

N° d'ordre attribué par la bibliothèque : L

THÈSE

Présentée pour obtenir le grade de

DOCTEUR

De

L'UNIVERSITÉ DE LORRAINE

Spécialité : Mécanique et Énergétique

École Doctorale EMMA 409 (Énergie Mécanique MATériaux)

Présentée par

Naoual SABKHI

Contribution à l'étude expérimentale et à la modélisation de l'usinage des pièces de grandes dimensions : Application au cas du taillage de dentures à la fraise-mère

Directeurs de thèse : Abdelhadi MOUFKI & Mohammed NOUARI

Soutenue publiquement le vendredi 18 décembre 2015 devant le jury composé de :

| | | |
|------------------------------|--|--------------------|
| M. Adinel GAVRUS | Maitre de conférences HDR, INSA de Rennes | Rapporteur |
| M. Henri PARIS | Professeur, Université Joseph Fourier de Grenoble | Rapporteur |
| M. Claude BARLIER | Professeur, Directeur du CIRTES, Directeur du GIP-InSIC et Président d'INORI | Examineur |
| M. Alain DAIDIE | Professeur, INSA de Toulouse | Examineur |
| Mme. Michele GUINGAND | Maitre de conférences HDR, INSA de Lyon | Examineur |
| M. José OUTEIRO | Professeur, Arts et Métiers ParisTech | Examineur |
| M. Cyril PELAINGRE | Ingénieur-Docteur, Responsable R&D, CIRTES | Examineur |
| M. Abdelhadi MOUFKI | Professeur, Université de Lorraine | Directeur de thèse |
| M. Mohammed NOUARI | Professeur, Directeur de la recherche du GIP-InSIC, Université de Lorraine | Directeur de thèse |

Contribution à l'étude expérimentale et à la modélisation de l'usinage des pièces de grandes dimensions : Application au cas du taillage de dentures à la fraise-mère

Résumé :

Le travail de recherche réalisé dans le cadre de cette thèse introduit une nouvelle approche thermomécanique pour la modélisation du procédé de taillage à la fraise-mère et la maîtrise de la précision géométrique et la qualité des pièces fabriquées. La génération des dentures dans le cas industriel des pièces de grandes dimensions a été simulée pour la prédiction des efforts de coupe. Le calcul de ces efforts s'est basé sur trois phases : une phase de simulation de l'intersection géométrique entre l'outil et la pièce moyennant une simulation de la cinématique du procédé par le logiciel CATIA, une phase de simulation numérique ALE (Approche Eulérienne-Lagrangienne) 2D de la coupe orthogonale, et une dernière phase dite 'simulation mécanistique' qui utilise les résultats des deux premières phases pour la prédiction des efforts de coupe. La présente approche conduit à un modèle de prédiction des efforts de coupe 3D pour le processus de taillage et apparaît comme une alternative intéressante à l'approche classique de la littérature qui nécessite beaucoup d'essais expérimentaux pour déterminer les coefficients spécifiques de coupe caractéristique du matériau usiné. Nous avons également proposé une approche prédictive basée sur une modélisation analytique de l'interaction arête-copeau lors d'une opération de taillage en finition. La démarche proposée présente l'intérêt de s'affranchir des essais d'usinage, souvent longs et coûteux, dans le cas de cette opération complexe (gabarit et géométrie des pièces, cinématique, formation de copeau, etc.). Enfin, le modèle proposé a été appliqué pour analyser le taillage des grandes couronnes (plusieurs mètres) en phase de finition.

Mots clés : Usinage, Pièces de grandes dimensions, Opération de taillage, Températures, Efforts de coupe, Modélisation.

Abstract:

This work introduces a novel approach for a predictive model for hobbing process in order to improve the geometrical accuracy and quality of the manufactured part. An industrial case study of the generation of the teeth was simulated for prediction of effort. The calculation of the cutting forces is based on several steps: tool/part intersection step by means of a kinematic simulation of the process by CATIA, 2D numerical simulation of the process of the orthogonal cutting and finally the last step called 'mechanistic simulation' which uses the results of the other two steps for the prediction of cutting forces. This approach leads to model the 3D cutting force for hobbing process and appears as an interesting alternative to traditional mechanistic approach which requires a lot of experimental tests to determine the cutting force coefficients. Besides, we have proposed a predictive approach based on an analytical modeling of chip formation in finishing hobbing operation. The interest of the suggested approach is to be able to avoid machining tests in the case of this very complicated operation (huge dimensional parts, kinematic, chip formation process, etc...). Finally, the proposed model was applied to analyze the hobbing of large parts (several meters) during finishing stage.

Keywords : Machining, Big parts, Hobbing, Temperature, Cutting forces, Modeling.