temps auxiliaire associé à la transition ( $T_i$ ) en min**

Tournage longitudinal	$T_t$
Avec un cutter réglé à la taille	0,09
Avec le coupeur installé sur une butée ou un membre	0,15
Avec la prise d'une puce copeau de test (qualité 11, 12)	0,38
Avec la prise de deux copeaux d'essai (8, 9 normes de qualité)	0,68

**Tableau 4.19**

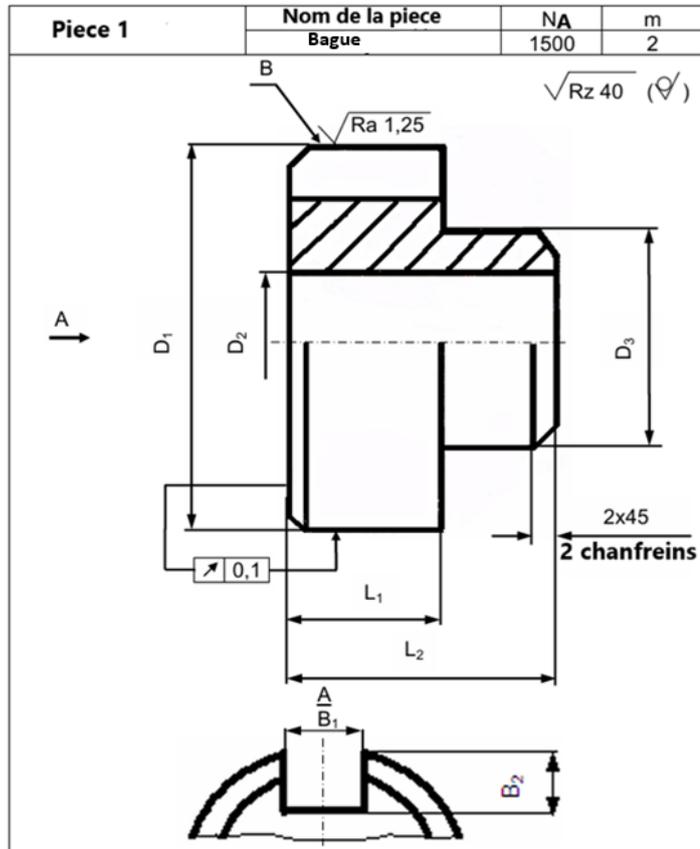
**Temps auxiliaire pour les mesures de contrôle en min.**

Outil de mesure	Précision de mesure	$T_m$
Pied à coulisse	0,1mm	0,19
Micromètre, indicateur	0,01 mm	0,23
Collier de serrage double face	11...13 de qualité	0,14
Serre-joint double face	7...9 de qualité	0,21

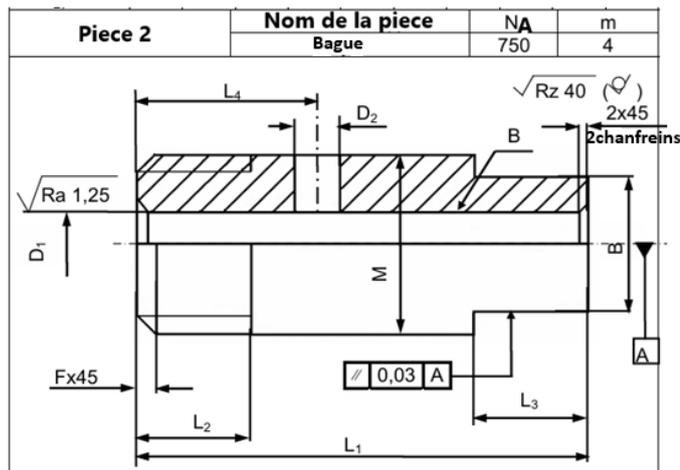
**Tableau 4.20****Temps préparatoire et de conclusion lors du travail sur les tours, min.**

Méthode d'installation de la pièce	À la hauteur des centres en mm			
	200	400	600	800
Dans les centres	4,0	5,8	6,8	9,6
Dans un mandrin à trois mors	6,0	6,6	8,8	12,1
Dans un mandrin à quatre mors	7,0	8,1	10,8	14,7
Dans un mandrin à pince	4,8	5,8	6,5	7,9

ANNEXE



Différents cas										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D <sub>1</sub> , MM	50	32	126	160	206	200	240	50	120	80
D <sub>2</sub> , MM	18	8	26	80	60	40	20	14	14	10
D <sub>3</sub> , MM	28	16	80	140	100	100	180	30	60	30
L <sub>1</sub> , MM	20	6	125	12	125	300	15	60	120	20
L <sub>2</sub> , MM	35	15	200	32	60	100	50	80	200	150
B <sub>1</sub> , MM	6	2	4	8	8	4	6	4	6	4
B <sub>2</sub> , MM	10	4	8	10	10	6	4	6	10	8



Différents cas										
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
L <sub>1</sub> , MM	100	90	180	200	100	90	160	80	100	200
L <sub>2</sub> , MM	25	20	40	80	20	10	20	8	50	120
L <sub>3</sub> , MM	25	40	40	50	20	60	60	40	24	18
L <sub>4</sub> , MM	40	40	90	125	50	25	40	30	70	140
D <sub>1</sub> , MM	15	32	40	20	12	40	30	26	20	12
D <sub>2</sub> , MM	10	6	12	8	10	6	10	8	6	5
M, MM	M40	M60	M90	M56	M36	M90	M60	M72	M48	M36
B, MM	30	50	80	40	24	72	48	48	40	20
F, MM	4	5	5	5	3	4	5	5	3	3

