

LES ÉQUIPEMENTS AUXILIAIRES POUR LES APPLICATIONS DU SHOT-PEENING UTILISANT LES GÉNÉRATEURS DE PROJECTION À AIR COMPRIMÉ

M. Cardon

*Association Française du Traitement par Impact,
La Société Matrasur*

RESUME

On décrit les différentes dispositions de mécanismes, de commandes et de contrôles pour effectuer les déplacements relatifs des organes de projection et des pièces pour obtenir un traitement reproductible contrôlé lorsque le procédé a fait l'objet d'une mise au point sur maquette et éprouvettes.

MOTS CLES

Contrôle de paramètres ; familles de formes de pièces ; classes de types de mouvements ; contrôle électromécanique ; microprocesseur automate programmable ; CN et CNC.

INTRODUCTION

Lors de la conception de machines de shot-peening, on doit toujours garder présent en mémoire l'impossibilité de contrôles non destructifs des pièces traitées, d'où l'importance d'une parfaite répétabilité.

D'une manière générale, le déplacement relatif des jets sur les surfaces sera mécanisé de manière à contrôler les paramètres géométriques du shot-peening, en particulier "distance et angle de tir" mais également taux de recouvrement et temps d'exposition. Les spécifications en usage prévoient que des paramètres, tels que les distances de tir et les angles, sont contenus à l'intérieur de limites relativement étroites. C'est ainsi par exemple qu'il est courant de rencontrer des spécifications indiquant comme distance de tir 150 mm sans indiquer de tolérance et l'orientation du jet sur la surface, de 90°, se voit quelquefois ouvert de + 45° à - 45° par rapport à l'axe théorique. Ces informations, si elles sont facilement applicables à des surfaces planes deviennent plus subtiles à utiliser sur des surfaces courbes et à plus forte raison sur les formes complexes. Or le shot-peening s'applique presque toujours sur des pièces à leur phase ultime d'élaboration.

Le shot-peening est particulièrement utile sur des pièces comme des ressorts, des vilebrequins, des bielles, des pièces de révolution, des pièces plus complexes comme des ailettes de réacteur par exemple. Par conséquent on aperçoit très bien la difficulté d'appliquer les spécifications de conditions géométriques, de taux de recouvrement et de temps d'exposition.

Le shot-peening est généralement appliqué dans des industries évoluées. Ces usines ont évolué également vers des machines capables de contournage et mémorisant les conditions de l'usinage à effectuer : mémoire, microprocesseur, commande numérique, commande à calculateur.

Tout naturellement il a été recherché si de tels systèmes de contrôle ne pouvaient pas être appliqués à un procédé dans lequel la répétabilité était primordiale. Enfin de tels systèmes permettent également de prendre en compte les paramètres du traitement directement lié à ce que nous appelons la génératrice comme ouverture et fermeture de l'admission d'air comprimé, de la grenaille, sélection de pression, sélection de jets, etc.

Ces systèmes sont également capables de suivre les anomalies éventuelles, les divergences et les erreurs de poursuite par rapport au programme.

A - LES DIFFERENTES FAMILLES DE FORMES DE PIÈCES

Les pièces rencontrées peuvent se placer du point de vue du shot-peening en familles de formes et l'on distinguera des formes planes, des formes de révolution, des formes complexes combinant les deux types de formes, enfin les formes très aléatoires. Par ailleurs le choix d'un système dépendra également du nombre de pièces présentes dans une famille de formes et enfin du nombre de pièces dans une série. La nécessité de la description d'une pièce complexe, la nécessité d'un contournage, conduit à imaginer des mécanismes de déplacement des pièces et des jets pour la réalisation de ce contournage.

B - CLASSES DE TYPES DE MOUVEMENTS

1) Un axe et rotation.

Les pièces cylindriques pourront être traitées sur des vireurs réalisant ainsi un traitement sans centre. Les pièces dont l'alésage est à traiter pourront être également mises en rotation sur des vireurs ou des tables tournantes. Les formes particulières de certaines de ces pièces, trou de bride par exemple, peuvent nécessiter l'utilisation d'un système d'indexation de plateau. Les jets pourront être animés d'un déplacement d'axe unique, généralement utilisé pour les pièces cylindriques ou pour les intérieurs d'alésage. Pour ces pièces cylindriques, la pièce étant placée horizontalement sur un vireur, un système de jet se déplaçant parallèlement à la génératrice du cylindre peut suffire à assurer la couverture pourvu que les vitesses de rotation et de translation engendrent un recouvrement à chaque spire. On se méfiera en particulier de recouvrement en hélice aléatoire. La mécanique pourra éventuellement être extérieure et tenir la ou les buses à partir d'un bras pendant, pénétrant dans la cabine par une fente convenablement protégée

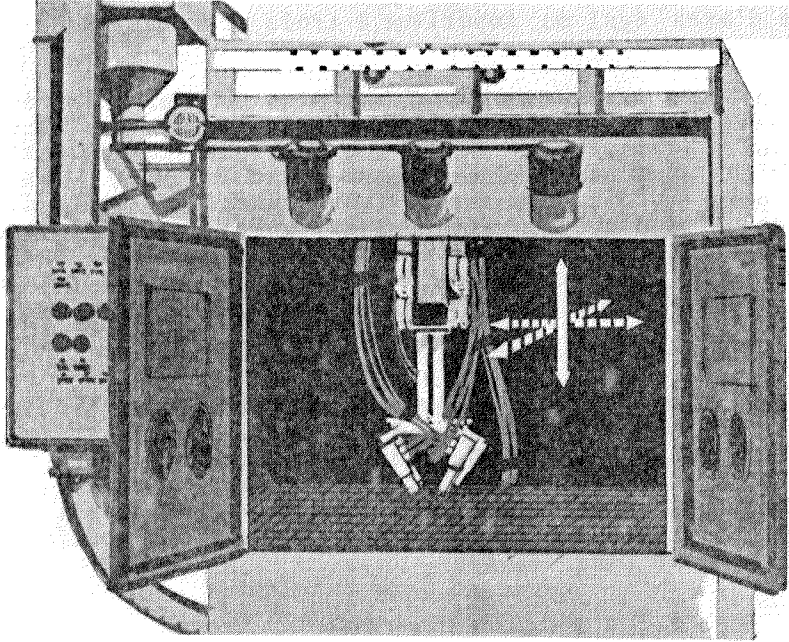


Fig. I

Fig. I. Disposition typique d'une machine de grenailage de précontrainte à deux axes. Le bloc porte-buse est animé de mouvements suivant les flèches et pointillés. La flèche à trait plein indique le réglage.

2) Deux axes et rotation.

A partir d'un système de ce genre, il est possible d'envisager un deuxième déplacement d'axe, croisé avec le précédent, permettant de recouvrir des surfaces planes. Le porte-buse dans ce cas comprendra généralement plusieurs buses. Il sera néanmoins nécessaire de disposer d'un système élévateur permettant de régler les hauteurs de bloc porte-buse par rapport à l'ensemble de la surface. Les paramètres du réglage comporteront donc, outre le réglage des buses avec leur orientation par rapport à la pièce, l'altitude des buses par rapport à la pièce, les réglages de longueur de courses et de vitesses, en portant la plus grande attention au point de retour de course en cas de couverture par plusieurs aller et retour de manière à éviter un surtraitement local. Dans ce cas le programme de couverture pourra comporter des zones de traitement déterminées au milieu de la surface déterminée par les courses maximales. Le cas échéant, les réglages seront différents pour chacune de ces zones. On perçoit déjà la relative complexité du réglage des paramètres et la nécessité de retrouver ces réglages à chaque pièce.

Le nombre de cycles de déplacements associés au réglage de vitesse engendrent un temps.

On peut déjà observer le danger d'erreurs de réglage et d'une défaillance humaine, d'autant plus sérieuse que trop souvent hélas, ce type de traitement est assimilé à du sablage et exécuté par du personnel ayant une faible qualification.

3) Nombre d'axes égal ou supérieur à trois et rotation ou translation.

Lorsque la pièce à traiter est de forme plus complexe, la nécessité d'axes complémentaires est évidente. Un troisième axe est absolument nécessaire mais il faut se souvenir que l'orientation du jet est primordiale, d'où la nécessité d'axes permettant d'imiter les mouvements d'un poignet, ces axes seront très souvent au nombre de deux. Enfin la nécessité d'une couverture aussi uniforme que possible entraînera souvent la nécessité d'un mouvement propre à la buse permettant de distribuer les grenailles de manière homogène sur la surface. (Fig. II.)

4) Mise en mémoire des mouvements.

Les mouvements d'une machine moderne de grenailage de précontrainte seront souvent assimilables à ceux d'une machine outil de trois à six axes. Une meilleure compréhension de la technologie du procédé a conduit à souhaiter mémoriser les différents paramètres, les fin-de-course déplacés manuellement, les vitesses obtenues par variation sur un potentiomètre ont fait place maintenant à deux catégories de systèmes de plus en plus employés.

5) CN et CNC.

Le plus ancien en date est la commande numérique analogue à celle

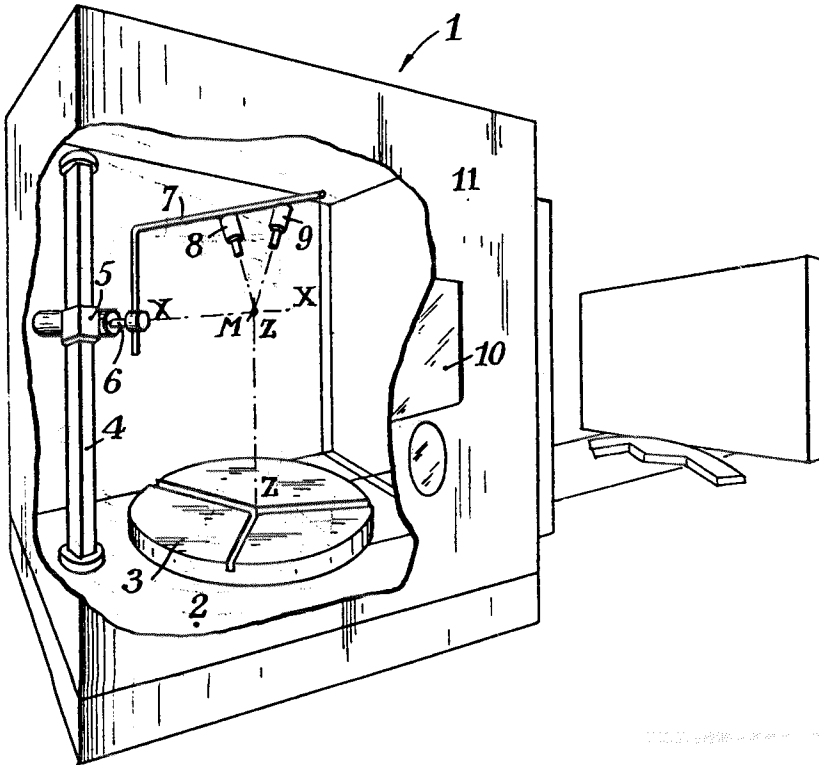


Fig. II. Schéma d'un automate trois axes et rotation -

1 : enceinte de traitement - 2 : sol récupérateur - 3 : table tournante et indexable - 4 : mât pivotant - 5 : chariot à mouvement vertical - 6 : axe horizontal - 7 : bras manivelle- 8 et 9 : buses de projection - 10 : fenêtre d'observation - 11 : paroi insonorisée -

Le pivotement sur l'axe XX est simplement un mouvement d'orientation de tir. Le programme est simplifié car il suffit d'amener l'axe XX à tangenter au point de traitement pour décrire une pièce complexe. Utilisation principale : moteurs d'avions.

des machines-outils. Celle-ci est satisfaisante du point de vue mémorisation et répétabilité des paramètres et mouvements, capable de surveiller les principaux paramètres et d'interrompre le cycle en cas d'anomalies. L'avantage principal est de permettre une exécution précise et surtout un contourage lorsque les pièces comportent des pentes, par interpolation de deux ou davantage d'axes. Si l'inconvénient majeur des CNC ou des CN appliqué au grenailage qui était un prix élevé s'est très fortement estompé avec l'apparition de directeurs de commandes beaucoup plus économiques, il n'en reste pas moins que si le travail en boucles fermées s'impose, il conduit à utiliser des systèmes mécaniques beaucoup plus coûteux, par suite de la précision nécessaire, que ceux qui pourraient être bien suffisants pour le grenailage. Il ne s'agit pas d'un usinage à quelques fractions de millimètre près mais d'un traitement dans lequel la largeur d'outil est la largeur de trace, souvent de l'ordre de plusieurs millimètres ou plusieurs dizaines de millimètres et dans lequel on projette l'outil de traitement, la grenaille, mesurant elle-même souvent plusieurs centièmes de millimètre, voire plusieurs millimètres.

L'autre inconvénient est dû à la mauvaise interprétation encore très souvent ancrée au niveau de la compréhension du procédé : penser grenailage de précontrainte comme l'on pense sablage. Il arrive de voir des machines à commande numérique utilisées par des opérateurs ayant la qualification de sableurs, dans certains cas analphabètes. La compréhension et l'utilisation d'une machine à commande numérique nécessite une formation, la connaissance des codes, la compréhension des différentes commandes. Bien que nous ayons déjà utilisé des directeurs de commande ayant la capacité d'une commande numérique à calculateur mais avec une entrée directement lisible sans utilisation de code, l'inconvénient lié à la trop grande précision du système par rapport aux besoins d'une grenailleuse, subsiste.

6) Microprocesseur automate programmable.

La deuxième classe de systèmes plus récemment utilisée est le microprocesseur. Ils comportent généralement un afficheur à diodes électro-luminescentes ou même à écran vidéo conversant avec l'opérateur. De tels systèmes sont maintenant utilisés couramment. Toutefois en microprocesseur, le prix du programme logique de base peut être pénalisant.

C'est ainsi qu'une société a récemment mis au point un système microprocesseur dont le programme de base est prévu pour une utilisation relativement universelle puisqu'il est capable de gouverner une machine comportant six axes, une à six buses indépendantes avec un système de pré-programmation de pression de une à quatre pressions dans une machine utilisant de une à deux tailles différentes de grenaille.

Toutefois ce type de système ne comporte pas de travail en boucle fermée et n'est pas susceptible de rattraper toutes les erreurs de poursuites comme le fait la CN. Il admet une mécanique moins précise, par conséquent plus économique et plus facile à protéger contre les grenailles.

Enfin, ne comportant pas de calculateur de comparaison, il n'est pas possible de suivre une pente par axes interpolés comme dans le cas de la CN. On travaillera donc par une succession de gradins d'où l'importance d'une mémoire de capacité suffisante pour pouvoir enregistrer un grand nombre successif de pas. Comme dans le cas de la commande numérique, ce type de microprocesseur comporte en général une interface pour stockage extérieur de données, sur cassettes ou disquettes ainsi qu'une interface pour imprimante.

A partir d'un programme établi et de la mémorisation des directives, il est possible d'utiliser la machine avec des opérateurs moins entraînés que dans le cas de la CN. Les deux systèmes présentent le même avantage d'éliminer l'erreur humaine puisque la mémorisation permet le travail sur éprouvette avant de travailler sur la pièce elle-même avec contrôle de tous les paramètres. Les systèmes CN ou microprocesseurs prennent également en compte la surveillance des fonctions telles que dépoussiéreurs, récupérateurs, trieurs vibrants, pression minimale d'air comprimé et les débitmètres de grenaille ou de microbilles de verre, de manière à provoquer un arrêt du cycle dans le cas d'une anomalie de débit ou de pression.

Les systèmes surveillent également le maintien à l'intérieur de limites acceptables (+ 10%) des vitesses de déplacement des ensembles mobiles, donc concourent à la régularité de la couverture.

Toutefois, il est actuellement prévu une autre différence fondamentale. Dans le cas de la commande numérique, les déplacements sont d'abord programmés au moyen d'un système extérieur de programmation de la console CN ou au moyen du clavier présent sur la façade de la console donc en pré-affichage, les vitesses, les courses et les fonctions. Il y aura lieu ensuite d'exécuter un essai sur éprouvette afin de vérifier que les données rentrées par calcul correspondent bien aux besoins.

Dans le cas des microprocesseurs spécialement développés, on est parti de l'idée inverse. Dans les méthodes actuelles d'utilisation du grenailage de précontrainte, on effectue un déplacement approché pour vérifier la couverture sur maquette ainsi que les intensités sur éprouvettes Almen. Dans ce type d'opération plus familier aux opérateurs, le microprocesseur intervient alors pour mémoriser éventuellement de façon permanente sur cassettes, disquettes ou par imprimantes, les paramètres entrés par expérience et qui correspondent au résultat correct sur éprouvettes ou maquettes.

Le point de vue des opérateurs.

Ce type de système sera facilement accepté par des opérateurs utilisant des machines traditionnelles. Enfin signalons que ces systèmes permettant l'édition d'un listing par imprimante, permettent en fait l'édition d'un certificat de traitement pièce après pièce, automatiquement, puisque si le programme est bien fait, il va rendre compte de l'exécution de tous les points du traitement en clair et dans la langue de l'utilisateur. Dans un traitement dans lequel il n'existe pas de contrôle à posteriori, l'édition d'un tel listing présente un intérêt capital. Ces machines sont maintenant implantables ailleurs que dans les ateliers de traitement de surface, généralement peu adaptés par suite de la quantité de poussière et du taux d'humidité, de vapeur, souvent a-

gressifs, présents dans ces ateliers.

Les machines sont de forme totalement close, ne présentent aucun danger de projection aléatoire et ont un niveau sonore généralement inférieur à 80 Dba.

Bien que les installations que nous venons de décrire soient réalisées à partir de deux sous-ensembles physiquement indépendants, l'ensemble des commandes et contrôles est géré par un seul ensemble électro-pneumatique et une seule commande numérique ou un seul microprocesseur. Ces différents dispositifs peuvent avantageusement être utilisés pour des travaux différents du grenailage de précontrainte comme le traitement de pièces en abrasifs angulaires.