

Résumé

La rectification est un procédé de fabrication permettant d'obtenir des états de surface avec une rugosité très faible. Elle est généralement utilisée sur des matériaux très durs pour lesquels les autres procédés d'usinage ne sont pas adaptés, cependant, ce procédé fait intervenir des mécanismes d'enlèvement matière complexe et difficile à mettre en œuvre.

Lors du processus de rectification, l'énergie de rectification est principalement convertie en chaleur entre la pièce, la meule, le liquide d'arrosage et les copeaux. Les températures et les flux de chaleur à l'interface meule/pièce dépendent de la géométrie du contact, du matériau rectifié, de la meule (taille de grains, géométrie, densité, porosité, usure), de son dressage, des paramètres de rectification (profondeurs de passe, vitesse d'avance, vitesse de meule, conditions de dressage), des conditions d'arrosage et de lubrification. Les températures élevées peuvent engendrer des transformations métallurgiques superficielles, des gradients de contraintes résiduelles, ainsi que des variations dimensionnelles notables. D'une façon générale l'intégrité de surface peut être grandement modifiée par cette interaction. Les conditions de rectification doivent garantir les critères de qualité et d'intégrité du matériau tout en répondant aux besoins d'augmentation de la productivité en milieu industriel

L'objectif cette thèse a été l'étude mécano-thermique de l'interface meule/pièce/lubrifiant, dans le but de réduire le risque d'endommagement lors de la rectification d'une denture d'engrenage en acier nitruré et de qualifier les transformations éventuelles impactant l'intégrité de la pièce qui lui est associé.

Pour cela nous avons développé plusieurs axes de recherche. Nous avons proposé et vérifié expérimentalement à partir d'une méthode inverse et de mesures de températures par thermocouple rectifiable, un modèle de flux thermique permettant, en utilisant une mesure d'effort de prédire le profil de température à l'interface meule/pièce/lubrifiant. Nous avons effectué un comparatif détaillé de meules dans le but de déterminer celle qui permettra pour un état de surface donné de limiter le risque d'endommagement thermique du matériau rectifié. Pour effectuer cette étude, nous nous sommes intéressés à la profondeur de passe maximale admissible de chaque meule avant brûlure. Ce comparatif a été mené à la fois en laboratoire et en milieu industriel. Nous avons ensuite étudié l'influence des endommagements thermiques provoqués par la rectification en étudiant et en qualifiant la microstructure de l'acier nitruré. L'utilisation de moyens de mesure classiques (dureté, MEB EBSD, DRX) ou inédits et peu utilisés sur les brûlures de rectification (bruit Barkhausen, spectroscopie Raman) nous a permis de définir les modifications du matériau endommagé en termes de contraintes résiduelles, de dureté, de tailles de grain et de création d'oxydes. Enfin, nous avons mené une étude détaillée sur l'influence de la lubrification lors de la rectification de notre acier nitruré. Nous avons pour cela modifié indépendamment les débits et vitesses d'arrosage en sortie de buse et observé les changements que cela engendrait sur le profil température dans la zone de rectification et sur le coefficient de répartition de la pièce.

Abstract

The grinding process is very useful to obtain very precise surface finish. It is generally use on very hard materials which cannot be machined by other conventional machining processes. However grinding involve very complex material removal mechanisms and most of time difficult to set up.

During the grinding process, the main grinding energy is converted into heat between chip, lubricant, wheel and workpiece. Temperature and heat flux in the grinding zone depend on the contact geometry, on the material, on the wheel (grit size, geometry, porosity, wear), on the dressing, on the grinding parameters (depth of cut, workpiece speed, wheel speed) and on lubrication conditions. High temperatures result in thermal damage such as metallurgical changes, stress gradients, and changes in workpiece dimensions. In general terms, because of this process, surface integrity may be seriously damaged. Grinding parameters have to guarantee the workpiece quality and have to respond to the improvement of productivity in the industry.

The target of this thesis was the mechanical and thermal study of the grinding zone between workpiece, wheel and lubricant in order to reduce the burn risk during the grinding of a gear made in a nitrated steel. The purpose was also to define the possible transformation associated to this damage.

