

Information technique

Dynamic Efficiency – pour un usinage fiable et efficace

En termes d'efficacité d'usinage, un grand potentiel réside dans l'usinage lourd – opération d'ébauche avec une puissance de coupe élevée – et dans l'usinage de métaux difficiles à usiner tels que les alliages de titane, les matériaux à base de nickel ou encore les aciers inoxydables, très utilisés dans les secteurs aéronautique et aérospatial. Dans le cadre d'un usinage lourd, l'objectif consiste à enlever le plus de matière possible en un minimum de temps. Plusieurs acteurs de ce processus d'usinage sont alors poussés dans leurs retranchements. Il est donc essentiel d'avoir une bonne maîtrise de l'ensemble du processus d'usinage à haute puissance pour en assurer la qualité et la rentabilité. Les forces résultant de ce processus d'usinage exercent des charges importantes sur la machine et l'outil. L'objectif est donc d'optimiser le volume de copeaux enlevé, de maximiser la durée de vie de l'outil et de minimiser la charge de la machine.

La solution **Dynamic Efficiency** englobe des fonctions innovantes pour les TNC HEIDENHAIN. Ces fonctions aident l'opérateur de la machine à réaliser un usinage lourd et une opération d'ébauche de manière plus fiable et plus efficace. Dynamic Efficiency comprend trois fonctions logicielles :

- Fonction ACC (Active Chatter Control) : cette option réduit la tendance aux vibrations, autorisant ainsi des passes plus grandes.
- Fonction AFC (Adaptive Feed Control) : cette option régule l'avance en fonction de la situation d'usinage.
- Fraisage en tourbillon : ce cycle permet d'ébaucher des rainures et des poches tout en préservant l'outil et la machine.



Chaque fonction apporte des avantages à l'opération d'usinage. Idéalement, il est même également possible de combiner plusieurs de ces fonctions en vue d'atteindre des améliorations considérables.

- Réduction de la durée d'usinage grâce à un plus grand volume de copeaux enlevé (ACC, AFC, fraisage en tourbillon)
- Surveillance de l'outil (AFC)
- Augmentation de la durée de vie de l'outil (ACC, fraisage en tourbillon)

Grâce à Dynamic Efficiency, les processus d'usinage sont plus rapides, plus respectueux de la machine et de l'outil, et donc plus efficaces et plus économiques.

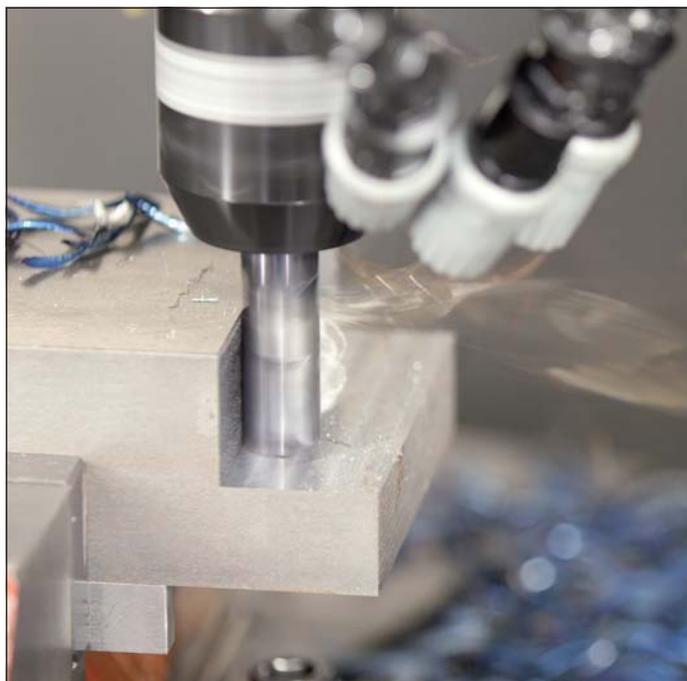
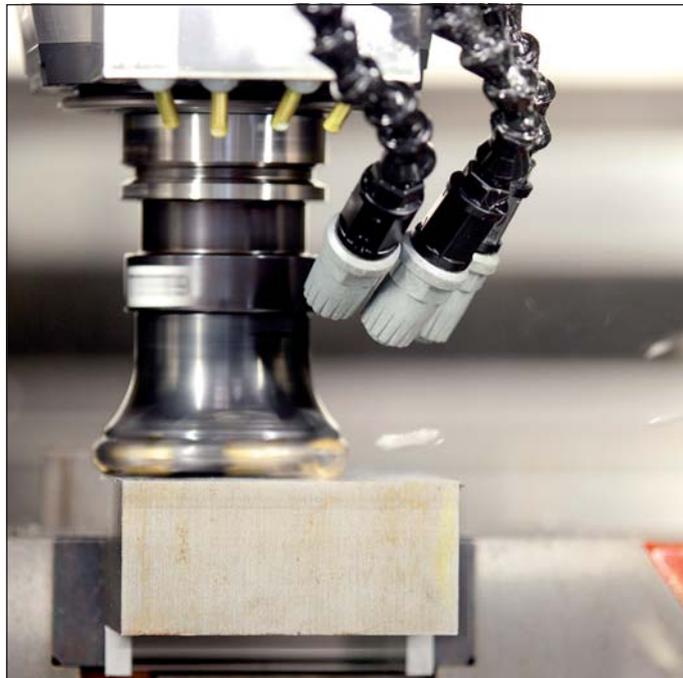
dynamic  efficiency

Dynamic Efficiency

Une plus grande efficacité pour l'usinage lourd et l'ébauche

Dynamic Efficiency vise les processus d'usinage impliquant des efforts de coupe élevés et des volumes de copeaux importants. Cela concerne les opérations d'ébauche en général, mais également l'usinage de matériaux difficiles à usiner comme le titane, les alliages à base de nickel résistants à la corrosion (par exemple, l'Inconel) et bien d'autres matériaux qui, du fait de leurs propriétés particulières, sont utilisés pour l'outillage, la construction de moules et dans les secteurs de l'aéronautique, de l'aérospatial, du médical et de l'énergie. Les forces générées par ce type d'usinage exercent des charges importantes sur la machine et l'outil. Cette charge élevée se manifeste souvent par l'apparition de vibrations pendant l'usinage. L'objectif consiste donc à augmenter le volume de copeaux enlevé, tout en en allongeant la durée de vie de l'outil et en réduisant la charge de la machine.

C'est justement sur ces points précis qu'intervient la solution **Dynamic Efficiency** de HEIDENHAIN.



Dynamic Efficiency englobe des fonctions HEIDENHAIN innovantes destinées aux TNC. Ces fonctions aident l'opérateur de la machine à réaliser un usinage lourd et une ébauche de manière plus efficace et plus fiable. Comme il s'agit de fonctions logicielles, il n'est pas nécessaire d'intervenir dans la mécanique de la machine.

Dynamic Efficiency contribue à augmenter le volume de copeaux enlevé et à réduire le temps d'usinage.

Dynamic Efficiency comprend trois fonctions logicielles :

- Fonction ACC (Active Chatter Control) : cette option réduit la tendance aux vibrations, autorisant ainsi des passes plus grandes.
- Fonction AFC (Adaptive Feed Control) : cette option régule l'avance en fonction de la situation d'usinage.
- Fraisage en tourbillon : cette fonction permet d'ébaucher des rainures et des poches tout en préservant l'outil et la machine.

Chacune de ces solutions apporte des avantages décisifs au processus d'usinage. En les combinant, vous pouvez toutefois exploiter au maximum le potentiel de la machine et de l'outil tout en réduisant la charge mécanique. Même des conditions d'usinage variables, comme par exemple dans le cas de coupes discontinues, d'une plongée dans des matières différentes ou de simples évidements montrent que l'investissement en vaut la peine. Dans la pratique, il est possible d'augmenter le volume de copeaux enlevé de 20 à 25 %.

En enlevant de plus grands volumes de copeaux, **Dynamic Efficiency** permet d'accroître la productivité, sans avoir besoin de faire appel à des outils spéciaux. Le fait d'éviter les surcharges d'outil, de prévenir l'usure des tranchants et d'assurer une meilleure fiabilité des processus contribue à une nette amélioration de la rentabilité.

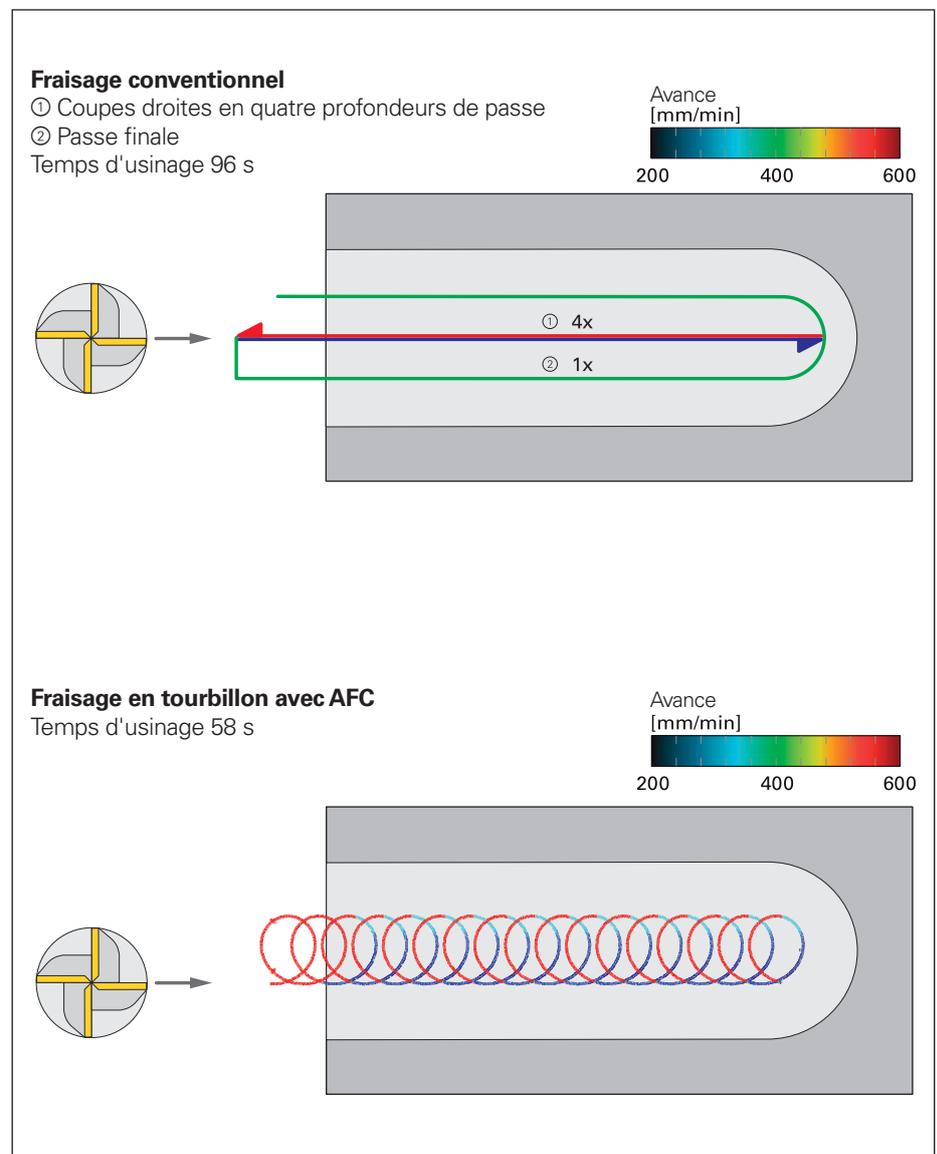
Il est possible de gagner d'autant plus en efficacité en combinant l'utilisation du fraisage en tourbillon avec l'asservissement adaptatif d'avance (AFC). En effet, comme l'outil se déplace en trajectoire circulaire dans la matière, la charge subie par l'outil et la machine est nettement moins importante. Une partie de cette trajectoire circulaire est toutefois effectuée dans le vide. La fonction AFC permet alors de déplacer l'outil avec une avance nettement plus élevée. En combinant cette fonction au cycle HEIDENHAIN pendant la procédure d'usinage, il en résulte un gain de temps considérable.

Exemple d'usinage

Cet exemple d'application démontre clairement les avantages de **Dynamic Efficiency**. L'usinage conventionnel d'une rainure est comparé à l'usinage d'une rainure avec le fraisage en tourbillon et la fonction AFC.

Dans le cas de l'**usinage conventionnel**, une coupe est effectuée en plein dans la matière, au milieu de la rainure. Du fait des caractéristiques technologiques (matière, fraise), il n'est possible d'atteindre à chaque passe qu'un quart de la profondeur requise. Une fois que la profondeur de passe désirée a été atteinte, une nouvelle opération vient élargir la rainure à la largeur souhaitée (ligne verte). La couleur des lignes vous indique la vitesse d'avance qui a pu être atteinte.

En comparaison, la même rainure a été usinée avec le **processus de fraisage en tourbillon** et la fonction d'**asservissement adaptatif d'avance (AFC)**. Si la technologie du fraisage en tourbillon préserve l'outil et la machine, elle n'apporte toutefois pas d'avantages significatifs en termes de vitesse. La fonction AFC joue alors un rôle important. Pendant les passes à vide du fraisage en trajectoire circulaire, l'AFC vient augmenter sensiblement la vitesse d'avance et la réduit, automatiquement encore, dès que la fraise pénètre dans la matière. Dans cet exemple, **Dynamic Efficiency** permet ainsi d'obtenir un gain de temps important.



Dans cet exemple, **Dynamic Efficiency** permet d'accroître la productivité d'environ 40 % par rapport à la méthode d'usinage conventionnelle.

Fonction ACC

Suppression active des vibrations (option)

Une opération d'ébauche implique des forces de fraisage importantes (fraisage puissant). Des "vibrations" dues à la vitesse de rotation de l'outil, aux résonances présentes sur la machine-outil et au volume de copeaux enlevé (puissance de coupe lors du fraisage) peuvent apparaître. Comme ce phénomène de vibrations fait subir une charge importante à la machine et à l'outil, ce facteur vient limiter le volume de copeaux enlevé.

Limites du volume de copeaux enlevé

Trois principaux facteurs limitent le volume de copeaux qu'il est possible d'enlever sur une fraiseuse pour un matériau donné : la stabilité thermique et mécanique de l'outil, la puissance disponible à la broche et l'apparition de vibrations. L'apparition de vibrations ne reflète pas un défaut de la machine. Même si la stabilité de l'outil et la puissance à la broche sont suffisantes, il n'est pas possible d'éviter ce phénomène.

Origines des vibrations

Par "vibration", on entend une instabilité dynamique du processus d'usinage due aux oscillations qui surviennent avec les multipasses. L'ébauche et notamment l'usinage de matériaux difficiles à couper impliquent des efforts de coupe élevés. Ces forces, qui apparaissent de façon périodique, entraînent une oscillation entre l'outil et la pièce. En cas de rétroaction (feedback)

entre l'oscillation et le processus d'usinage, l'énergie qui alimente l'oscillation est plus importante que l'énergie pouvant être convertie en chaleur par le frottement. L'oscillation s'amplifie et il en résulte des vibrations. La présence ou non d'une rétroaction (feedback) dépend de plusieurs facteurs, notamment de l'élasticité dynamique de la machine à la pointe de l'outil (TCP : Tool Centre Point), de l'outil et des paramètres de coupe.

Etant donné que les vibrations proviennent d'une oscillation autonome, la fréquence des vibrations est toujours proche de celle de la machine.

Mesures conventionnelles

Les vibrations exercent une charge excessive sur l'outil et la machine. On essaie donc généralement de les éviter. La survenue de vibrations dépend notamment de la taille des copeaux (épaisseur et largeur des copeaux, vitesse de coupe, etc.). Pour prévenir le phénomène de vibrations dans la pratique, il faut donc réduire les données de coupe (profondeur de coupe, vitesse de rotation et avance), ce qui engendre une baisse de la productivité.

Avantages de la fonction ACC

Avec l'option ACC (Active Chatter Control), HEIDENHAIN propose aujourd'hui une fonction d'asservissement efficace pour

réduire la tendance aux vibrations d'une machine. En fournissant un amortissement supplémentaire, l'ACC augmente la puissance de coupe à partir de laquelle des vibrations apparaissent.

La fonction ACC est d'autant plus efficace pour l'usinage lourd :

- Puissances de coupe nettement plus élevées
- Augmentation du volume de copeaux enlevé (jusqu'à 25 %, voire plus)
- Moins de charge subie par l'outil, donc allongement de la durée de vie de l'outil
- Moindre charge subie par la machine
- Plus grande fiabilité de processus

Principe de fonctionnement de la fonction ACC

Comme la fonction de suppression active des vibrations (ACC) est une solution purement logicielle, il n'est pas nécessaire d'intervenir dans la mécanique de la machine. Il n'est pas non plus nécessaire d'utiliser des systèmes auxiliaires qui augmentent la complexité de l'ensemble du système et donc le risque de panne, par exemple, des capteurs ou des actionneurs. La fonction ACC détecte le phénomène de vibrations grâce aux signaux de mesure de déplacements disponibles sur la machine et utilise les entraînements d'avance de la machine pour retirer l'énergie des vibrations.



Pièce fraisée sans fonction ACC : les marques laissées par les vibrations sont clairement visibles.



Pièce fraisée avec la fonction ACC : avec la même avance et la même profondeur de coupe, la surface ne présente pas de marques laissées par les vibrations. L'usinage est effectué en préservant l'outil et la machine.

Il existe malgré tout des limites au-delà desquelles l'ACC ne peut plus contraindre ce phénomène de vibrations. Les entraînements d'avance ne peuvent retirer suffisamment d'énergie que dans une plage de fréquence n'excédant pas 100 Hz. Il n'est pas possible d'amortir des oscillations survenant à une fréquence plus élevée. Dans certains cas, il n'est même pas possible d'amortir les vibrations survenant à une fréquence inférieure à 100 Hz, car elles sont par exemple limitées à l'outil alors que l'entraînement agit au niveau de la table.

Impacts dans la pratique

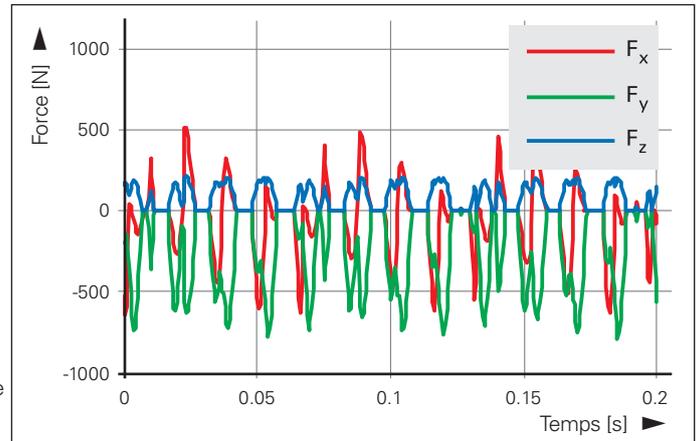
Lors de tests de fraisage réalisés sur diverses machines avec différents outils de fraisage, le volume de copeaux enlevé a pu être nettement augmenté (jusqu'à 25 %, voire plus) dans les cas où les vibrations constituaient un facteur limitant. En évitant le phénomène de vibrations, vous réduisez en outre sensiblement les forces exercées sur l'outil et la machine, ce qui allonge la durée de vie de l'outil et agit de manière positive sur la durée de vie des composants de la machine (broche principale, guidages, vis à billes, roulements).

Utilisation de la fonction ACC

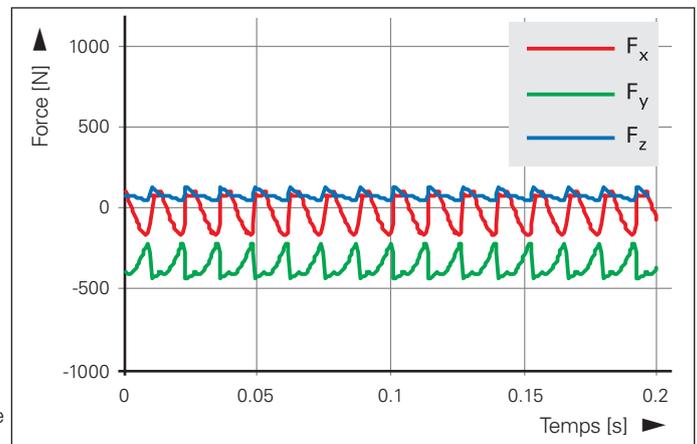
L'ACC contrôle l'asservissement dans une plage de fréquence définie, en dessous de la fréquence d'attaque du tranchant de l'outil. L'utilisateur définit si l'option ACC est active, ou non, simplement en sélectionnant l'outil. Comme la géométrie des outils influence la force de coupe, et détermine par conséquent les caractéristiques des vibrations susceptibles de survenir, il est possible de créer un jeu de paramètres spécifique à chaque outil. Lors du changement d'outil, la commutation d'un jeu de paramètres d'outil à l'autre s'effectue automatiquement.

En raison de la diversité des géométries de machines, le constructeur de machines peut également paramétrer séparément l'ACC pour chaque axe, pour tous les axes d'avance. Cette configuration supplémentaire permet parfois d'améliorer l'effet de l'algorithme ACC.

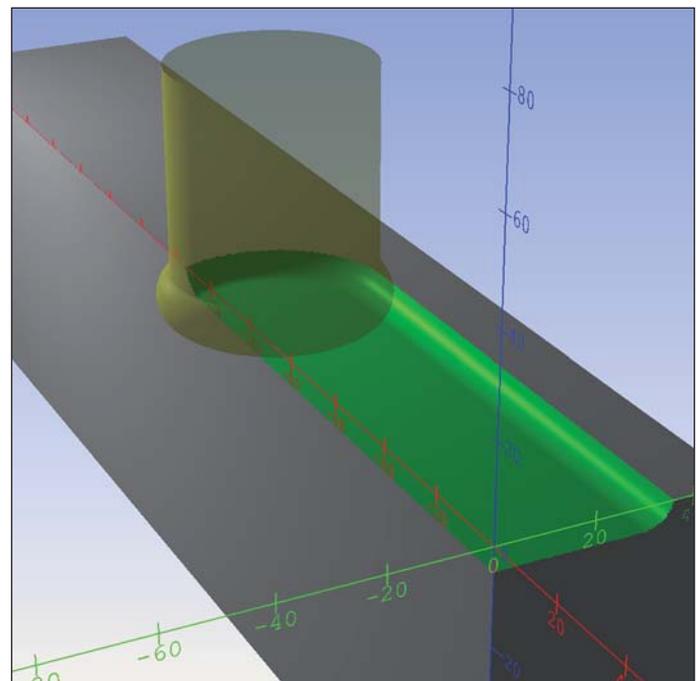
Forces de coupe avec des vibrations



Forces de coupe avec l'ACC



Simulation d'usinage



Fonction AFC

Asservissement adaptatif de l'avance (option)

Lors d'un fraisage, la vitesse d'avance est généralement prédéfinie, pour chaque opération de fraisage, en fonction du matériau usiné, de la fraise et de la profondeur de coupe. La variation des conditions de coupe pendant l'usinage – comme par exemple du fait de profondeurs de coupe variables, de l'usure de l'outil ou des variations de dureté du matériau – n'a aucune influence sur la vitesse d'avance. Cela peut, d'une part, signifier que la vitesse d'avance est par moments plus faible que la vitesse nécessaire, comme par exemple en cas d'épaisseur de matière décroissante. Il en résulte alors un temps d'usinage plus long. D'autre part, une avance programmée élevée, notamment dans le cas de volumes croissants de matière enlevée, peut entraîner une surcharge de la broche et de l'outil.

Avantages de la fonction AFC

L'asservissement adaptatif de l'avance AFC (Adaptive Feed Control) de HEIDENHAIN optimise l'avance de trajectoire en fonction de la puissance de broche et d'autres données de processus. L'AFC garantit toujours l'avance maximale possible pour une plus grande efficacité et offre toute une série d'avantages.

Optimisation du temps d'usinage

On constate, en particulier sur les pièces moulées, des fluctuations de surépaisseur ou de matière plus ou moins importantes. En adaptant l'avance en conséquence, la puissance de broche maximale, paramétrée au préalable par une passe d'apprentissage, est maintenue pendant toute la durée d'usinage. Le temps d'usinage global est réduit en augmentant l'avance dans les zones d'usinage où il y a peu de matière à enlever.

Surveillance de l'outil

L'asservissement adaptatif de l'avance de la TNC surveille en permanence la puissance de broche nécessaire pour l'avance actuelle. Lorsqu'un outil est usé, la puissance de broche augmente. La TNC réduit l'avance en conséquence. Dès que l'avance minimale programmée passe en dessous d'un seuil minimum, la TNC réagit par une mise hors tension, avec un message d'erreur ou un changement d'outil. Cela permet d'éviter les dégâts dus à une rupture de la fraise ou à son usure.

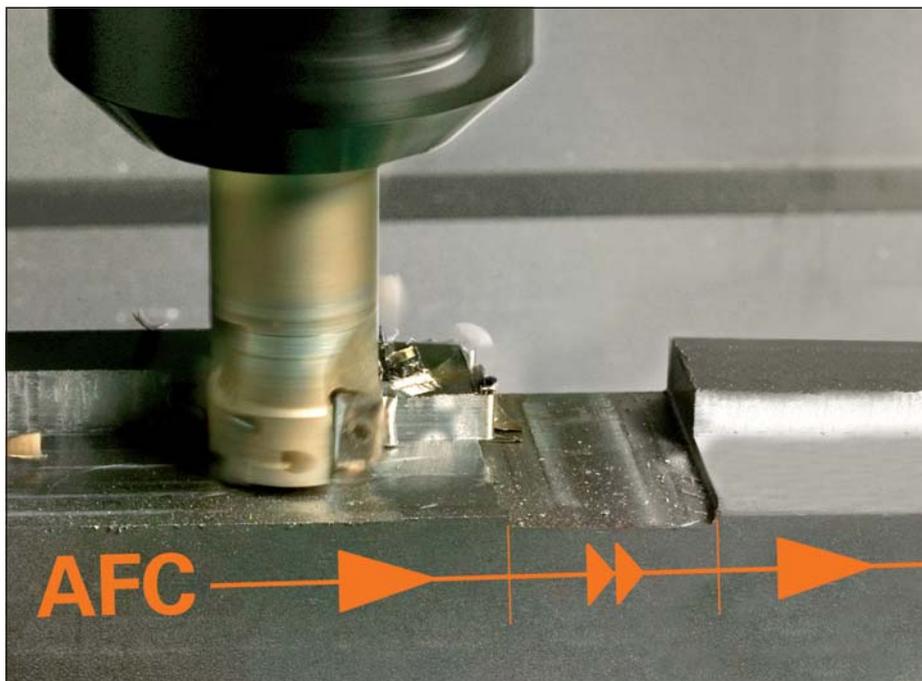
Préservation de la mécanique de la machine

Le fait de réduire l'avance en cas de dépassement de la puissance maximale de la broche mémorisée avec une passe d'apprentissage, de manière à rétablir la puissance broche de référence, permet de préserver la mécanique de la machine. La broche principale est protégée efficacement contre le risque de surcharge.

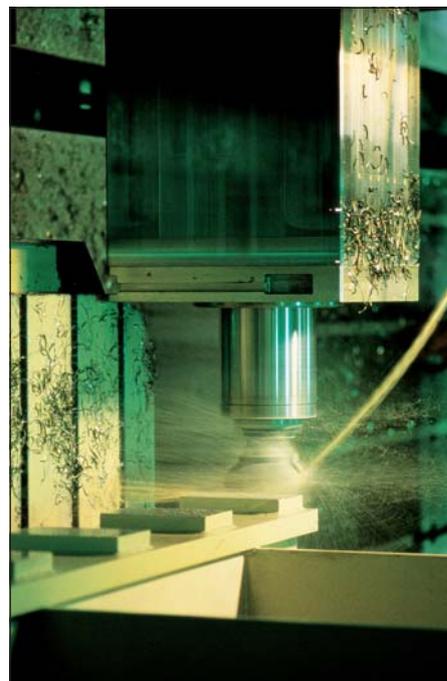
Principe de fonctionnement

Cette fonction est facile d'utilisation : il suffit de définir des valeurs limites minimale et maximale pour la puissance de la broche dans un tableau, avant de procéder à l'usinage. Pour cela, la TNC enregistre, au moyen d'une passe d'apprentissage, la puissance maximale de la broche. Le système d'asservissement adaptatif de l'avance compare alors en permanence la puissance de la broche avec la puissance de référence et tente de la maintenir pendant toute la durée de l'usinage, en ajustant l'avance.

dynamic  **efficiency**



La fonction AFC adapte la vitesse d'avance aux différentes conditions de coupe.



Fraisage en tourbillon

pour la réalisation de tout type de rainures de contour

Les outils et les structures de la machine sont fortement mises à l'épreuve lors d'un fraisage sur des matériaux extrêmement rigides ou traités, difficiles à usiner. Les forces sont particulièrement importantes lors d'un fraisage avec une fraise deux tailles en coupe droite, car l'outil et la pièce forment alors un angle d'enroulement de 180°. Elles peuvent dans ce cas provoquer des déformations de l'outil, ce qui entraîne des erreurs de géométrie dans la rainure. Pour atteindre le niveau de précision requis pour les pièces, la profondeur de coupe axiale est souvent limitée à la moitié du diamètre de l'outil. Il faut par conséquent beaucoup de temps pour réaliser des rainures profondes qui sont pré-ébauchées en plusieurs passes.

Avantages du fraisage en tourbillon

Le fraisage en tourbillon a pour avantage d'usiner tout type de rainures tout en préservant l'outil et la machine. L'opération d'ébauche est effectuée avec des mouvements circulaires associés à un mouvement d'avance linéaire.

Le fraisage en tourbillon autorise une grande profondeur de passe, car les conditions de coupe spéciales qu'il implique ne soumettent pas l'outil à une usure croissante. La plupart du temps, il est ainsi possible d'utiliser toute la longueur du tranchant, ce qui permet d'enlever un plus grand volume de copeaux par dent. La plongée circulaire dans la matière n'engendre que de très faibles efforts dans le sens radial de l'outil, ce qui préserve la mécanique de la machine et évite la formation de vibrations. En combinant cette méthode de fraisage avec le contrôle adaptatif intégré de l'avance (option AFC), il est possible de gagner un temps considérable.

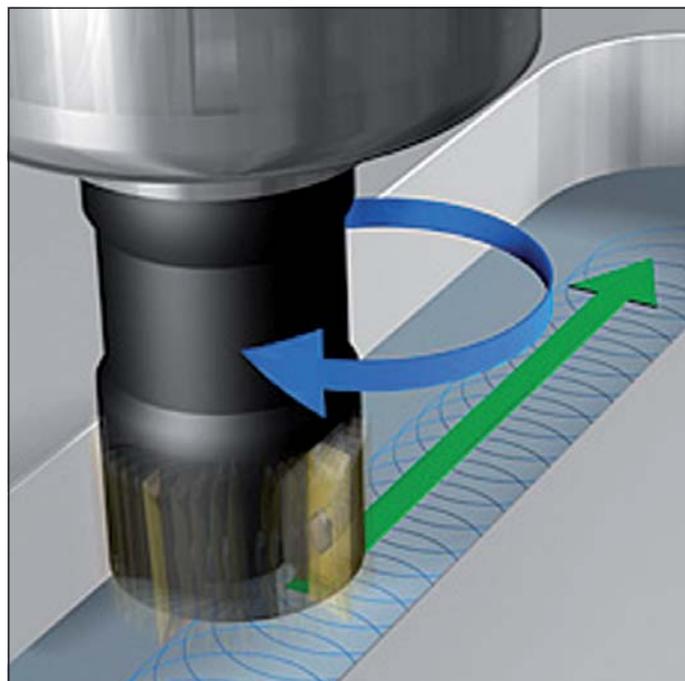
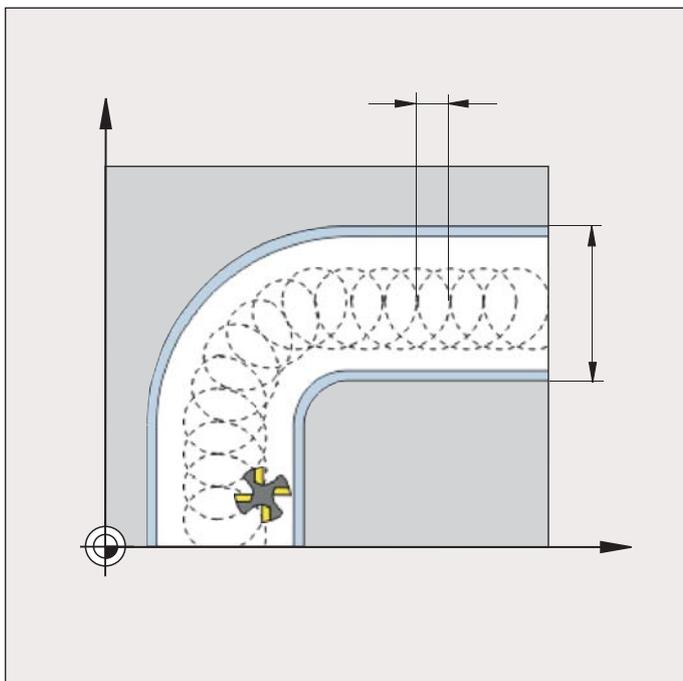
Le fraisage en tourbillon comme fonction par défaut

La rainure à usiner est programmée comme tracé de contour dans un sous-programme de contour. Les dimensions de la rainure, ainsi que les données de coupe, sont définies dans un cycle distinct. La matière résiduelle éventuelle est ensuite éliminée par une simple passe de finition.

Les avantages en bref :

- Un usinage avec toute la longueur du tranchant
- Un plus grand volume de copeaux (en combinaison avec la fonction AFC)
- La mécanique de la machine préservée
- Moins de vibrations
- Une finition des flancs intégrée

dynamic + **efficiency**



Le fraisage en tourbillon permet d'usiner très efficacement tout type de rainures

Commandes numériques HEIDENHAIN

Commandes numériques pour fraiseuses, machines de fraisage-tournage et centres d'usinage

De la commande paraxiale à trois axes compacte TNC 128 à la commande de contournage iTNC 530 (jusqu'à 18 axes plus broche), les commandes TNC de HEIDENHAIN forment une gamme complète, couvrant presque tous les types d'application. Avec la TNC 640, il existe même une commande numérique pour le fraisage-tournage.

Les TNC de HEIDENHAIN sont polyvalentes : elles sont à la fois adaptées à la commande dans l'atelier et en même temps programmables à distance. Elles conviennent donc pour la production automatisée. Avec la TNC 640 et l'iTNC 530, par exemple, vous maîtrisez aussi bien les fraisages simples que les fraisages à vitesse élevée – avec un guidage des mouvements particulièrement faible en à-coups – ou encore l'usinage en cinq axes avec tête pivotante et plateau circulaire.

Avec les solutions **Dynamic Efficiency** et **Dynamic Precision**, HEIDENHAIN combine des fonctions de commande innovantes pour un usinage à la fois hautement précis et efficace.

Dynamic Efficiency assiste l'utilisateur à réaliser un usinage lourd ou une opération d'ébauche de manière plus fiable et plus efficace. **Dynamic Efficiency** est disponible sur les commandes TNC 640 et iTNC 530.

Dynamic Precision permet d'obtenir des pièces d'une plus grande précision, avec un meilleur état de surface, au cours d'un processus d'usinage plus rapide, conjuguant ainsi haute précision et haute productivité. Les options logicielles de **Dynamic Precision** peuvent être utilisées avec la TNC 640, l'iTNC 530 et la TNC 620.



TNC 640



iTNC 530



TNC 620

	TNC 640	iTNC 530	TNC 620
Dynamic Precision	x	x	x
CTC – Compensation des écarts de position dus aux élasticités	Option	Option	Option
AVD – Atténuation active des vibrations	Option	Option	Option
PAC – Adaptation des paramètres d'asservissement en fonction de la position	Option	Option	Option
LAC – Adaptation des paramètres d'asservissement en fonction de la charge	Option	Option	Option
MAC – Adaptation des paramètres d'asservissement en fonction du mouvement	Option	Option	Option
Dynamic Efficiency	x	x	–
ACC – Suppression active des vibrations	Option	Option	Option
AFC – Asservissement adaptatif de l'avance	Option	Option	–
Fraisage en tourbillon	•	•	•

x Fonctions possibles

• Fonction par défaut

HEIDENHAIN

DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH

Dr.-Johannes-Heidenhain-Straße 5

83301 Traunreut, Germany

+49 8669 31-0

+49 8669 5061

E-mail: info@heidenhain.de

www.heidenhain.de

Pour plus d'informations :

- Catalogue *TNC 640*
- Catalogue *iTNC 530*
- Catalogue *TNC 620*
- Information technique *Dynamic Precision*

