Asnières : Le micron en série

50 000 pièces usinées au millième de millimètre chaque jour, c'est l'exploit industriel que réalise l'usine Citroën d'Asnières quotidiennement. Cette usine de l'hydropneumatique est unique en son genre. Entrée en activité en 1949, c'est en 1953 avec le lancement de la 15 six H que le pari du micron industriel démarre. Aujourdhui gagné, il est le renom et la spécificité de la marque.

L'obligation de l'infiniment petit.

Les organes hydrauliques fonctionnent selon un principe précis. Un tiroir distributeur se déplace sur commande dans un alésage. Suivant les besoins il met l'organe récepteur en communication avec la réserve de liquide sous pression ou avec le retour au réservoir du circuit hydraulique. Entre le tiroir et l'alésage, il n'y a PAS de joints d'étanchéité car leurs frottements enlèveraient toute sensibilité aux organes par le freinage du déplacement des tiroirs. L'étanchéité est assurée par le SEUL jeu de fonctionnement. Le micron est nécessairement obligatoire. En effet le jeu d'assemblage des pièces mâles et femelles est compris entre 1 et 3 microns seulement. Mais il faut savoir que ces tolérances "du micron" s'appliquent également aux défauts de forme et aux états de surface.

Il était nécessaire de préciser ces conditions particulières de fonctionnement pour mieux mesurer cet exploit industriel quotidien.

En dix ans, la maîtrise du micron industriel en série est acquise. Sans cesse les organes s'améliorent jusqu'au liquide utilisé avec l'introduction du liquide hydraulique minéral LHM en 1966.

Grâce à la superfinition et à l'auto-contrôle tous les usinages sont tolérancés au micron, toute pièce mâle est ainsi compatible avec toute pièce femelle du même type.

Depuis la XM et aujourd'hui, avec la toute dernière évolution de la suspension hydractive de la Xantia Activa, l'électronique alliée à l'hydraulique permet des performances de confort et de tenue de route inégalées...

Les fabrications d'organes hydrauliques sont essentiellement constitués, hormis les opérations de montage, d'usinages de pièces mâles, les tiroirs, ou femelles, les alésages.

Le correcteur de hauteur dont nous vous avons décrit le fonctionnement va nous servir d'exemple dans son processus de fabrication. C'est un élément simple mais essentiel de la suspension hydropneumatique Citroën.

D'un diamètre donné, la fabrication de chaque tiroir débute par une opération de décolletage. C'est un usinage groupé des tiroirs, accolés les uns aux autres, depuis une barre d'acier. S'il est automatisé cet usinage

Tiroir : Organe mécanique animé d'un mouvement de translation et assurant la transmission d'un fluide suivant une loi déterminée

40 ans d'une patiente expérience

1954 : Le lancement de la 15 six H préfigure celui de la DS et Asnières prépare des dizaines d'années de futur. A cette époque les pièces sont superfinies à l'aide de rodeuses a main horizontales et de rodoirs en fonte lisse imprégnés de pâte à roder. Mais cet usinage manuel par son "imprécision" imposait l'appariement de 32 classes de tiroirs avec autant d'alésages, ce qui amenait une dispersion des cotes de 32 microns.

1955 : Avec le lancement de la DS 19 le nombre des classes de cotes est ramené à 16.

1957 : Evolution du rodoir. Il est en bronze imprégné de diamants par roulage et les premiers bancs à roder progressifs voient le jour. L'usine réalise la mise au point de machines pour le rodage des rodoirs. Les organes sont montés en salles climatisées.

1960 : Le diamant est déposé par électrolyse sur le rodoir puis rectifié. Les classes d'appariement ont été réduites à 6 et la classe unique est envisagée.

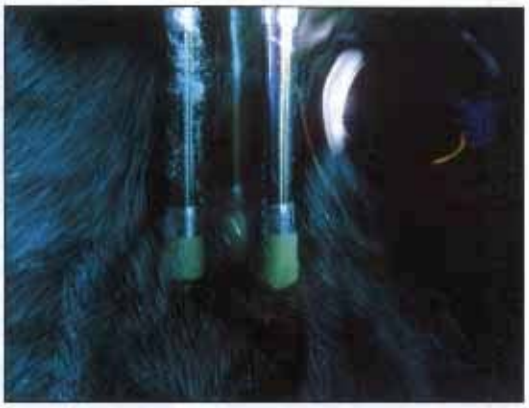
1961 : Le rodoir tube diamanté par électrolyse, non rectifié apparaît. L'usine conçoit des appareils de contrôle assurant une lecture du dixième de micron sans confusion, elle fabrique ses propres étalons d'atelier.

La classe unique dans le micron est réalisée, Les stocks importants de pièces en attente d'appariement disparaissent ainsi que les salles climatisées devenues inutiles.

1964 : Les alésages sont superfinis sur des machines à roder progressives multi-broches conçues et fabriquées par Citroën.

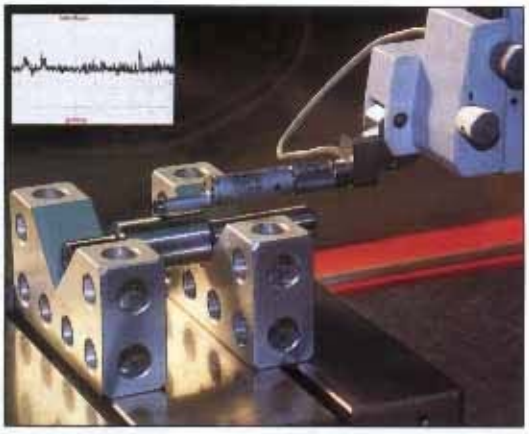
Décolletage d'un tiroir hydraulique

Poste de contrôle intégré sur Centerless

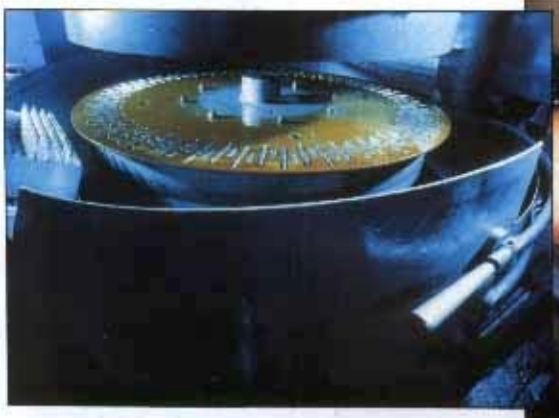


Dépose diamant par voie électrolytique

Réglage d'un tour à décolleter



Métrologie : Contrôle de la rugosité et courbe correspondante



Rodage de superfinition

demande de multiples soins de la part des opérateurs car il est la préparation au travail final de superfinition. Le contrôle des pièces est intégré tout au long des phases de fabrication aussi bien au niveau des machines que des hommes qui veillent en continu à la qualité de leur fonctionnement.

Responsables, les équipes d'opérateurs maîtrisent les approvisionnements, les réglages des tours et l'affûtage des outils aussi bien que les changements de campagne de pièces. Mais pour parfaire le contrôle, il est procédé à des prélèvements réguliers du service Qualité.

Les tiroirs vérifiés et donc conformes subissent alors un "traitement thermique" qui consiste à augmenter leurs caractéristiques mécaniques en modifiant leur structure et (ou) leur composition chimique. Les tiroirs de correcteurs passent par cycles automatiques dans une installation de nitruration gazeuse qui leur confèrent une grande résistance à l'usure et à la fatigue.

Au sortir de l'opération de traitement thermique, les tiroirs vont alors être "superfinis", c'est à dire que de pièces précises au dixième de millimètre , leur précision va passer au millième de millimètre, cette étape de superfinition est essentielle. Elle s'effectue en fait en deux phases, la finition puis le rodage.

Plus ou moins nombreuses selon les profils et les dimensions des tiroirs, les phases de finition sont réalisées sur des rectifieuses dites sans centre. A chaque passage sur l'une d'elles le copeau usiné se fait de plus en plus petit : 0,06 mm, 0,04 mm, 0,01 mm... A ce stade le tiroir est prêt pour la superfinition. Il reste 5 microns seulement à enlever pour affiner et réaliser la rugosité, la géométrie et la cote dimensionnelle : c'est le rodage, le copeau est poussière de micron. Cette opération est menée par un opérateur sur une "rodeuse".

Dextérité gestuelle, sensibité visuelle guident l'opérateur ou son savoir faire commande. Il place 150 tiroirs dans les 150 encoches prévues à cet effet du plateau circulaire de la rodeuse. Sous l'action d'un second plateau en rotation, les tiroirs sont roulés et polis selon leur axe comme des billes. L'opérateur piloté par expérience réalise les contrôles lorsqu'il LES juge nécessaires : il suit l'évolution de la cote. Pour corriger une certaine conicité qu'engendre ce rodage il procède également au retournement des tiroirs. Un certain "feeling" s'ajoute au savoir faire.

En fait ce sont trois catégories de tolérances que doivent respecter les tiroirs :

- 1 micron (0,001 mm) pour la cote dimensionnelle : le diamètre.
- 0,5 micron (0,0005 mm) pour la géométrie : le défaut de forme.
- 0,3 micron (0,0003 mm) pour la rugosité : l'état de surface.

Garantir ces valeurs impose un matériel de mesure du dixième de micron qui soit bien entendu précis, mais aussi fiable dans les conditions d'atelier en particulier en se libérant des variations permanentes de température. Pour ce faire la solution adoptée à Asnières consiste en une comparaison de l'opérateur avec un étalon de mêmes matière et dimensions contrôlé régulièrement par le laboratoire de métrologie du service Qualité.

Autre facette, l'usinage de la pièce femelle qu'est l'alésage, en fait l'homologue du tiroir, avant accouplement des deux éléments constituant le distributeur de pression. Intégré au correcteur de hauteur, il en est la pièce maîtresse.

Les opérations de finition puis de superfinition sont plus automatiséeés que pour le tiroir. Elles sont réalisées automatiquement par des machines à roder progressives multi-broches conçues et réalisées par Citroën pour cette activité d'usinage de précision.

Les pièces déposées sur des étriers flottants sont présentées successivement sous 16 à 32 rodoirs aux caractéristiques différentes selon une disposition circulaire. Chaque rodoir est réglé micrométriquement selon une progression dimensionnelle régulièrement croissante, il "passe" successivement dans chaque trou. Chacun d'eux enlève quelques microns à l'alésage qu'il rode. Les derniers rodoirs réalisent l'état de surface et bien sûr la cote finale. Les rodoirs, diamantés par un procédé électrolytique, sont fabriqués à l'usine. Ces rodoirs possèdent une durée de vie de 10 000 pièces dans l'acier et de 200 000 dans la fonte. Pour superviser les machines et contrôler la qualité des produits, l'expérience de l'opération est un élément primordial.

Le montage

Dernière étape de la fabrication des organes hydrauliques, le montage commence toujours par le passage des pièces usinées dans une machine à laver qui les dégraisse et les débarrasse de toutes les impuretés par ultra-sons. Le micron exige la propreté. C'est aussi pourquoi l'observateur peut remarquer le montage journalier de quelques 100 000 bouchons destinés à empêcher toute introduction parasite d'impureté dans les organes hydrauliques avant leur montage sur véhicule. Pour des raisons de compétitivité la majorité des "tranches" de montage fait suite à celles des usinages de pièces constituantes. A chacun des postes autonomes de montage, l'opérateur régit son temps de travail, il contrôle la conformité des produits qu'il assemble. Après montage les organes sont systématiquement vérifiés sur des bancs de contrôle permettant de tester leur fonctionnement sous pression hydraulique.

Methodes

Dans le processus de fabrication de ces organes hydrauliques, la

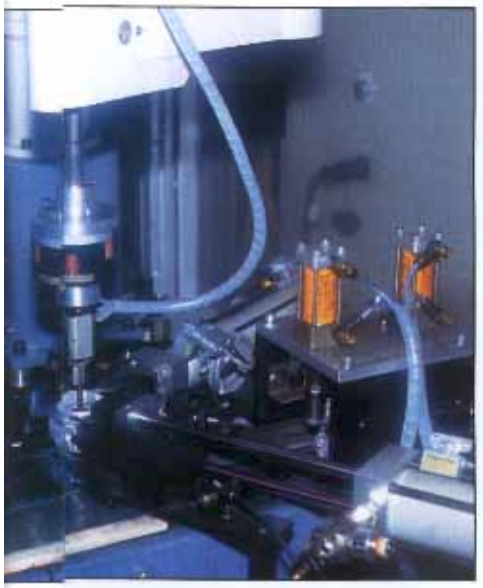
Vérification en simulation de chaque pompe haute pression

Montage de la chemise dans le corps de correcteur

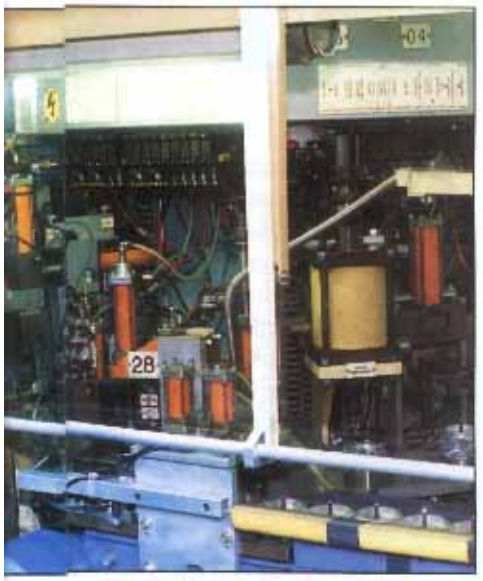
16 rodages successifs réalisent l'alésage du correcteur

2 000 heures de formation pour une nouvelle "ligne".

Les toutes nouvelles pompes haute pression qui équipent la Xantia ont par l'augmentation de la quantité des pièces produites imposé un niveau supérieur encore de qualité de fabrication. Dans un atelier totalement nouveau ont été implantés un nombre impressionnant de machines et robots à commande numérique. Un logiciel définit le meilleur outil pour une utilisation optimale. Mais, l'expérience des conducteurs d'installation et le travail en équipe est essentiel. Ce sont des hommes issus des autres ateliers du micron qui assurent cette nouvelle production. Ils ont suivi 2 000 heures de formation pour s'adapter. La formation est d'ailleurs omniprésente à Asnières, la moyenne annuelle consacrée par chaque employé est de 39 heures. L'implication des hommes ne peut être que le garant de la qualité et par là le succès de l'usine toute entière.



Mise en place du tiroir dans l'alésage du correcteur



Assemblage automatisé du correcteur

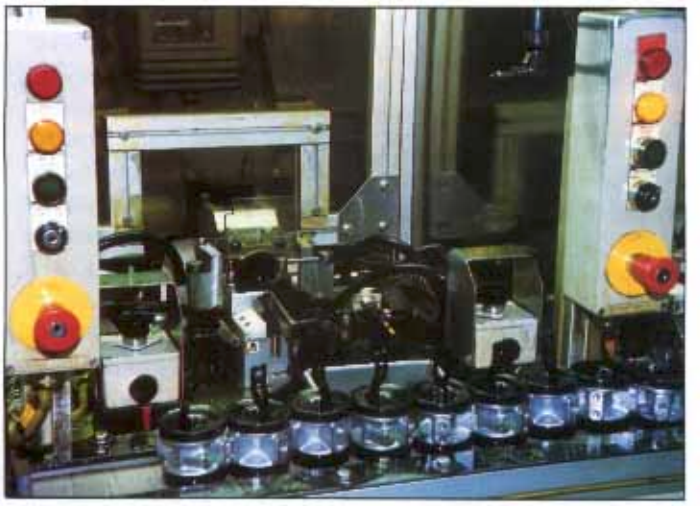
Contrôle en simulation du correcteur sous pression air-huile

rigueur est présente à tous les niveaux de la méthode.

Des analyses spectographiques sont effectuées sur les barres d'acier ou d'aluminium dès la livraison par les fournisseurs et la matière première est controlée en dureté ou en porosité. Les outils de coupe nécessitent un très gros travail assuré d'ailleurs en partenariat avec les fournisseurs. Il faut savoir qu'un service "coupe" est intégré aux Méthodes, il analyse et étudie avec finesse tous les paramètres auxquels doivent répondre les outils de coupe. La gestion des milliers d'outils utilisés est assistée par un système de codes à barres les identifiant. Leur traçabilité ainsi assurée, il est possible de mieux comprendre et gerer tous ces paramètres.

La garantie du micron industriel et de la qualité des productions, c'est la mission du département Méthodes. Toutes les opérations de chaque étape de la production y sont analysées : l'existant est optimisé et la recherche de moyens nouveaux pour accomplir le progrès est permanente. C'est là que se concentre le potentiel technique d'Asnières et que la structuration de l'usine en lignes de produits se dessine. Pour chaque "ligne", un laboratoire de métrologie, antenne du service qualité, est équipé d'appareils de mesure très perfectionnés de mesure tridimensionnelle. De l'étalon d'atelier de superfinition aux pièces fabriqués et aux outillages tout y est contrôlé et expertisé.

Les hommes du savoir-faire

Dans cette usine du dixième de millième de millimètre, les hommes restent maîtres du micron. Leur précision, leur dextérité manuelle, leur sensibilité visuelle sont l'aboutissement de cette production si spécifique. Bien sûr l'imbrication technologique et humaine est indispensable pour gagner l'objectif de la compétitivité. En fait, la règle d'or de l'auto contrôle prévaut ici plus qu'ailleurs. Chacun des organes hydrauliques principaux est réalisé par "îlots" intégrant l'usinage conventionnel, la superfinition, le contrôle des pièces au micron près, le lavage aux ultra sons, l'assemblage et au final la vérification de fonctionnement de chaque organe fini.

L'usine d'Asnières intègre dans un plan d'automatisation et de productivité de minutieux travaux qui ne sauraient être menés sans l'intime "mariage" réussi, des techniques et des hommes. ■