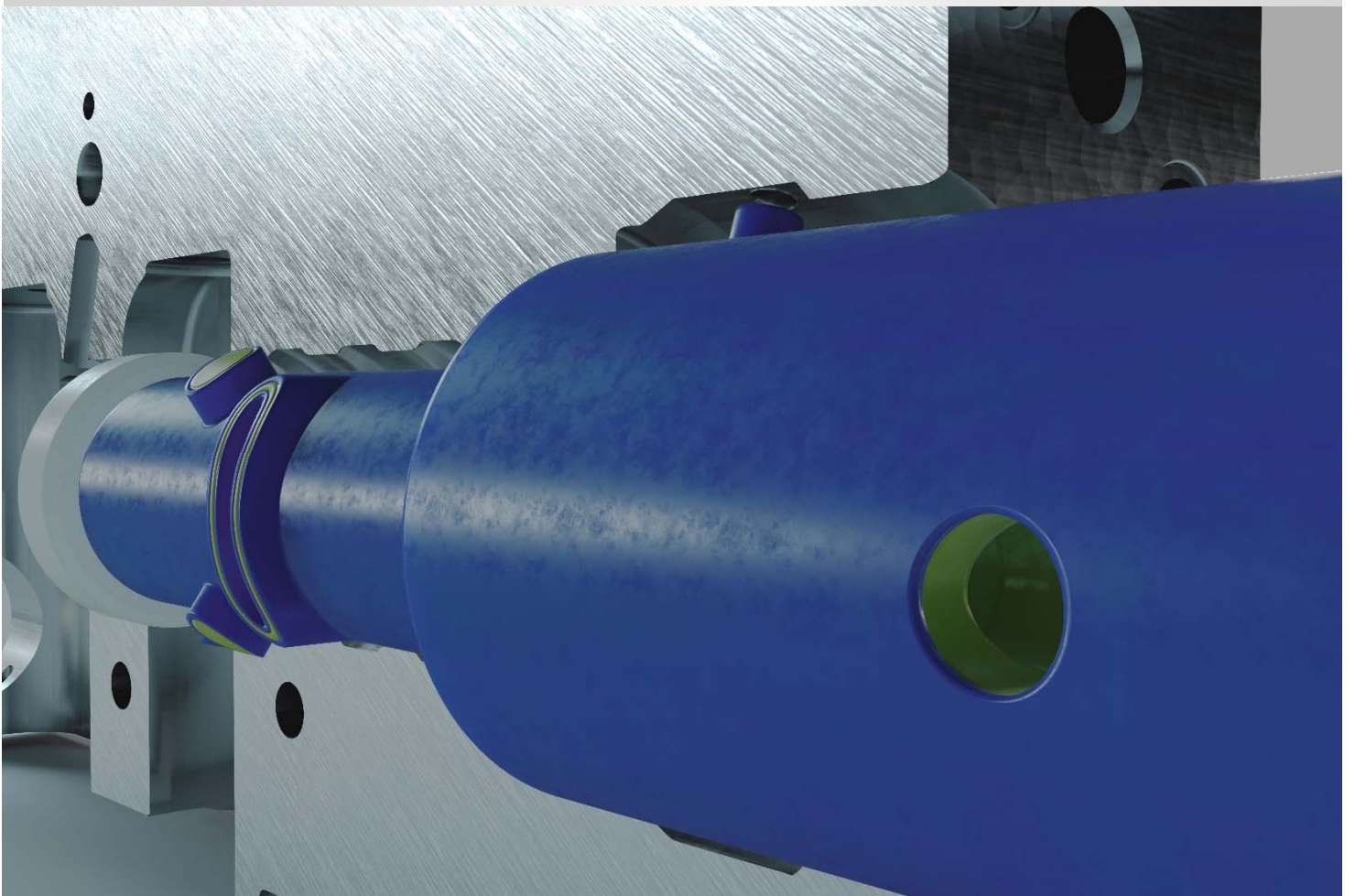




EXTRUDE  
HONE®

FAÇONNER VOTRE FUTUR

Applications électrochimiques (ECM) par Extrude Hone





EXTRUDE  
HONE®

# Applications électrochimiques (ECM) par Extrude Hone

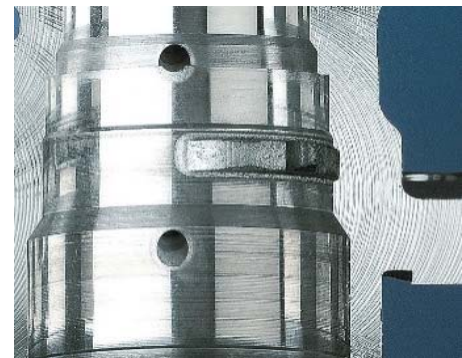
## Notre conception

Extrude Hone opère depuis les années 1960, en s'appuyant sur sa technologie exclusive d'extrusion de pâte abrasive. Au fil du temps, d'autres technologies sont venues s'ajouter à notre offre, notamment l'usinage électrochimique (ECM). Nous concevons et fabriquons des machines et des outils et assurons un soutien technique dans le monde entier.

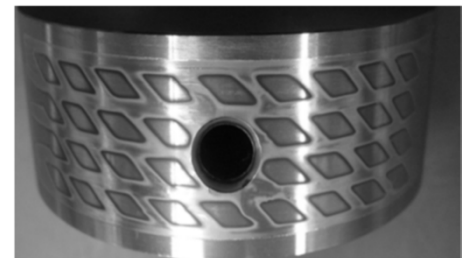
**Nous sommes fiers de contribuer à rendre l'ébavurage et le rayonnage plus productifs.**

**L'usinage électrochimique (ECM)** est une méthode d'élimination du métal par un processus électrochimique. Elle est souvent qualifiée d'électrodéposition inverse car elle enlève de la matière au lieu d'en ajouter. L'ECM convient à la production de masse, là où l'usinage conventionnel n'est pas aisé ou économique. Qu'il s'agisse d'une zone difficile à atteindre ou d'un matériau difficile à usiner, l'ECM permet depuis des décennies de réaliser des applications dans tous les secteurs de l'industrie.

Bien que son utilisation soit limitée aux matériaux conducteurs d'électricité, l'ECM permet de réaliser un bon nombre d'applications de manière relativement facile et économique. C'est ce qui rend l'ECM intéressant, encore aujourd'hui. Extrude Hone conçoit et fabrique des machines et de l'outillage et assure un service d'assistance dans le monde entier.



Source ZF





EXTRUDE  
HONE®

## Résumé des applications

L'usinage électrochimique est un procédé qui permet d'éliminer les bavures et de créer des formes telles qu'un arrondi ou des angles arrondis en dissolvant le matériau.

Le procédé s'adapte à la production en série ou à des pièces ayant de arêtes multiples et aux caractéristiques exigeantes devant être réalisées en même temps, comme par exemple un bloc hydraulique pour l'aéronautique.

Les équipementiers conçoivent des systèmes et des composants de très haute performance, dont certains sont capables de travailler sous de très hautes pressions. Dans certains cas, il est devenu beaucoup trop difficile, voire impossible, de réaliser leur finition de manière manuelle. Les zones à traiter peuvent être trop inaccessibles pour les outils manuels ou présenter des caractéristiques géométriques trop précises, même pour les opérateurs les plus qualifiés. L'ECM peut aider à faire la finition sur plusieurs zones à la fois.

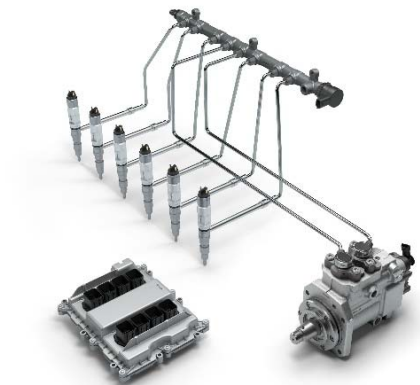
Il permet de réaliser un simple ébavurage ou un façonnage avancé des bords sur une même pièce. L'ECM peut également produire plusieurs pièces par cycle, en fonction de la complexité de l'opération et de la taille de la pièce. La durée du cycle est généralement comprise entre 30 secondes et 1 minute.

L'ECM offre une productivité optimale tout en garantissant une qualité irréprochable et 100 % constante.

Les applications ECM sont présentes dans diverses industries, telles que l'automobile, le médical, l'aérospatiale, l'énergie / fluide, et l'ingénierie en générale.



Source: Dassault Aviation



Source Bosch



Source ZF



EXTRUDE  
HONE®

# Les arêtes et la surface sont importants, de même que les capacités ECM.

## Méthodes de finition ECM d'Extrude Hone

Nous proposons diverses solutions en fonction de vos critères de finition, des caractéristiques géométriques du composant, du matériau et du processus d'usinage.

### Ébavurage ECM ou ECD

Applications simples d'élimination des bavures.

### Rayonnage ECM

Il est souvent combiné à l'ECD pour obtenir une arête arrondie, un véritable rayon ou un chanfrein.

### Usinage des cavités par ECM

Il crée une cavité intérieure d'une forme spécifique à l'intérieur d'une pièce à partir d'un simple alésage droit. Les formes en creux ne sont plus difficiles à usiner et ne présentent ni bavures ni contraintes.

### Forage ECM

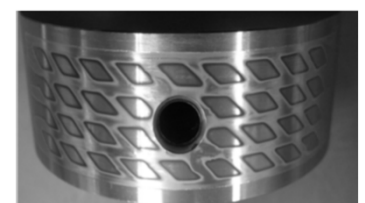
Un rêve devenu réalité. Faire un trou de forme ovale est une tâche rendue facile par ECM.

### Structuration de surface ECM

La structuration d'une surface peut être réalisée via ECM. Par exemple, pour mieux retenir l'huile sur une surface de roulement.

### Rainurage ECM

Le rainurage est meilleur lorsqu'il est réalisé par ECM (statique ou dynamique), pas de bavures, pas de contrainte d'usinage mécanique appliquée, qualité et précision accrues.



# Avantages et inconvénients de l'ECM

## Les avantages

- Enlèvement de matière à des endroits définis avec précision.
- Convient pour l'usinage des endroits difficiles d'accès
- Également efficace pour les métaux difficiles à usiner.
- Aucune contrainte mécanique ou thermique n'est appliquée à la pièce.
- Ebauche et finition en une fois.
- Productivité élevée.
- Plusieurs processus peuvent être réalisés en un seul et même cycle.
- Aucune bavure générée. Pratiquement aucune usure des outils.
- Stabilité et contrôle accrus du processus.
- Possibilité d'utiliser des montages (ensemble de cathodes gérées pour un positionnement automatique DANS et HORS de la pièce) ou des Flexi-cathodes (positionnement à la main ou par un robot).

## Les inconvénients

- Applicable uniquement aux matériaux conducteurs d'électricité
- Traitement post-processus nécessaire en raison des sels corrosifs. Requière un outillage spécifique car la cathode doit être compatible avec le design de la pièce à usiner.





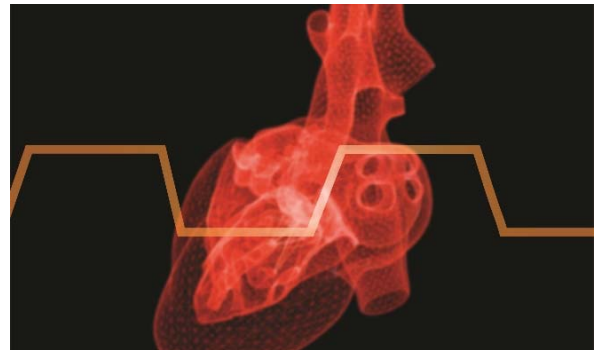


EXTRUDE  
HONE®

## Lorsque l'ECM fait mieux que l'usinage conventionnel

L'ECM est préféré aux processus conventionnels lorsque ceux-ci ne peuvent pas remplir les critères de productivité et de qualité. La situation se produit lorsque :

- Le volume de production est élevé
- Le matériau est difficile à usiner
- Les zones à usiner sont difficiles à atteindre
- L'usinage conventionnel est plus coûteux
- Les processus conventionnels ne donnent pas toujours des résultats de qualité.



Certaines caractéristiques inhérentes à l'ECM le rendent bien adapté à la fabrication moderne impliquant des matériaux exotiques, des formes complexes et des exigences de productivité et de qualité élevées.

Caractéristiques de l'ECM	Sa valeur ajoutée
<ul style="list-style-type: none"><li>• L'ECM élimine le matériau en le dissolvant.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Les propriétés physiques du matériau n'affectent pas l'ECM. L'ECM est tout aussi efficace pour les matériaux durcis.</li><li>• L'usinage se fait à température ambiante</li><li>• Le résultat d'un usinage ECM sera :<ul style="list-style-type: none"><li>• Pas de bavures ni de bords tranchants</li><li>• Absence de contraintes thermiques ou mécaniques</li></ul></li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Avec l'ECM, l'outil enlève du matériau sans entrer en contact avec la pièce.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pas de marques d'outils ou d'outils cassés</li><li>• Théoriquement, une durée de vie infinie des outils</li></ul>



EXTRUDE  
HONE®

## Les fondements scientifiques de l'ECM

La loi de l'électrolyse de Faraday régit l'usinage électrochimique (ECM). Elle stipule que la masse d'un métal dissous est proportionnelle au nombre de charges électriques transférées à l'électrode :

$$m \propto Q \qquad m \propto I \times t \qquad m = C \times I \times t$$

En combinant la loi d'Ohm,  $V = I \times R$ , l'équation devient :  
 $m = C \times (V / R) \times t$

Où :

m = masse de matière dissoute

Q = quantité de charge passée

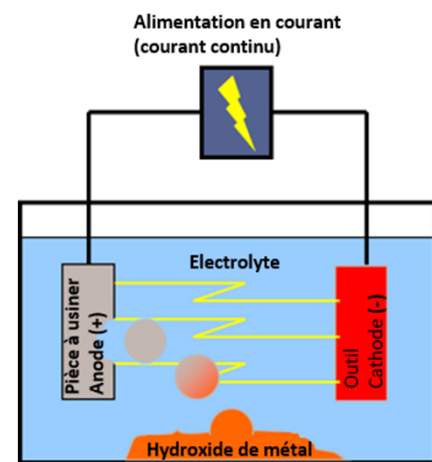
I = courant

t = temps

C = constante de proportionnalité

V = tension appliquée

R = résistance

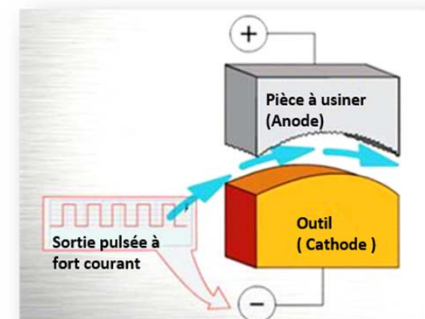


### Principaux éléments impliqués dans l'ECM

- Une alimentation en courant continu.
- L'outil, connecté à la borne (-) de l'alimentation, la cathode.
- La pièce, reliée à la borne (+) de l'alimentation électrique, l'anode.
- L'électrolyte, remplissant l'espace entre deux électrodes.

Lorsqu'une tension est appliquée aux électrodes, le courant commence à circuler dans l'électrolyte, dissolvant le matériau à l'anode selon le principe de Faraday, créant ainsi des bords et des surfaces définis en traçant la géométrie de la cathode dans la pièce. Le matériau dissous forme l'hydroxyde métallique correspondant et s'écoule avec l'électrolyte.

Ce processus se déroule au niveau moléculaire avec une faible tension, à température ambiante, sans ajouter de contrainte mécanique ou thermique au matériau.





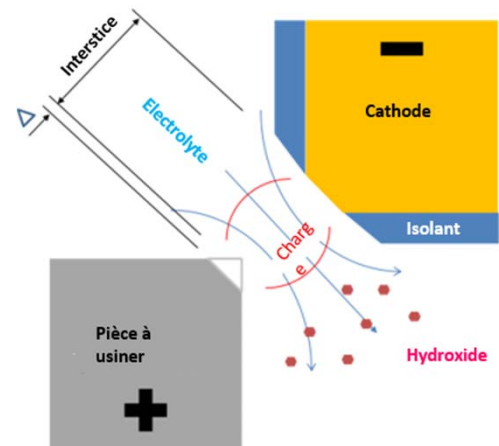
EXTRUDE  
HONE®

## Qu'est-ce que l'interstice?

L'ensemble du processus ECM se déroule dans l'interstice entre deux électrodes. L'interstice doit être :

- Assez large pour :
  - Éviter que les électrodes ne se touchent, ce qui entraînerait un court-circuit.
  - Permettre à l'électrolyte de s'écouler librement.
- Mais pas trop large, de manière à :
  - Transférer la charge électrique avec une tension de fonctionnement sûre.
  - Ne pas affecter négativement les zones critiques du composant.

Lorsque le matériau commence à se dissoudre au niveau de la pièce, l'interstice augmente. L'électrolyte qui circule dans l'écart élimine les hydroxydes et la chaleur générée par le passage du courant dans la résistance.



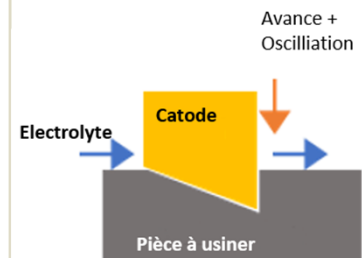
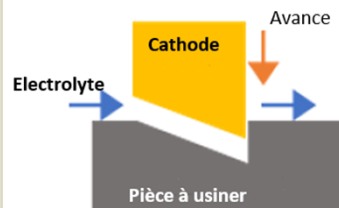
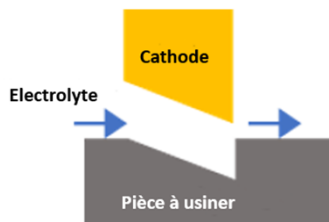




EXTRUDE  
HONE®

## Les différents types d'ECM

	ECM statique	ECM dynamique	ECM de précision
Principe de base	Dans l'ECM statique, l'outil (cathode) et la pièce à usiner (anode) restent statiques.	Dans le cas de l'ECM dynamique, la cathode se déplace (combinaison de mouvements sur 1 ou 2 axes) au fur et à mesure que l'ECM se produit.	Dans l'ECM de précision, l'écart entre la cathode et l'anode est beaucoup plus faible que dans les ECM statiques et dynamiques. Dans ce cas, la cathode oscille et se déplace en même temps qu'a lieu l'ECM.
Applications	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Ébavurage</li><li>▪ Rayonnage d'arêtes</li><li>▪ Micro-structuration</li><li>▪ Usinage des contours</li><li>▪ Rainurage</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Forage</li><li>▪ Façonnage</li><li>▪ Rainurage</li><li>▪ Brochage</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Façonnage de haute précision et finition de surface.</li></ul>



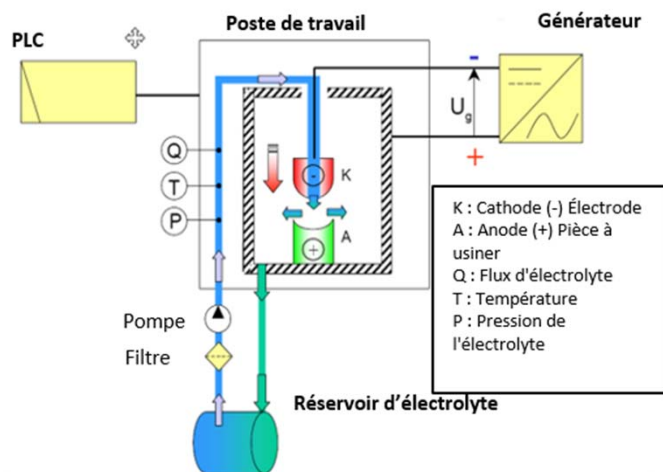


EXTRUDE  
HONE®

## A quoi ressemble une installation ECM

Toute machine ECM doit disposer des éléments suivants pour fonctionner.

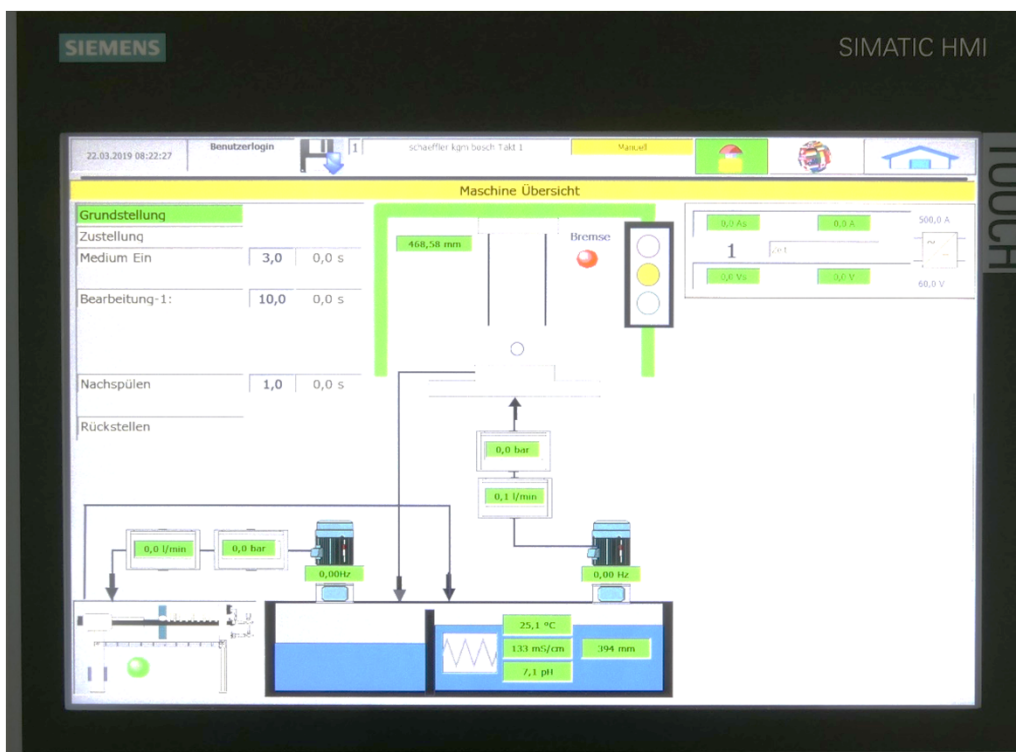
- Système d'électrolyte :
  - stocke, conditionne et fournit l'électrolyte au processus ECM.
- Générateur :
  - fournit une tension continue selon les besoins du processus.
- Outillage :
  - regroupe les contacts électriques, le logement des pièces à traiter et les amenées d'électrolyte.
- Contrôles :
  - Surveille et contrôle tous les facteurs qui ont un impact sur le processus ECM.



## Paramètres de fonctionnement de l'ECM

Toute machine ECM garde le contrôle des paramètres ci-dessous :

- Courant : différents générateurs de 50 A à 4000 A.
- Tension : de 1 à 59 V ( ou exceptionnellement limitée à 30 V).
- Temps de traitement : généralement entre 1 et 60 secondes.
- Pression de l'électrolyte.
- pH.
- Conductivité.
- Filtration.
- Surveillance des composants de la machine.





## Assurer la stabilité du procédé ECM

La stabilité est la marque de fabrique de tout processus. Lorsque vous produisez des milliers de composants chaque jour tout au long de l'année, il est essentiel de s'assurer qu'ils sont tous conformes aux spécifications.

Dans le procédé ECM, la stabilité dépend de plusieurs facteurs : Si ces facteurs ne sont pas contrôlés avec précision, la qualité de la production est menacée.

Compte tenu de l'équation directrice,  $I$  et  $t$  doivent être contrôlés afin d'obtenir une élimination de masse constante dans chaque cycle. Où  $C$ , la constante de proportionnalité, est déterminée par le matériau à usiner.

Désormais,  $I$  dépend de  $V$  et de  $R$ . Pour une tension appliquée, la quantité de courant traversant l'espace dépend de la résistance.

Dans une machine ECM,  $V$  et  $t$  sont réglables au niveau du contrôleur.

Le défi réside dans  $R$ , qui varie en fonction de quelques autres éléments. Et la variation de l'un aura un impact sur  $I$ , et donc sur  $m$ .

Les facteurs les plus importants qui contrôlent  $R$  sont :

- La conductivité de l'électrolyte :
  - La salinité
  - La température
- L'écart entre les électrodes

$$m = C \times I \times t$$

$$m = C \times (V / R) \times t$$

### Corrélation des facteurs

Salinité ↗ Résistance ↘

Température ↗ Résistance ↘

Interstice ↗ Résistance ↗



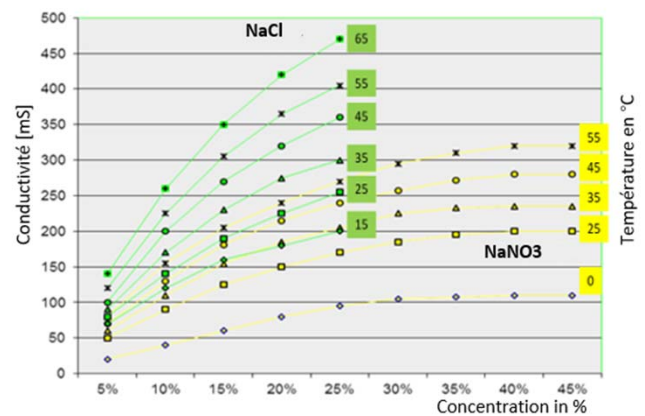
EXTRUDE  
HONE®

## Température, salinité et conductivité de l'électrolyte

Selon le sel utilisé, la conductivité de l'électrolyte augmente avec la salinité et la température de l'électrolyte.

Plus la salinité et la température sont élevées, plus la quantité de matière éliminée au cours du processus sera importante pour une tension et un temps de cycle donnés.

Si elles ne sont pas surveillées et contrôlées de près, la température et la salinité peuvent affecter considérablement la stabilité du procédé ECM.

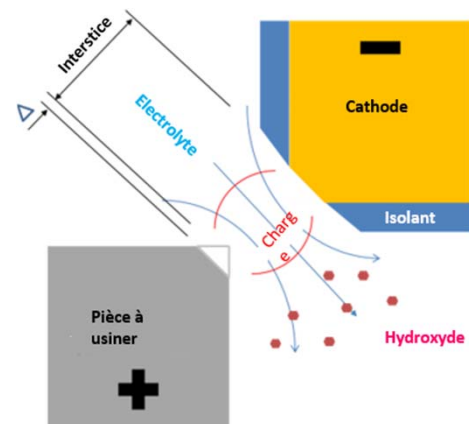


## Interstice entre les électrodes

L'étape initiale de conception de l'outillage et les essais de faisabilité contribueront à définir l'espace entre les électrodes. Elle dépend de la qualité des composants entrants et des critères de la pièce produite.

Plus l'interstice est faible, mieux c'est pour le procédé ECM car il offre moins de résistance au passage du courant. Le procédé fonctionne alors avec une tension minimale. En outre, les effets de l'ECM seront concentrés sur des zones ciblées.

Il est également essentiel de maintenir la stabilité de la qualité de la pièce entrante pour obtenir la stabilité de la qualité de la pièce sortante.





EXTRUDE  
HONE®

## Autres facteurs qui influencent la stabilité du procédé ECM.

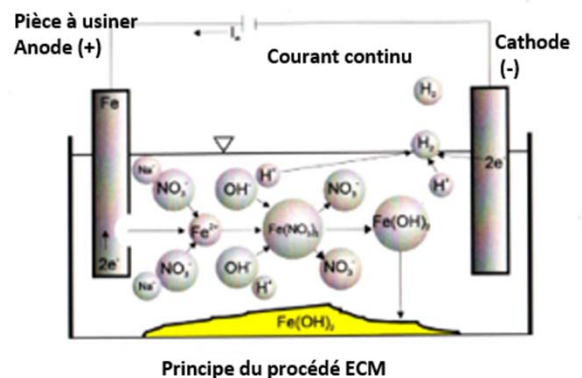
Parmi les autres facteurs qui influencent les résultats de l'ECM, les principaux sont les suivants :

- le pH de l'électrolyte.
- l'écoulement de l'électrolyte.
- Le schéma de la tension appliquée.
- La propreté de l'électrolyte.
- Le traitement pré et post ECM.
- La stabilité des conditions d'entrée.

## Le pH de l'électrolyte

Dans le procédé ECM, de l'hydrogène est libéré au niveau de l'électrode, rendant l'électrolyte plus basique. L'ajout d'une dose contrôlée d'acide dans le réservoir d'électrolyte permet de maintenir le pH souhaité. Le dosage dépend du retour d'information reçu des capteurs de pH et du seuil saisi dans le contrôleur.

Le maintien d'un pH proche de la neutralité est utile à l'opérateur et au système. De plus, pour chaque matériau usiné, il existe une plage de pH donnée permettant de maintenir une filtration efficace de l'électrolyte. Et le maintien d'un électrolyte propre est essentiel à la qualité du résultat de l'ECM, en tout premier lieu pour la finition et l'apparence de la surface.







EXTRUDE  
HONE®

## Écoulement de l'électrolyte

Dans le procédé ECM, l'électrolyte se trouvant dans l'écart est essentiel pour porter une charge électrique et permettre l'extraction du matériau. Un flux contrôlé de l'électrolyte assure :

- Une évacuation efficace de l'hydroxyde produit lors de l'ECM.
- Un transfert efficace de la chaleur générée dans l'écart.
- La forme de l'arête générée lors de l'ECM.
- La finition de surface obtenue lors de l'ECM

Pour obtenir une plus grande stabilité du procédé, le flux d'électrolyte doit rester à un niveau prédéfini. Les régulateurs de pression et d'écoulement installés dans le circuit d'électrolyte permettent d'atteindre cet objectif.

## La propreté de l'électrolyte

Lors du procédé ECM, le matériau retiré est constitué d'un hydroxyde métallique. Il est emporté hors de la zone d'usinage par l'écoulement de l'électrolyte. Et il doit être filtré en permanence pour maintenir l'électrolyte propre.

Une électrolyte qui ne serait pas propre a de nombreux effets indésirables :

- Bloquer les conduits d'électrolyte.
- Laisser des dépôts sur l'outillage.
- Détériorer la qualité de l'ECM en termes de finition de surface et d'apparence.

Un système de filtration efficace sépare l'hydroxide et le convertit en une pâte plus facile à manipuler et à enlever.



## Schéma de tension

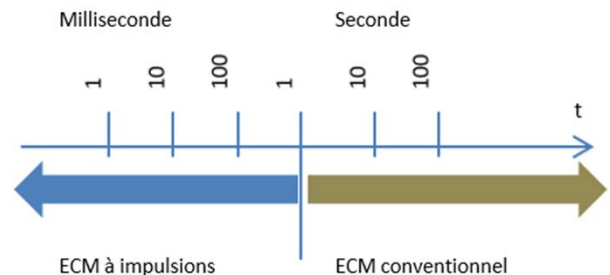
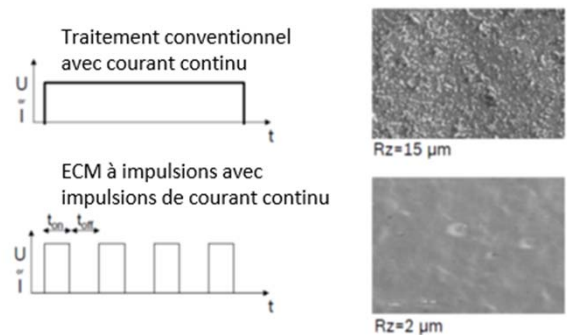
Dans le procédé ECM, le courant continu peut être appliqué de manière constante, par impulsions, ou une combinaison des deux.

Par convention, la norme dans le milieu de l'ECM était une tension continue constante. Au fil du temps, c'est devenu la tension par impulsions. La tension par impulsions garantit que l'hydroxyde est évacué et qu'un électrolyte propre est présent dans l'écart à chaque fois. Il en résulte un meilleur contrôle de la zone de l'ECM et une meilleure finition de la surface.

"Par rapport à l'usinage conventionnel, l'ECM à tension constante s'apparente à l'ébauche, tandis que celle à impulsions s'apparente davantage à la finition. Une combinaison optimale des deux constituera la solution permettant d'obtenir le meilleur temps de cycle et la meilleure qualité. En outre, la forme de l'impulsion a un excellent effet sur la finition de la surface de la zone d'ECM."

Un contrôle précis de la tension est essentiel pour obtenir la stabilité du procédé ECM.

- Alors qu'une tension continue constante donne un taux d'enlèvement de matière élevé, une tension continue pulsée génère une meilleure finition de la surface.
- Souvent, on associe les deux dans un programme en deux étapes pour obtenir la meilleure productivité et la meilleure qualité.





EXTRUDE  
HONE®

## Le traitement pré et post ECM est essentiel

Traitement pré ECM	Traitement post ECM
<ul style="list-style-type: none"><li>• Les composants doivent être propres, sans trace d'huile, sans bavures et sans particules étrangères avant d'alimenter le procédé ECM.</li><li>• L'huile, qui est un mauvais conducteur d'électricité, entrave le procédé ECM. De plus, elle se mélange à l'électrolyte et endommage encore davantage les composants secondaires.</li><li>• Si ils ne sont pas retirés préalablement, les copeaux peuvent provoquer un court-circuit pendant le procédé ECM, endommageant alors les cathodes et les pièces.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• L'ECM requiert de l'eau salée, il est nécessaire d'effectuer un rinçage à l'eau claire après l'ECM pour se débarrasser des résidus de sel.</li><li>• Pour les composants ferreux, il est indispensable d'utiliser un produit de passivation pour empêcher la formation de rouille.</li><li>• En outre, l'élimination complète des hydroxydes rend parfois nécessaire un système de nettoyage plus intensif. Les machines de nettoyage par trempage ou/et par agitation ultrasonique s'avèrent utiles.</li></ul>

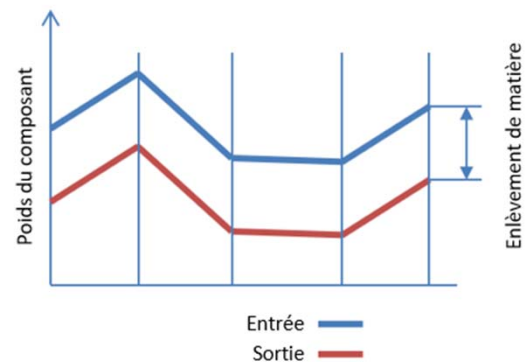








EXTRUDE  
HONE®

## La stabilité des conditions d'entrée

Avec toutes les mesures de contrôle en place, le procédé ECM est en mesure de garantir la stabilité de la quantité de matériau retiré à chaque cycle. Le résultat est directement corrélé avec l'état d'entrée des composants.

Dans le cas d'une application ECM statique d'ébavurage et de rayonnage d'arêtes, l'état de la bavure à l'entrée joue un rôle essentiel dans la qualité du résultat. Par conséquent, si l'état de l'arête en sortie est donnée avec des tolérances serrées, l'état en entrée doit également être précis.



	Meilleur cas	Le cas le plus probable	La pire situation
Etat avant ECM	 Arête sans bavure	 Bavure modérée	 Bavure importante
Etat après ECM	 Le meilleur rayonnage d'arête	 Un rayonnage d'arête plus modéré	 Il reste une petite partie de la bavure.



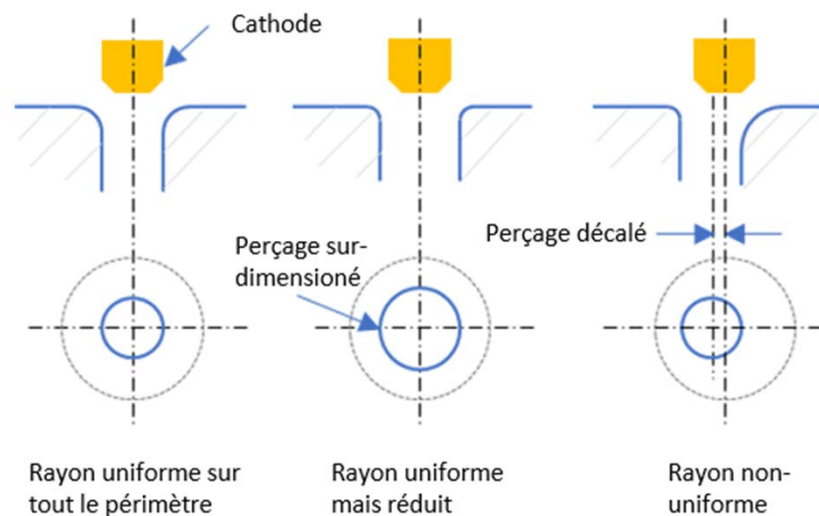
EXTRUDE  
HONE®

## Impact de la taille et de la position des trous dans l'ECM statique

Dans le processus d'ECM, la conception et la fabrication de la cathode (outil) exigent une précision et une exactitude maximales.

Tout décalage et toute variation de l'outillage entraîneront des variations du résultat.

Pour obtenir un rayon de cassage d'angle parfait au niveau d'un trou sécant, la taille du trou et la précision de la position doivent être étroitement maintenues.





EXTRUDE  
HONE®

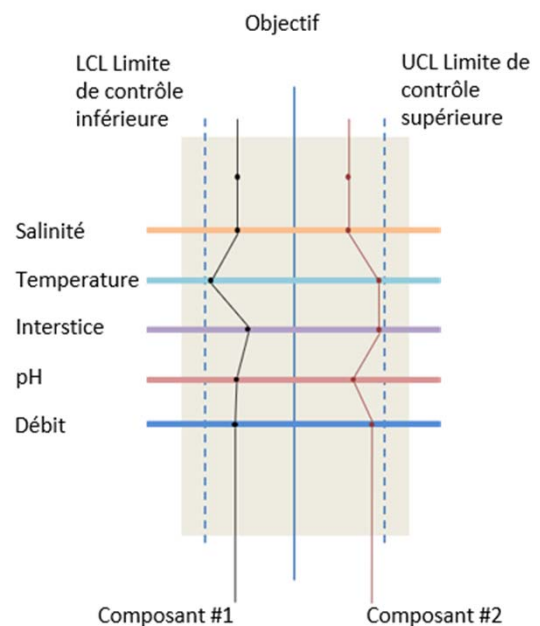
## La commande JI dt - le nec plus ultra en termes de stabilité du procédé ECM

Chaque paramètre de fonctionnement d'un procédé doit avoir un objectif. Et pour des raisons pratiques, il devrait y avoir des limites de contrôle inférieures et supérieures.

"L'ECM ne fait pas exception à cette règle. Tous les paramètres critiques se situent dans les limites de contrôle. La machine doit être équipée de capteurs pour mesurer les paramètres en continu. Il devrait au moins y avoir une alerte si l'un des facteurs dépasse les limites. Le mieux serait de disposer d'un contrôle automatique pour les maintenir dans la plage de fonctionnement."

"Même lorsque le processus fonctionne dans les limites, il existe des variations entre les composants en raison de l'influence des paramètres qui changent. sur l'image ci-contre, vous pouvez sentir que les deux composants ne seront pas semblables après le procédé ECM, même s'il est effectué avec la même tension et pendant le même temps."

La commande JI dt devient très utile ici pour contrôler précisément le résultat du processus.





## Caractéristiques importantes d'une machine ECM

Caractéristiques	Avantages
Sécurité des opérateurs	Dans la plupart des cas, c'est une personne qui fait fonctionner la machine ECM. Les machines ECM doivent disposer de tous les dispositifs de sécurité car elles génèrent des courants élevés et comportent souvent des outillages avec des pièces mobiles.
Sécurité de l'environnement	Les machines ECM utilisent de l'eau salée. Et cela provoque de la corrosion, même sous forme de vapeur. Une machine ECM devrait avoir son propre mécanisme pour minimiser la propagation de la vapeur d'eau salée.
Détection des courts-circuits	<p>Le processus d'ECM implique une alimentation en courant continu et des électrodes à polarités opposées. Si ces électrodes entrent en contact, cela provoquera un court-circuit. Un courant élevé circulant dans les électrodes est susceptible de provoquer des dommages permanents. Par conséquent, la machine doit disposer du dispositif de protection électrique nécessaire.</p> <p>Les machines ECM modernes sont équipées d'une fonction de détection des courts-circuits. Lorsqu'un composant est placé dans l'outillage et que les cathodes entrent en position de travail, une petite tension prédéterminée s'applique pour détecter la présence d'un éventuel court-circuit. En cas de court-circuit, le cycle s'interrompt immédiatement et déclenche une alarme.</p>
Identification des composants non OK	Pendant le traitement d'une pièce, si la machine ECM se trouve en dehors des paramètres du processus, elle doit déclencher une alarme et identifier le composant comme étant potentiellement défectueux.
Réduction du chrome hexavalent	<p>Lorsque des matériaux à forte teneur en chrome (&gt; 5 %) sont usinés par ECM, la machine ECM génère du chrome hexavalent cancérigène. Une exposition prolongée cause des dommages irréparables au système respiratoire.</p> <p>Une unité de réduction du chrome doit être intégrée à la machine ECM pour convertir le chrome hexavalent en chrome trivalent.</p>

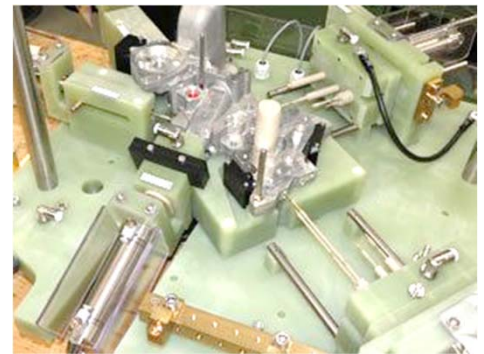


EXTRUDE  
HONE®

## L'outillage, élément clé du procédé ECM

L'outillage dans le procédé ECM revêt une multitude de fonctions :

- Maintenir le composant rigoureusement dans le cadre des critères de conception et le verrouiller en position pendant l'usinage.
- Guider l'électrolyte vers et depuis les lieux d'usinage.
- Accueillir les cathodes et les anodes en les connectant électriquement.

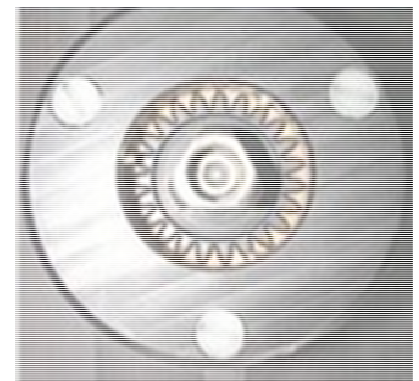


Les principales décisions relatives à la conception de l'outillage sont les suivantes :

- Gérer toutes les zones d'usinage souhaitées en un minimum de temps.
- Gérer plusieurs composants en parallèle si la demande du produit est élevée.

La conception de l'outillage décide de la facilité de chargement et de déchargement des composants, et la précision et l'exactitude de la conception et de la fabrication garantissent la précision et la répétabilité des résultats de l'ECM.

Le choix du matériau utilisé pour la fabrication de l'outillage détermine sa durée de vie. Il est très souvent nécessaire que l'outillage soit interchangeable et qu'il puisse être remplacé rapidement. L'élément le plus critique de l'outillage ECM est la cathode qui effectue l'usinage électrochimique. Les cathodes transportent l'électricité, et parfois l'électrolyte, vers la zone d'usinage. Sa forme et sa précision de fabrication déterminent le résultat de l'ECM. Les cathodes peuvent paraître simples. La science est au cœur de la conception des cathodes et contrôle la dissolution du matériau pour obtenir des seuils de tolérance stricts en termes de géométrie et de rugosité. La sélection des matériaux de base et d'isolation est essentielle pour obtenir des performances optimales et une durée de vie accrue.





EXTRUDE  
HONE®

# Équipement ou ateliers de sous-traitance, votre choix

Extrude Hone supporte les clients dans divers marchés et de différentes façons:

## Faisabilité - Tests

Tests de différentes technologies ou d'une combinaison d'entre elles afin de trouver la solution parfaite la mieux adaptée à leurs besoins.

## Sous-traitance

Pas besoin d'investir : nous disposons d'ateliers de sous-traitance qui peuvent faire le travail pour vous.

## Équipement

Vous souhaitez que votre procédé reste secret ? Nous apportons nos machines sur votre site.

L'ensemble de notre gamme d'équipements est à vendre. Nous vous aiderons pendant les moments de forte demande et nous serons à vos côtés pour l'entretien et les consommables à long terme.





EXTRUDE  
HONE®

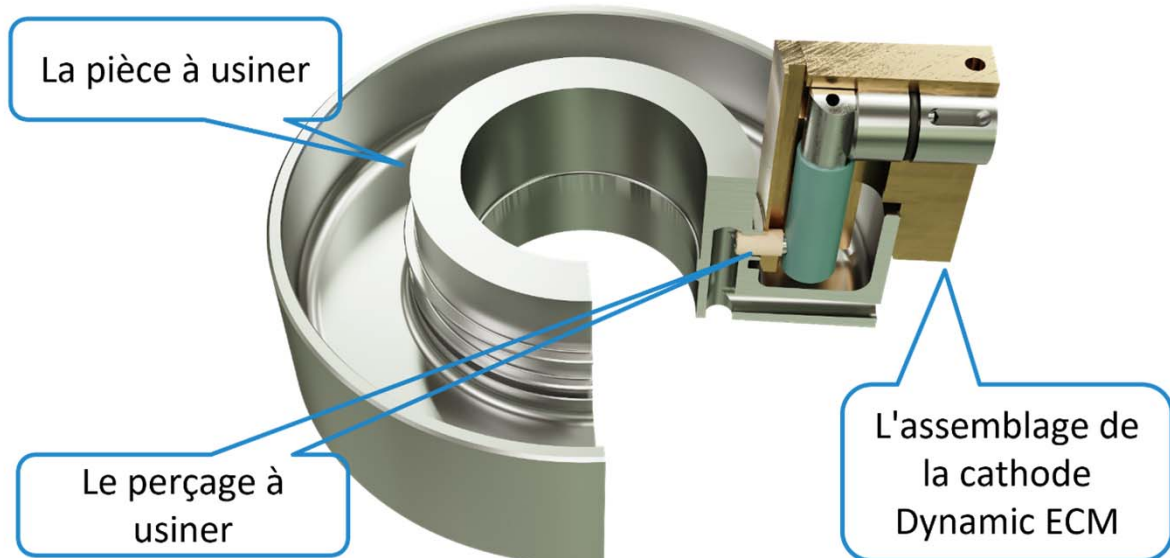
## Usinage Electrochimique Dynamique

**Rendez l'impensable possible avec l'usinage électrochimique dynamique (D-ECM).**

Vous avez besoin d'usiner différents modèles dans une zone inaccessible par les moyens conventionnels ? Nous vous proposons une solution de haute précision, de haute qualité et productive, le tout à un coût attrayant par pièce.

Dans l'illustration, nous perçons des trous que l'usinage conventionnel ne peut pas réaliser. La cathode ECM descend puis glisse à une vitesse d'avance vers le centre de la pièce, usinant le trou en dissolvant le matériau.

L'ECM dynamique est un procédé ECM modifié dans lequel la cathode se déplace à vitesse constante dans la pièce. Il permet d'obtenir des résultats de finition pour les composants de forme complexe qui sont difficiles, voire impossibles, à réaliser avec les méthodes d'usinage conventionnelles.





EXTRUDE  
HONE®

# Usinage Electrochimique Dynamique

## Fonctionnement du procédé d'usinage électrochimique dynamique :

L'usinage électrochimique dynamique se compose d'axes d'entraînement et d'un outillage personnalisé (spécifique à la pièce).

L'outil (cathode) est connecté à l'unité d'entraînement (axe) située sur la partie supérieure de l'outillage.

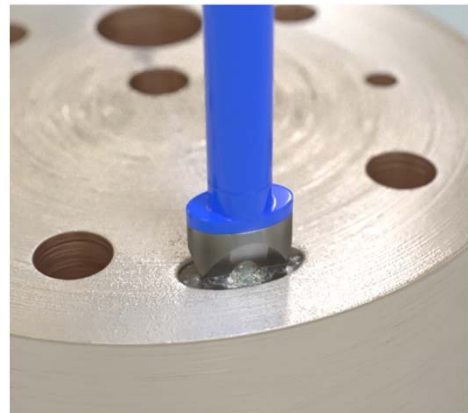
L'entrée des paramètres est contrôlée par l'interface de l'opérateur et est stockée dans un fichier spécifique à la pièce pour assurer la répétabilité.

L'unité d'entraînement déplace la cathode à une vitesse constante et contrôlée dans la pièce.

Le contrôle du processus (contrôle des paramètres et des courts-circuits) garantit la précision des dimensions.

## Notre outil ECM dynamique nous donne une longueur d'avance.

L'outil (cathode) est un élément critique du procédé Dynamic ECM car ses propriétés et sa forme déterminent l'endroit et la quantité de matière enlevée de la pièce. L'usure de l'outillage n'est pas liée au procédé car la cathode ne rencontre jamais la pièce.







EXTRUDE  
HONE®

## EC Rifling Principe de rainurage

**L'EC Rifling est une alternative gagnante aux méthodes conventionnelles de rainurage.**

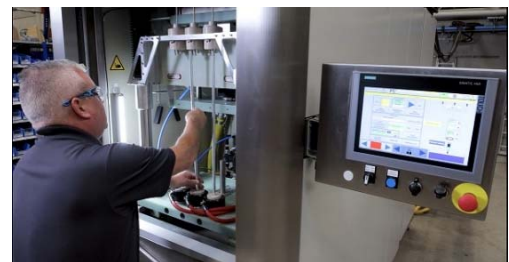
Extrude Hone a lancé l'EC Rifling à la fin des années 80, à l'époque sous le nom de CATION Rifling. Ces machines sont toujours en production et tournent quotidiennement dans notre atelier de sous-traitance à Sterling Heights. En 2024, nous avons appliqué notre savoir-faire à la dernière technologie ECM ; le résultat est notre système de rainurage EC de dernière génération.

Le rainurage EC est généralement appliqué en position verticale. En même temps, le canon (anode) est dans une position fixe, et la cathode se déplace avec un mouvement vertical et rotatif combiné (= TWIST) à travers la pièce.

La conception de la cathode nécessite un "twist". "La zone métallique exposée (= zone active) génère le sillon, tandis que la zone isolée protège le profil de la terre contre les effets du processus.

Lorsque j'examine la solution de rainurage électrochimique, la première chose qui me vient à l'esprit est que la caractéristique de non-contact entre la cathode et le canon semble changer la donne par rapport aux méthodes conventionnelles.

Soyons clairs. Les méthodes traditionnelles de rainurage sont des méthodes basées sur la coupe ou la déformation. Pensez au rainurage par outil de coupe, également appelée rainurage à crochet, rainurage à broche, rainurage à bouton et forgeage.







EXTRUDE  
HONE®

## Avantages du rainurage ECM

#1 : Procédé à froid sans contrainte :

#1 : Procédé à froid sans contrainte : aucune contrainte n'est appliquée à la pièce. L'utilisation de l'ECM pour le rainurage des canons permet de réduire le nombre de processus dans la chaîne de fabrication, car toutes les activités visant à réduire les contraintes deviennent obsolètes.

#2 : Flexibilité maximale :

L'ECM fonctionne indépendamment de la dureté du matériau, car il le dissout et ne le coupe ni ne le déforme. Il est donc universel pour tous les types de métaux et quelque soit leurs états. Le rainurage standard, le rainurage progressif et progressif en profondeur peuvent être effectués rapidement en modifiant les paramètres.

#3 : Productivité :

L'ECM offre une productivité et des vitesses d'avance élevées (50 à 300 mm/min). En outre, il permet généralement de traiter simultanément plusieurs pièces par cycle. Temps de changement rapide d'un type à l'autre.

#4 : Précision et stabilité du processus

Le processus suit la loi de Faraday et peut être facilement contrôlé pour garantir des résultats cohérents d'une pièce à l'autre. Des tolérances serrées peuvent être respectées (largeur de la rainure 100µm, profondeur de la rainure 50µm). L'ECM combine l'enlèvement de matière et l'état de surface en une seule étape. La rugosité de surface après l'ECM est généralement meilleure que Ra 0,4µm.





EXTRUDE  
HONE®

## ECM Micro-structuration

**Allez au-delà de l'usinage conventionnel !**

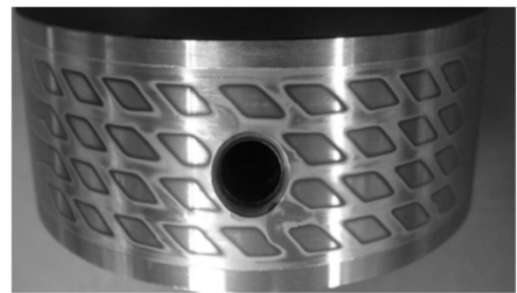
La micro-structuration avec l'usinage électrochimique (ECM).

Vous avez besoin d'usiner différentes figures, comme des structures radiales et axiales, internes ou externes.

En outre, vous devez le faire avec une précision et une répétabilité élevée.

Il peut s'agir de compresseurs, de pompes à chaleur, de réfrigération, de paliers à air ou d'applications de gaz propres.

Nous proposons une solution qui vous permettra de gagner en productivité et d'obtenir un coût par pièce attrayant.





EXTRUDE  
HONE®

## Expérience Industrielle Découvrez comment les clients tirent parti de l'ECM







EXTRUDE  
HONE®

## Expérience Industrielle

### La performance et la sécurité vont de pair avec la productivité

Quand vous réinventez la manière de voyager en jet d'affaires grâce à des innovations en matière de confort, de sécurité et de technologie, cela veut dire que vous méritez le meilleur.

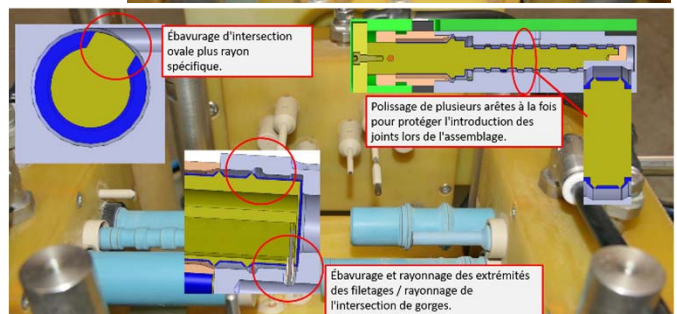
Extrude Hone permet d'obtenir des blocs hydrauliques de la plus haute qualité. Les blocs hydrauliques sont des pièces d'ingénierie et d'usinage très sophistiquées qui permettent d'assurer des vols souples, précis et sûrs. Il n'y a pas moins de 248 intersections dans ce bloc en aluminium traitées par Extrude Hone à l'aide de l'usinage électrochimique (ECM). Les applications allaient du simple ébavurage aux formes complexes avec des seuils de tolérances stricts. Nous réalisons tout cela en 3 étapes et en un total de 15 minutes.

Les cathodes dissolvent les bavures ou le matériau dans des zones déterminées de la pièce pour créer des arrondis et des formes spécifiques tout en polissant la surface. Le dispositif de production est assez complexe et comporte de nombreuses cathodes. Une cathode peut traiter une ou plusieurs zones dans un trou. Des groupes de cathodes travaillent chacun avec un courant différent. L'ECM permet de s'assurer que toutes les zones soient traitées et correspondent aux spécifications. Il est beaucoup plus rapide et plus sûr d'utiliser l'ECM que de le faire à la main.

Parmi les formes géométriques qu'il est possibles de réaliser par ECM on trouve les vrais rayons, les arrondis spécifiques sur des formes rondes ou ovales, le chanfrein, la finition des extrémités des filetages, le polissage fin des arêtes pour protéger les joints pendant l'assemblage.



© Dassault Aviation



## Expérience Industrielle

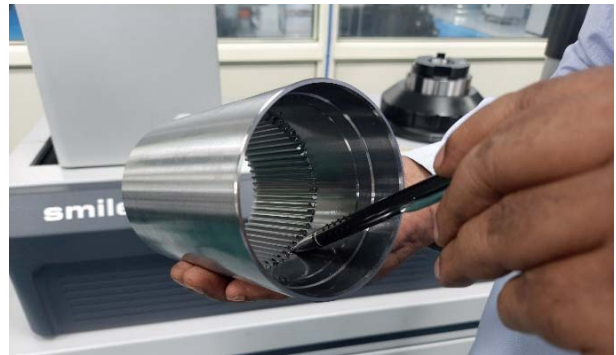
M. Gursharan Singh, président et directeur général de RACL Geartech Ltd. parle de l'ajout de l'ébavurage électrochimique à ses capacités de fabrication d'engrenages.

Notre entreprise est principalement active dans la fabrication d'engrenages, d'arbres et de pièces pour les applications automobiles. Vous savez, nous sommes dans ce métier depuis plus de 30 ans et la présence de bavures est toujours restée un grand défi dans la fabrication des engrenages. Soit dit en passant, non seulement RACL, mais tout autre fabricant d'engrenages confirmera également que, historiquement, les bavures sont toujours restées le problème.

Incidemment, notre société a entamé une nouvelle relation commerciale avec ZF, en Allemagne, pour certaines applications critiques pour les applications de couronnes dentées pour châssis, où nous avons vraiment été confrontés à un problème particulier de bavures dans les dents internes, qui n'était pas accessible pour un ébavurage mécanique ou manuel. L'élimination des bavures était un gros problème par n'importe quelle méthode conventionnelle. C'est donc là que l'ECM (usinage électrochimique ou ébavurage électrochimique) est entré en jeu.

Nous sommes assez enthousiastes au sujet des résultats globaux, que nous avons obtenus jusqu'à présent. Extrude Hone nous a fourni un bon support technique et a livré la machine dans les délais. Il y avait une date limite spécifique exigeant que la machine soit expédiée avant le 31 mars. Et le 31 mars, la machine a quitté Extrude Hone Germany, ce qui reflète un engagement fort envers les demandes des clients. Cela va très loin.

Dans un processus comme l'usinage électrochimique, il y a toujours le besoin d'un support technique fréquent et le besoin d'un approvisionnement constant en consommables comme des cathodes ou d'autres pièces de rechange. C'est une bonne initiative prise par Extrude Hone d'avoir une implantation en Inde. Cela va sans dire.



Source RACL Geartech Ltd



RACL Geartech Ltd.  
Formerly Raunaq Automotive Components Ltd.



Source RACL Geartech Ltd

## Expérience Industrielle

Extrude Hone est un fournisseur de choix de ZF pour ses systèmes ECM depuis 2006. Plusieurs composants d'une boîte automatique bénéficient du procédé électrolytique.

Dans une transmission de conception planétaire, plusieurs composants sont susceptibles d'être traités par ECM: roue solaire, arbre de sortie, engrenage central, guide d'arbre de roue et engrenages planétaires.

De plus, l'ébavurage thermique est utilisé pour les opération de simple ébavurage, afin de réduire le volume de bavures avant l'ECM, ou simplement pour éliminer tous les contaminants potentiels.

"La qualité de l'engrenage permet de réduire l'usure, les vibrations, la friction et le bruit tout en réduisant la contamination de l'huile. La qualité supérieure des boîtes de vitesses automatique s'accompagne d'un contrôle parfait du cassage d'angle que l'ECM peut effectuer avec un temps de cycle court en contribuant à une productivité de haut niveau tout en étant entièrement intégré à la ligne de production. "

Mai, 2020:

"L'année dernière, ZF et Extrude Hone ont trouvé un accord sur plusieurs projets afin de rationaliser les coûts de nos produits. Aujourd'hui, ZF est capable mettre en œuvre ces économies techniques dans leur atelier, notamment en ce qui concerne les nouveaux projets de transmissions. Un grand merci à Extrude Hone pour sa disponibilité et son soutien!"

"C. Hauser, Manager Corporate Material Management - ZFOutils liés aux machines et équipements de base"



Source ZF





## Expérience Industrielle

BURGMAIER HIGHTECH utilise l'ECM pour faire la différence

Solution pour la création de rayons et de formes aux intersections: des perçages dans les zones de haute pression du corps d'injecteur. Garantie sans bavure en utilisant l'ECM tout en assurant la résistance à la fatigue dans les composants à haute pression avec une efficacité optimale en raison de propriétés d'écoulement améliorées.

Le système d'injection de carburant diesel est l'un des composants de base d'un moteur diesel. Il est responsable de fournir la bonne quantité de carburant au bon moment.

De nos jours, où les normes d'émission plus strictes obligent les fabricants à améliorer l'efficacité de leurs moteurs. Les moteurs diesel modernes, par exemple, utilisent des pressions plus de 2000 bars pour accroître l'efficacité de la combustion interne.

Cela signifie également d'immenses efforts, en particulier sur les intersections de l'alésage de la zone à haute pression.

Tobias L., responsable du procédé ECM à Burgmaier Hightech GmbH à Laupheim, nous donne un aperçu de son travail quotidien et la façon dont la collaboration avec Extrude Hone les aide à fournir le meilleur:

« J'ai rejoint Burgmaier en 2004 comme contremaître pour les lignes dans la production. Après plusieurs années d'expérience de l'ECM au sein de notre production je suis maintenant responsable de la maintenance de tous les équipements ECM dans notre usine. Depuis que nous avons commencé à utiliser ECM dans notre usine de Laupheim, nous avons toujours pu compter sur l'expertise et l'expérience d'Extrude Hone. Ce partenariat très proche commence par la réalisations d'essais lors de la phase d'appel d'offres dans les premières phases du projet, la recherche et la définition des étapes du processus de production parfait pour assurer la meilleure qualité des pièces et la propreté, et enfin le perfectionnement grace au support du service après-vente avec des idées novatrices pour optimiser nos processus et de réduire nos frais de fonctionnement.

Nous sommes un fabricant international de pièces de précision. Nous avons réussi à la fois à consolider notre position en tant que leader sur le marché de la technologie et à répondre aux besoins de notre clientèle mondiale. La satisfaction du client est notre priorité - nous la réalisons avec les trois piliers de notre culture d'entreprise: expertise, précision et fiabilité. Avec l'amélioration continue et en travaillant en étroite collaboration avec nos clients, nous cherchons à obtenir la technologie et le leadership des coûts".



BURGMAIER  
*Faszination durch Präzision*



iStock

## Expérience Industrielle

Ventura utilise l'ECM pour les composants de freinage automobile.

Avec son siège à Les Franqueses del Vallès en Espagne et avec des installations à Houston, États-Unis et Suzhou, en Chine, Ventura Precision Components est un expert dans la fourniture de composants de haute précision pour le secteur automobile et pour d'autres segments de marché tels que les camions, les motos et l'aéronautique.

Avec plus de 45 ans d'expérience, Ventura fournit des composants aux principaux Tier 1 tels que Robert Bosch, Continental et TRW, Ventura est fière de sa capacité à offrir des composants de haute qualité à des prix compétitifs. La principale gamme de produits de Ventura est les pistons pour les systèmes de freinage et, sur ce marché, ils sont des leaders mondiaux dans la production d'une nouvelle génération de pistons.

Le succès de Ventura se trouve en grande partie dans l'utilisation des équipements et des procédés de production dernier cri. L'un de ces procédés est l'usinage électrochimique (ECM) et Extrude Hone est fier de soutenir Ventura dans la fourniture de composants de qualité supérieure aux clients finaux.

L'usinage électrochimique fonctionne sur le principe de dissolution anodique du métal et fournit un degré élevé de précision pour les composants qui sont difficiles à fabriquer et à terminer en utilisant des méthodes conventionnelles. Parce que l'ECM est un procédé sans contact, il ne soumet pas la pièce à usiner à des contraintes mécaniques ou thermiques. Cela signifie pas de bavures / bavures secondaires et aucune déformation de la pièce, même sur des pièces en aluminium à paroi mince. L'ECM est très bien adapté pour la production à haut volume de Ventura et offre une grande précision et un degré élevé de reproductibilité.

Ventura utilise l'ECM afin d'ébavurer et de créer des rayons aux intersections des perçages sur les poussoir de piston (représenté sur l'image). Il est essentiel que cette zone soit sans bavure. Une bavure qui se détacherait de ces trous transversaux pourrait contaminer le système hydraulique du frein amenant le système à endommager les joints d'étanchéité permettant à l'huile hydraulique de fuir et / ou de l'air d'entrer dans le système conduisant à l'inefficacité du système.



Source Ventura



Source Ventura



EXTRUDE  
HONE®

## Testez Extrude Hone Maintenant!

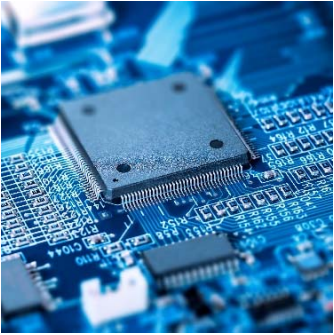
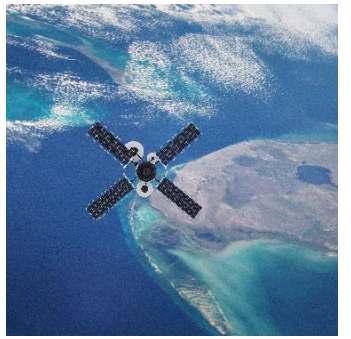
Découvrez d'autres technologies et applications grâce à des animations 3D détaillées et des témoignages de clients. Visitez notre stand virtuel.



Zoom sur 6 industries - Disponible en 6 langues

[www.vb.extrudehone.com](http://www.vb.extrudehone.com)





**EXTRUDE HONE®**  
**SHAPING YOUR FUTURE**

