

Flexibilité des procédés de fabrication conventionnels

Description / Définition

La flexibilité des procédés de fabrication dits « conventionnels », c'est-à-dire des procédés :

- par enlèvement de matière (alésage, brochage, fraisage, perçage/filetage/taroudage, rectification, planage, rodage, tournage, meulage, découpage, etc...),
- par assemblage (collage, soudure TIG, soudure MIG, soudure à l'arc, etc.),
- par déformation (forgeage par matriçage, frappe à chaud, frappe à froid, extrusion, découpage, emboutissage, pliage, etc...),
- par compactage (métallurgie des poudres),

définit l'aptitude d'un équipement à s'adapter aux évolutions de la demande (taille des séries) et de son environnement. Si la vitesse d'adaptation est importante (jusqu'au temps réel), alors l'équipement est dit agile.

Enjeux (avantages)

Dans le cadre de l'Usine du Futur, 5 axes principaux d'innovation sont identifiés pour évoluer vers l'agilité :

- La connaissance de l'ensemble des procédés conventionnels matures peut amener une entreprise à remplacer l'un des siens par un autre plus performant (exemple : remplacer la rectification par du tournage dur)
- Certains procédés tels que le fraisage peuvent bénéficier de certaines évolutions comme celles liées à l'assistance à la coupe
- La logistique des pièces entre deux procédés peut être grandement facilitée par des solutions techniques qui existent depuis longtemps, comme la palettisation rapportée ou/et la robotisation
- Les machines actuelles, cumulant en leur sein plusieurs procédés, sont très performantes dans le cas de fabrication de petites et moyennes séries de pièces complexes
- L'intégration numérique croissante, via par exemple la commande numérique, permet une plus grande souplesse dans la gestion de la production soit au niveau local (machine) soit au niveau global (supervision, liaison à l'ERP de l'entreprise, etc.).

Sur le plan technologique

Au niveau des procédés par enlèvement de matière :

- La palettisation rapportée apporte une grande flexibilité et une meilleure agilité des procédés. On peut ainsi faire des contrôles sur machine à mesurer tridimensionnelle en cours d'usinage plus facilement. On ne manipule plus des pièces mais des palettes repositionnables à quelques microns. Le transfert entre procédés d'usinage profite des mêmes avantages. Ces technologies facilitent le travail en absence totale (en aveugle, la nuit par exemple) ou partielle de l'opérateur (compagnons s'occupant de plusieurs machines). Elles facilitent la mise en place de robots
- L'utilisation de machines multi procédés ou hybrides permet d'obtenir directement des pièces terminées sans changer de référentiel. Le gain de temps est important dans le cas de pièces unitaires et/ou de petites et moyennes séries et la précision obtenue est nettement améliorée
- Les procédés d'assistance à la coupe (laser, vibrations, cryogénie, ultrasons, jet de lubrifiant à haute pression) permettent d'augmenter la durée de vie des outils et d'obtenir un état de surface amélioré, notamment dans les matériaux très durs comme les inconels, utilisés en aéronautique, ou les alliages au Cr-Co, utilisés en médical

- Les machines auto-adaptatives, c'est-à-dire qui adaptent automatiquement les paramètres d'usinage aux conditions rencontrées lors de l'opération (température, vibrations, puissance absorbée, etc...) accroissent la robustesse des résultats obtenus en termes de précision tout en diminuant fortement le taux de rebuts
- La robotisation de la manipulation de pièces et/ou celle d'opérations d'assemblage ou de finition est grandement facilitée aujourd'hui avec l'arrivée de nouvelles générations de robots collaboratifs pouvant travailler dans l'environnement direct de l'homme.

Au niveau des procédés par déformation (forgeage, découpage/emboutissage) :

- Les presses à servomoteurs permettent d'obtenir des profils vitesse/déplacement qui étaient impossibles à obtenir auparavant. Ces machines permettent des cinématiques d'outils optimisées. Elles améliorent la productivité et la formabilité de la tôle. Il s'en suit des gains appréciables qui favorisent l'agilité du procédé
- Les techniques de formage « Near Net Shape » (thixomoulage, thixoforgeage, thixoforgage) couvrent un domaine qui va de la fonderie au forgeage classique. Les températures et les efforts de formage sont plus faibles. Les pièces sont travaillées à un état semi-solide. Les matériaux habituels sont l'aluminium et le magnésium. Depuis quelques années, les aciers sont utilisés
- Le formage incrémental (sorte de repoussage étendu aux formes quelconques autres que de révolution) permet de s'affranchir de la fabrication d'outils pour les petites séries
- Les technologies de formage et de découpage à grande vitesse (procédés adiabatiques, formage par décharge électrique, magnétoformage) autorisent des cadences de production extrêmement rapides et améliorent la qualité des pièces fabriquées
- Le formage à mi-chaud appliqué aux aluminiums a montré sa faisabilité à partir d'un démonstrateur développé au Cetim. Son intégration à un outil à suivre permet de rendre le procédé intéressant économiquement et sa capacité à former des aluminiums extra durs (séries 7000), jusque-là non formables à froid, ouvre des perspectives importantes pour l'allègement et le remplacement d'acier HLE
- La trempe sous presse est un procédé largement développé dans l'automobile et consiste à emboutir à chaud une pièce en acier au bore et à la tremper directement dans l'outil. La pièce est très dure et renforce des parties de structure du véhicule. Cette technique multi-procédés est très rapide. Dans certains cas, on peut rechercher une trempe différenciée pour obtenir une fonction d'absorption d'énergie
- le profilage à section variable peut être une alternative à l'emboutissage classique pour des pièces standards réalisées en grande série.

Sur le plan numérique

- L'instrumentation des outils de découpage/emboutissage permet d'ajuster au mieux les paramètres de fabrication et contribue à fournir des pièces 100% bonnes en sorte de presse (zéro défaut). L'association de ces outils aux presses à servomoteurs ouvre la perspective d'obtenir des machines plus adaptatives, permettant de diminuer fortement le taux de rebuts. Ce contrôle intégré (en entrée et en sortie de presse, dans l'outil) garantit la performance du process et permet d'anticiper les actions de maintenance à mener sur l'outil ou la presse
- La simulation numérique de l'emboutissage (ou formage, forgeage, etc...) prend de plus en plus en compte les spécificités métiers (par exemple : critères de rupture intégrant l'influence des bords découpés ou l'effet de l'épaisseur sur les faibles rayons) et améliore ses prédictions. Ainsi, elle peut faire diminuer les rebuts de production et écourter les temps de démarrage des séries
- Le contrôle des pièces et du procédé par technologies sans contact fiabilise la production (exemple : contrôle de l'écrouissage des pièces)
- Les presses à servomoteur peuvent être surveillées à distance par des technologies sédentaires ou mobiles car elles ont un potentiel d'utilisation de l'information numérique plus important que les presses classiques (qui doivent être d'abord instrumen-

tées). Elles s'intègrent parfaitement dans la chaîne numérique globale de l'entreprise, ce qui facilite les prises de décision en cas de problème et le retour d'expérience à l'atelier et au bureau d'études

- L'instrumentation des palettes (par des puces embarquées) permet d'obtenir l'information en temps réel et renseigne directement le middleware (MES) pour une planification au plus près des besoins.

Sur le plan économique

- La diminution des coûts de production des procédés flexibles (temps de cycles, temps de manipulation, taux de rebuts)
- Une agilité accrue qui permet de produire plus de références en un même temps et d'augmenter le taux d'occupation machine
- La flexibilité de l'outil de production en vue de personnalisation des produits et la diminution du « time to market ».

Sur le plan de la transformation de l'entreprise

- Diminution des tailles des lots et augmentation des changements de série nécessitant une réorganisation de la production.

Sur le plan environnemental, sociétal

- La diminution des rebuts conduit à une entreprise plus propre et plus compétitive
- La maîtrise des procédés et des produits permet de réduire les urgences, de diminuer la consommation énergétique et l'impact environnemental
- Les salariés bénéficient de meilleures conditions de travail.

Les clés de la réussite

Au niveau technologique

Le changement continu fait partie des solutions qui permettent de ne pas fragiliser financièrement l'entreprise. Par exemple, la palettisation rapportée sur une machine à commande numérique n'entraîne pas de coûts prohibitifs et les gains sont rapides.

Au niveau numérique

Chaque investissement doit être accompagné d'une réflexion sur l'intégration de l'équipement dans la chaîne numérique de l'entreprise.

Au niveau des compétences à mobiliser, des connaissances et de la formation

La flexibilité des procédés de fabrication nécessite une évolution des métiers et compétences pour prendre en compte l'hybridation des technologies : informatique, automatisation, métier lié au procédé mis en œuvre, techniques de contrôle, etc.

Une plus grande autonomie des opérateurs (contrôle et régulation, prise de décision et optimisation des processus de manière active) est attendue, via une implication de l'entreprise en termes de management, de formation initiale et continue, d'adaptation des salariés au poste de travail. Ces évolutions rendent incontournable la capitalisation des connaissances métiers formelles et informelles. Elle facilite l'expertise et la prise de décision, tant pour la conception des pièces et des outillages que pour la résolution des problèmes de fabrication.

Les questions à se poser

- Comment puis-je augmenter ma productivité ?
- Comment puis-je répondre à l'évolution des exigences qualité de mon client ?
- Comment diminuer le nombre d'opérations pour la fabrication de mes pièces ?
- Qu'est-ce que la simulation pourrait m'apporter ?
- Comment mettre en œuvre les nouveaux matériaux imposés par mes clients ?
- Comment faire face à l'augmentation des cadences de production voulus par mes clients ?
- Comment faire face à la diminution de la taille de mes séries ?
- Comment capitaliser les connaissances métiers de mes experts en fin de carrière ?

Maturité de l'offre et de l'adoption

Emergent	Laboratoire	Prouvé	Mature	Fréquent	Répandu
----------	-------------	--------	---------------	----------	---------

Il existe aujourd'hui beaucoup de possibilités matures pour améliorer un outil de production conventionnel. Toutefois, le formage à mi chaud de l'aluminium, qui reste une technique en perfectionnement, doit encore faire ses preuves sur des pièces industrielles (technologie prouvée mais non mature).

Illustrations

Machines multifonctions



Tournage plus fraisage

Machines hybrides



Fraisage 5 axes plus fabrication additive



Tournage et rectification

Centres d'usinage robotisés



Opérations de finitions en sortie machine

Assistance à la coupe



Tête de perçage vibratoire



Usinage cryogénique d'un arbre en acier

Liens utiles

Contributeurs, organismes d'accompagnement

Cetim : Centre technique des industries de la mécanique

<http://www.cetim.fr>

Cetim-Ctdec : Centre technique du décolletage

<http://www.ctdec.com>

Organismes professionnels concernés

FIM : Fédération des Industries Mécaniques

<http://www.fim.net/fr/sites-fim/accueil>

SYMOP : Machines et technologies de production

<http://www.symop.com/qui-est-le-symop/>

AMICS-E&PI : Usinage, machines spéciales, procédés industriels

<http://www.amics.fr/index>