

Une nouvelle méthode de cémentation minimise les déformations

29 juin 2018, 02:00

En faisant passer les pièces en acier une par une dans un four de cémentation compact spécialement conçu, le traitement thermique peut être nettement optimisé et produire de meilleurs résultats, par exemple moins de déformations.

Le fabricant de fours polonais Seco-Warwick a conçu UniCase Master, un système révolutionnaire qui résout les problèmes d'hétérogénéité des propriétés des pièces cémentées dans la masse (engrenages, bagues de synchro, roulements, etc.).

Dans le traitement thermique de pièces en acier, le transfert de chaleur pendant le chauffage et le refroidissement des pièces joue un rôle important. Dans les fours de traitement thermique conventionnels, on utilise généralement une « pile » de pièces (10 à 100 pièces par charge) qui, après avoir atteint la température de durcissement, sont trempées ensemble dans un fluide, ce qui permet de les tremper. Ce refroidissement radical entraîne la transformation martensite. Étant donné que le flux thermique lors de ce traitement est généralement bidimensionnel (de haut en bas) et que ce flux est loin d'être uniforme, il est clair que les composants ne reçoivent pas un traitement identique. Il en résulte une dispersion des propriétés mécaniques (dureté, profondeur de trempe, structure) et des déformations.

Processus par lots conventionnel

Le processus de cémentation conventionnel se déroule généralement dans des fours à gaz (cornues ou fours à chambre) où un gaz endogène inflammable est utilisé comme protection contre la décarbonation. Après le chauffage, un gaz à haute teneur en carbone à base de gaz naturel, de propane ou de méthylène est injecté dans le four, ce qui entraîne la cémentation de l'acier. Après un processus de diffusion à haute température de longue durée, les pièces sont rapidement refroidies dans un bain de trempe (généralement de l'huile).

Une première évolution et amélioration de ce procédé a été obtenue en utilisant un four sous vide au lieu d'un four à gaz, en combinaison avec un système de trempe gaz à haute pression au lieu d'un bain d'huile. Toutefois, la méthode d'empilage des pièces à l'aide de grilles d'acier réfractaire, a été conservée. En raison de cet empilage de nombreuses pièces similaires et des inévitables variations de température à l'intérieur d'un four, de petits gradients se produisent toujours dans le chauffage et le refroidissement des pièces.

C'est surtout pendant la phase de trempe que ces différences sont les plus importantes : le fluide de refroidissement doit en effet s'écouler de tous les côtés des pièces dans la pile afin d'assurer un refroidissement uniforme à chaque pièce. La moindre perturbation dans le modèle d'écoulement

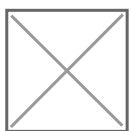
peut générer de grandes différences dans le résultat final, par exemple en termes de dureté et de profondeur de trempe. Cela signifie que les pièces au milieu de la charge auront des propriétés différentes de celles des pièces situées sur les bords.

C'est également pendant le refroidissement (trempe) que les déformations se produisent. Ces déformations résultent de la dilatation thermique de l'acier, mais aussi de la transformation de l'austénite en martensite. De nombreuses études et simulations ont été réalisées dans le passé pour étudier et maîtriser ce processus. Toutefois, la complexité du processus de convection et le grand nombre de paramètres du processus rendent la phase de refroidissement très difficile à modéliser. La plupart des systèmes de trempe conventionnels entraînent toujours une certaine déformation des pièces trempées. Celle-ci ne peut être éliminée que par une finition appropriée (meulage, rectifiage, etc.).

Traitement pièce par pièce

Il y a à peine quelques années, un constructeur de fours a eu l'idée, au lieu de traiter les pièces en lots dans un grand four, de les faire passer une par une dans un petit four. Les fours à bande alimentés au gaz existaient depuis longtemps, mais Seco-Warwick a combiné cette technique à la technologie de cémentation avec un four sous vide (« low pressure carburizing ») et au refroidissement à gaz à haute pression (« high pressure gas quenching »). Cette technologie combinée a permis la mise au point du système de four breveté UniCase Master.

Cette installation de four compact (9,5 m x 6,5 m x 3,5 m) couvre toutes les étapes d'un processus de cémentation classique. Les pièces, par exemple des engrenages, traversent un four à vide rectangulaire compact sur une bande transporteuse. Ce four comporte trois chambres horizontales, l'une au-dessus de l'autre : une zone d'échauffement, une zone d'uniformisation et une zone de diffusion (cémentation). Des élévateurs sont prévus des deux côtés pour déplacer les pièces d'une chambre dans l'autre. Après la cémentation, un robot refroidit les pièces à température ambiante, une par une, dans une petite chambre de trempe sous le four. Cette méthode de refroidissement unique évite les inconvénients d'un système de refroidissement par lots classique avec empilement de pièces. De plus, selon le fabricant, le flux n'est pas bidimensionnel, mais quadridimensionnel, ce qui améliore grandement l'uniformité du refroidissement. En étudiant le processus de plus près, le refroidissement se fait avec différentes buses directionnelles autour de la pièce (3D), la pièce proprement dite pivotant également sur l'axe symétrique (4D). Le résultat final subit ainsi moins de déformations qu'une pièce à refroidissement conventionnel. La dispersion à la profondeur de cémentation est d'environ 5%, contre 50% pour les fours de cémentation conventionnels.



Vue latérale du four de cémentation à bande UniCase Master pour pièces en acier avec trois chambres horizontales et deux élévateurs latéraux

Productivité

L'installation UniCase Master est destinée à une intégration dans une ligne de production, à côté d'une machine CNC. Elle a été conçue pour avoir une empreinte écologique similaire à celle d'une

machine CNC. Comme il n'est pas nécessaire de chauffer de lourdes grilles en même temps que les pièces, la consommation d'énergie est faible. Le seul inconvénient est que les pièces doivent être de taille restreinte : max. 200 mm de diamètre et max. 50 mm de haut (max. 3 kg). Chaque chambre peut traiter 15 pièces au maximum. Le takt time est de 60 secondes, chaque pièce restant dans chaque chambre pendant environ 15 minutes (à 1.040 °C). Pour des engrenages d'un diamètre de 105 mm en acier 20MnCr5, la consommation d'énergie est d'environ 2 kWh par engrenage et 2 g d'acétylène pour une profondeur de cémentation de 0,42 à 0,45 mm.



Le UniCase Master a reçu l'Intelligent Development Award 2017.

Sources

- <http://www.seco-warwick.com>
- In-Line High Volume, Low Distorsion, Precision Case Hardening for Automotive Transmission and Bearing Industry – Paper ECHT 2016, Prague

Auteurs