



MODÉLISATION DE L'ACTION DES LIQUIDES DE COUPE

Sydorova H.V., Mikhaïlov A.N.

(Université Nationale Technique de Donetsk, Donetsk,
Ukraine)

Tél./Fax +38 062 3050104, E-mail: sydorova@gmail.com

Resumé: On a considéré les problèmes de la modélisation de l'action des liquides de coupe, notamment refroidissante, lubrifiante et de la fragmentation du copeau dans le milieu du logiciel pour la simulation numérique thermomécanique basé sur la méthode des éléments finis Abaqus Explicite.

Mots-clés: usinage, liquide de coupe, méthode des éléments finis, refroidissement, lubrification.

Le juste choix des liquides de coupe lors de l'usinage par coupe peut diminuer considérablement l'usure des outils de coupe et améliorer la qualité de la surface à usiner. Pourtant la difficulté des processus physico-mécaniques dans la zone de coupe ne permet pas souvent de faire l'analyse du processus de coupe et le juste choix du liquide de coupe. C'est pourquoi dans les certains cas le liquide de coupe peut être non effective et parfois provoquer l'action inverse – augmenter l'usure et diminuer la qualité de la surface à usiner. La réalisation des essais pour toutes les conditions d'usinage (régimes de coupe, matériaux à usiner, nuances de coupe, géométrie de l'outil de coupe) et tous les types des liquides de coupe est très chère. La mesure des certains paramètres physico-mécaniques est difficile car la zone de coupe est très petite et le processus passe avec une grande vitesse. La simulation numérique peut résoudre ce problème.

Les logiciels pour la simulation numérique des procédés des grandes transformations peuvent se baser sur une des méthodes – la méthode des éléments finis ou bien la méthode des éléments naturels. La nouvelle méthode des éléments naturels présente beaucoup des avantages, un des principaux est la technique sans maillage qui permet d'éviter les problèmes liés avec la dégradation des éléments surtout aux procédés des grandes transformations. Pourtant, tel inconvénient comme la difficulté à l'implantation des conditions aux limites oriente notre choix à la méthode des éléments finis. Parmi des codes les plus répandues dans la simulation numérique de la coupe par la méthode des éléments finis (Abaqus Explicit, AdvantEdge, Deform etc), Abaqus Explicit présente l'intérêt du point de vue de son ouverture et des possibilités d'intégrer les différentes lois de comportement des matériaux et leurs interactions.

Pour élaborer le modèle numérique du processus de coupe dans le logiciel du calcul Abaqus Explicit il faut effectuer les étapes suivantes :

- élaborer les modèles CAD de l'outil de coupe et de la pièce à usiner ;
- insérer les paramètres physiques de l'outil de coupe et du matériau à usiner ;
- identifier la loi de comportement du matériau ;
- identifier la loi de rupture du matériau ;
- identifier la loi de contact outil-pièce ;
- choisir l'approche utilisée lors de la modélisation (Eulérienne, Lagrangienne ou Arbitrary Lagrangian Eulerian);
- déterminer les conditions limites ;
- choisir le type d'analyse ;
- déterminer la stratégie du maillage et le type des éléments.

À l'aide des liquides de coupe on peut réguler la température, le frottement, la fragmentation du copeau et d'autres paramètres dans la zone de coupe. Donc, il faut tenir compte ces paramètres dans le modèle numérique du processus de coupe (fig. 1).

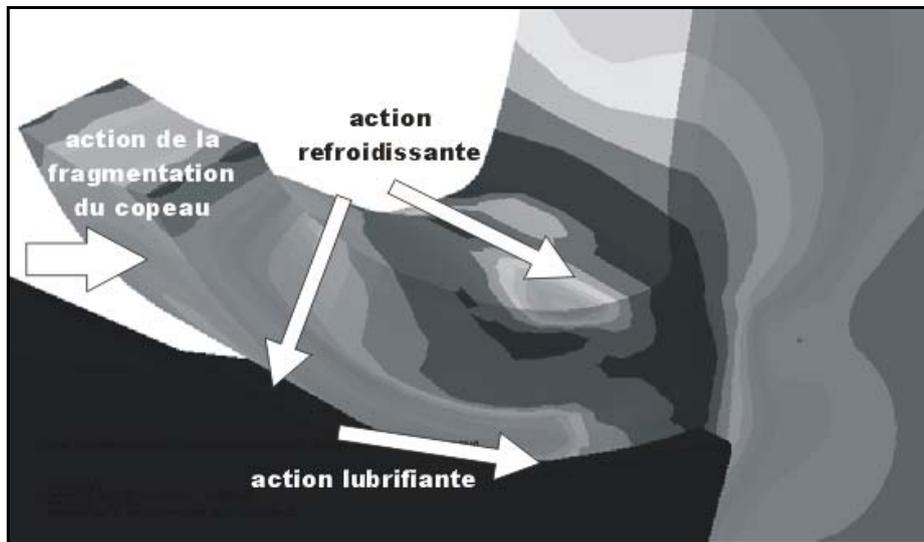


Fig. 1. Actions du liquide de coupe dans le modèle numérique de la coupe

Pour estimer l'action refroidissante on applique le flux thermique spécifique pour les zones de l'action des liquides de coupe :

$$q = \alpha \cdot (T_s - T_l),$$

où α - le coefficient de la conductibilité thermique, T_s - la température du solide, T_l - la température du liquide. [1]

Le coefficient de la conductibilité thermique :

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{D_{\text{éq}}},$$

où Nu - le nombre de Nusselt, λ - la conductibilité, $D_{\text{éq}}$ - le diamètre équivalent.

Le diamètre équivalent :

$$D_{\text{éq}} = \frac{4 \cdot S}{U},$$

où S - la surface du solide de l'action du liquide de coupe, U - le périmètre de la surface du solide de l'action du liquide de coupe.

Le nombre de Nusselt:

pour $8 < Re < 10^3$:

$$Nu = 0,5 \cdot Re^{0,5} \cdot Pr^{0,38} \cdot (Pr/Pr_{\text{ref}})^{0,25};$$

pour $10^3 < Re < 2 \cdot 10^5$:

$$Nu = 0,25 \cdot Re^{0,6} \cdot Pr^{0,38} \cdot (Pr/Pr_{\text{ref}})^{0,25},$$

où Re – le nombre de Reynolds, Pr - le nombre de Prandtl, Pr_{af} – le nombre de Prandtl dans la couche frontière.

Le nombre de Reynolds :

$$Re = \frac{w \cdot D_{eq}}{\nu},$$

où w – la vitesse moyenne du flux du liquide, ν - la viscosité cinématique.

Le nombre de Prandtl :

$$Pr = \frac{w \cdot \rho}{c},$$

où ρ – la densité, c_p – chaleur spécifique.

L'action lubrifiante du liquide de coupe peut être estimée par le coefficient de frottement qu'on introduit dans le modèle :

$$\bar{\mu} = \frac{F_c \cdot \cos \gamma + F_a}{F_c - F_a \cdot \cos \gamma},$$

où F_c - l'effort de coupe, F_a – l'effort axial, γ – l'angle de coupe. [2]

On tient compte l'action de la fragmentation du copeau du liquide de coupe par effort qui provoque le jet de liquide sous pression :

$$F = Q_1 \cdot v \cdot \rho,$$

où Q_1 - le débit du liquide de coupe au coté du copeau :

$$Q_1 = \frac{Q_m}{2} \cdot (1 + \cos \alpha),$$

où Q_m - le débit général du liquide de coupe, α - l'angle d'inclinaison du jet.

Le débit général du liquide de coupe:

$$Q_m = c \cdot s \cdot w,$$

où c – le coefficient du débit, s – la surface de la section de la buse. [3]

Ainsi à l'aide du modèle numérique élaboré on peut déterminer les paramètres physico-mécaniques dans la zone de coupe pour les différentes conditions de coupe et types des liquides de coupe. Dans ce cas l'optimisation du processus de coupe est moins chère et prend moins du temps par rapport à l'utilisation des méthodes expérimentales.

Bibliographie : 1. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов резанием: Справочник / Под ред. Энтелиса С. Г, Берлинера Э. М. – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1995. - 496 с. 2. Soldani X. Modelisation analytique de l'usinage à grande vitesse et etude de l'usure en cratère – application au tournage. Thèse présentée pour obtenir le grade de docteur : Génie Mécanique - Mécanique des Matériaux - Metz, 2008. – 166 p. 3. Braham Bouchnak T. Etude du comportement en sollicitations extrêmes et de l'usinabilité d'un nouvel alliage de titane aéronautique: le Ti555-3. Thèse présentée pour obtenir le grade de docteur : mécanique - Angers, 2010. – 232 p.