

Forets hélicoïdaux: leur rôle pour renforcer la productivité des centres d'usinage

Outre le matériau de base dans lequel ils sont fabriqués, de la construction et de la géométrie des forets hélicoïdaux dépend la qualité de leur travail et, ce qui est très important aujourd'hui, le rendement auquel ils contribuent.

CDJ.09.98.106.08



Durant de très longues années, les mécaniciens, les usineurs ont pu considérer sans grand risque de se tromper que, pour usiner un trou, "un foret c'est un foret". Voilà déjà longtemps, cependant, que les choses ont évolué. Les machines-outils en général, et plus spécialement les centres d'usinage et de tournage associés à des exigences de qualité et de fabrications les plus économiques possibles, ont conduit à une situation totalement différente. Aujourd'hui, en effet, toute entreprise se doit de pousser au maximum le rendement de ses machines de haute technologie, donc représentant un investissement coûteux à l'heure productive élevée. Or, comme il est admis que, **dans les temps d'usinage, entre cinquante et soixante-dix pour cent sont le fait de travaux de perçage**, il est évident que toute amélioration réalisée sur ces opérations, y compris dans le choix du foret, de sa construction, de sa pointe et de sa méthode d'affûtage, se répercute de manière identique sur la qualité et sur le rendement. Il n'est donc pas surprenant que, dans les ateliers où l'on recherche une meilleure rentabilité des investissements effectués dans des machines de haut de gamme, on s'intéresse aussi aux forets de base que sont ceux hélicoïdaux en procédant à une investigation poussée.

Le résultat d'une telle investigation aboutit souvent à un **recours plus fréquent à des forets à âme élargie**. L'âme d'un foret hélicoïdal est la section centrale de son corps sur laquelle portent les deux sections extérieures où se trouvent les goujures (fig. 1), sa largeur se

situant entre dix et vingt pour cent du diamètre d'outil pour un foret standard (fig. 2). Sur un foret à âme élargie, la grosseur de l'âme monte à quelque trente-trois à quarante pour cent du diamètre d'outil.

Les forets à âme élargie étant, évidemment, **plus rigides que ceux standard, ils percent toujours plus droit, plus profond et donnent un diamètre de trou plus précis**. Qui plus est, ils autorisent des avances accrues d'une vingtaine de pour cent, tandis que leur robustesse en fait un outil idéal pour percer profond dans les alliages de dureté élevée.

Comparativement, les forets longs standard dont l'âme est plus étroite ont une moindre rigidité à la torsion avec une tendance à "dévisser" leur hélice et à brouter dans les alliages

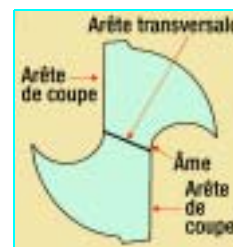


Fig. 1 - L'âme d'un foret hélicoïdal est la section centrale de son corps qui supporte les deux sections externes épousant les goujures.

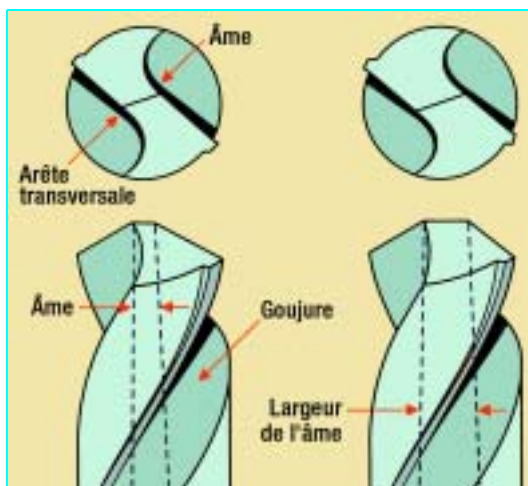


Fig. 2 - Foret standard à gauche et foret à âme élargie à droite. La pointe de ce dernier étant plus large requiert un effort plus important pour pénétrer dans le métal.

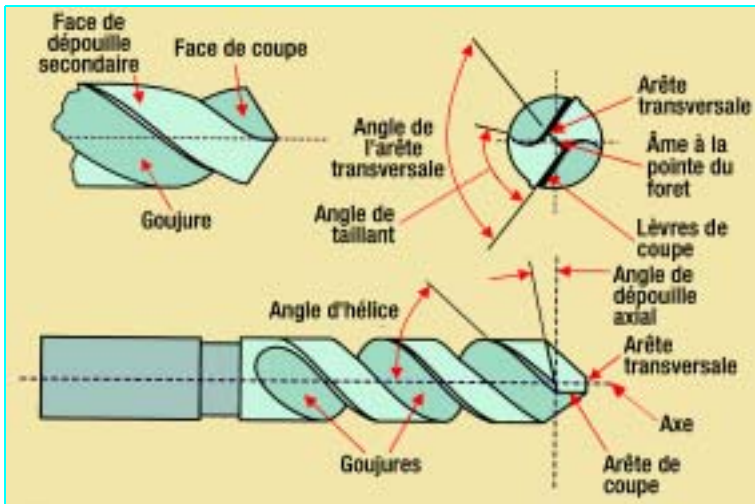


Fig. 3 - Schémas d'un foret hélicoïdal de base avec la nomenclature essentielle s'y rapportant.

Cet étude est adaptée d'un document de Paul T. Schroeder provenant de la Revue "Modern Machine Shop".

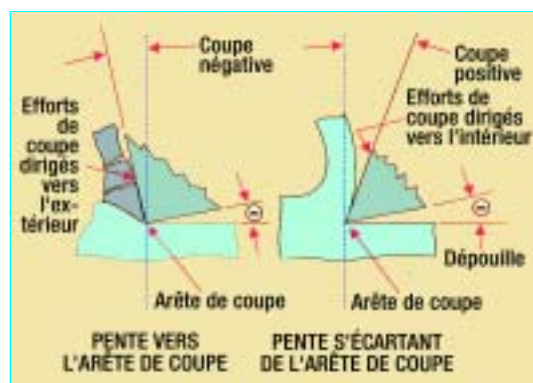
Fig. 4 - La formation du copeau est largement fonction de l'angle de coupe de l'outil. Cet angle peut être défini comme étant celui entre la face de coupe et l'axe de l'outil. Lorsque la face de coupe est inclinée à l'avant de l'arête de coupe, ou au-delà d'une perpendiculaire (vue de gauche), l'angle est négatif. Lorsque l'arête de coupe se situe à l'avant de la face de coupe (vue de droite), l'angle est positif.

de dureté élevée, lors d'opérations de perçage profond ou dès que leurs arêtes de coupe commencent à s'émousser.

Mais, malgré les avantages que revêtent les forets à âme élargie, ils ont eu du mal à s'imposer au début du fait d'inconvénients coûteux. Plus la grosseur de l'âme augmente, plus sont élevés les efforts nécessaires pour la pénétration du foret. De ce fait, une utilisation satisfaisante des forets à âme élargie a exigé que l'on trouve des méthodes pour en réduire l'épaisseur à la pointe. Au début, on effectuait un amincissement de l'âme en présentant manuellement le foret sur une petite affûteuse perchée sur un socle, ce qui manquait totalement de précision et de répétabilité. Aujourd'hui, bien que l'on puisse constater un développement des forets à âme élargie, il convient d'examiner quelle en a été l'évolution en partant de certaines bases de la géométrie des forets hélicoïdaux.

Fondements d'un foret hélicoïdal

La nomenclature de base d'un foret hélicoïdal standard a été reportée sur les schémas de la figure 3. Comme tout autre outil de coupe pour la travail des métaux, le foret hélicoïdal travaille autour du principe de la formation d'un copeau. Celle-ci dépend largement de l'angle de coupe de l'outil. Cet angle est défini par l'angle que forme la face de coupe par



rapport à l'axe du foret. Lorsque cette face de coupe est inclinée en s'écartant de l'arête de coupe, l'angle est négatif. A l'inverse, si l'arête de coupe est à l'avant de la face de coupe, l'angle de coupe est positif (fig. 4). Un **angle de coupe positif** cisaille aisément la matière exactement comme un épluche-légume pèle proprement la peau d'un fruit en produisant un copeau continu. L'action de coupe ne demande, alors, qu'un effort physique relativement faible. Un **angle de coupe négatif**, par contre, ne cisaille pas la matière mais la repousse plutôt vers l'avant. Une analogie peut être faite avec un bulldozer qui racle une surface. La matière s'accumule à l'avant de la lame au fur et à mesure qu'elle la pousse. Cette action de coupe est le **résultat d'un violent effort**. La figure 1 montre que l'extrémité du foret comprend deux zones différentes distinctes, les lèvres de coupe et l'arête de cisailage.

Les lèvres ont un angle de coupe positif déterminé par l'angle d'hélice des goujures du foret. La vitesse de coupe est fonction de la vitesse de rotation de l'outil, tandis que l'épaisseur de copeau correspond à la valeur de l'avance. Cette zone du foret se trouve tout à fait à son extrémité et suit tout simplement la théorie conventionnelle de formation d'un copeau. La seconde zone est l'arête transversale. C'est l'arête située en travers de l'âme qui relie les lèvres de coupe. Cette petite zone est celle qui génère le plus de difficulté en perçage. Pourtant, elle représente la caractéristique la plus ignorée d'un foret.

Rôle critique de la géométrie de pointe

Que l'arête transversale soit capable ou non de former un copeau dépend de la valeur de son angle de coupe. Avec un petit angle négatif, par exemple jusqu'à 10 degrés, on peut former un copeau. Toutefois, si cet angle atteint 45 degrés, il ne peut y avoir formation de copeau. Sur la pointe d'un foret classique, l'arête transversale présente un fort angle négatif déterminé par l'angle de pointe (fig. 5). Cet angle extrêmement négatif ne permet pas la formation d'un copeau mais il agit par repoussage de la matière. On comprend, dans ce cas, l'importance de l'effort nécessaire pour enlever de la matière. Pour un foret de 12 mm de diamètre à âme standard avec une géométrie courante de pointe, par exemple, plus de la moitié de l'effort nécessaire pour le perçage est exigé rien que par l'arête transversale. Sa longueur est déterminée par la grosseur de l'âme à cette pointe. Sur des forets à âme élargie, l'arête transversale requiert de soixante-dix à soixante-quinze pour cent de l'effort de pénétration nécessaire. Il devient donc indispensable de disposer d'une méthode de rectification capable de réduire l'effort de pénétration.

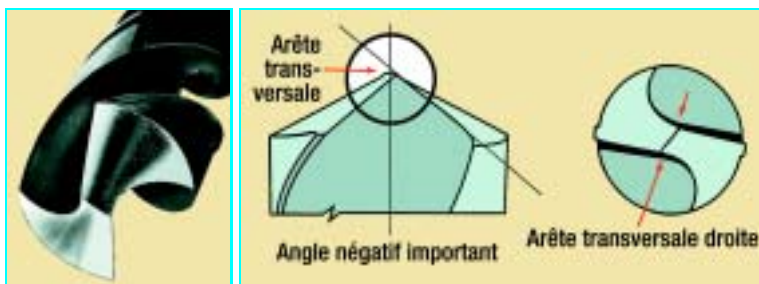
Comme avec n'importe quel foret à pointe affûtée normalement, amincir l'âme d'un foret à âme élargie demande ou bien de diviser sa pointe, ou bien de l'encocher (fig. 6). Ces deux opérations de rectification en reprise enlèvent du métal de la pointe habituelle pour diminuer l'épaisseur de l'âme au niveau de l'arête transversale et réduire la poussée nécessaire pour assurer la pénétration de l'outil. Mais, en plus de demander une opération de reprise, la division ou l'encochage de la pointe de tous les forets, y compris de ceux dont l'âme est importante, doit souvent faire appel à une machine conçue pour ce travail.

Les opérations de rectification en reprise doivent être menées avec grande précision de manière à s'assurer que la pointe est parfaitement symétrique. Tout manque de symétrie des longueurs ou des angles des lèvres de coupe d'un foret hélicoïdal risque de provoquer des **efforts de perçage déséquilibrés** du fait qu'une arête de coupe va travailler plus que l'autre. Dans ce cas, l'action de centrage de l'outil est très mauvaise et le trou obtenu n'est ni rond, ni droit, ni correctement aligné. Outre le fait de sortir un trou plus grand que prévu, l'usure du foret est bien plus rapide. A la suite des multiples opérations de rectification et des manipulations qui en découlent, les usineurs ont eu à supporter bien des difficultés quant à la répétabilité de la qualité des trous percés par des pointes ayant été divisées ou encochées.

Malgré ces ennuis, les forets à âme élargie ont continué à prendre une place accrue, leurs utilisateurs reconnaissant les avantages énoncés plus haut. Dans le même temps, les fabricants ont continué à rechercher un moyen pour remédier aux coûts importants des opérations de reprise à effectuer sur la pointe, ainsi qu'aux résultats moins que satisfaisants obtenus. Auparavant, une telle recherche n'était guère justifiée pour la plupart des usineurs car l'ensemble du processus d'usinage comportait assez d'autres limitations quant à la précision qu'un meilleur foret à lui seul ne pouvait franchir de manière appréciable. Mais **l'arrivée de machines à CNC à hautes performances abordables aux budgets de tous les ateliers de mécanique leur a fait réaliser qu'ils pouvaient désormais tirer parti des avantages promis par les forets à pointe améliorée**. En même temps, les fabricants de forets ont trouvé là une incitation à pousser le développement des pointes de forets.

Pointes de forets à haute performance

La recherche pour "rendre un bon foret encore meilleur" a conduit les ingénieurs des fabricants d'outils à explorer de nombreux nouveaux concepts, y compris portant sur les géométries de pointe des forets à âme standard, très souvent avec des résultats tout à fait favorables.



Il n'est pas question ici de prétendre passer en revue toutes les solutions proposées mais on citera simplement la pointe célèbre Winslow en hélice et celle Bickford qui ont été des précurseurs en obtenant d'excellents résultats répétés sur les forets standard mais n'ayant eu d'origine que peu d'effet sur ceux à âme élargie.

C'est au début des années 1960 qu'a été développée la géométrie de pointe hélicoïdale Winslow (fig. 7) qui produit des trous de qualité plus élevée que les pointes usuelles tout en **autorisant de plus fortes avances avec une poussée de pénétration moindre**. La possibilité de pratiquer de plus fortes avances a apporté des avantages sérieux, aussi bien en qualité qu'en productivité dans la fabrication des trous. **Une avance plus forte conduit à une meilleure action de centrage et contribue à sortir un copeau plus épais**. L'importance accrue de l'avance permet à l'outil, en effet, de cisailer le métal comme attendu avec la géométrie adoptée au lieu de "gratter" seulement un copeau très mince. Avec un copeau plus gros, l'échauffement provenant de la coupe se répand dans ce copeau et beaucoup moins dans le foret, ce qui est parfaitement visible par la couleur du copeau devenant plus bleue tandis que les arêtes de coupe donnent moins lieu à un aspect échauffé. **La chaleur dissipée dans le copeau plus gros facilite son évacuation et sa rupture au sortir de la pièce**.



Fig. 5 - Voici la géométrie de pointe classique mettant en évidence le large angle de coupe négatif qui requiert un effort violent, c'est-à-dire une très forte pression, pour pénétrer dans le métal.

Fig. 6 - La pointe des forets classiques demande souvent à être divisée (vue de gauche) ou encochée (vue de droite) afin de diminuer l'épaisseur de l'âme au niveau de l'arête transversale et de réduire la poussée d'avance nécessaire à la pénétration dans le métal. L'opération de rectification en reprise peut entraîner des accroissements de coûts, des imprécisions des trous et une usure rapide du foret.

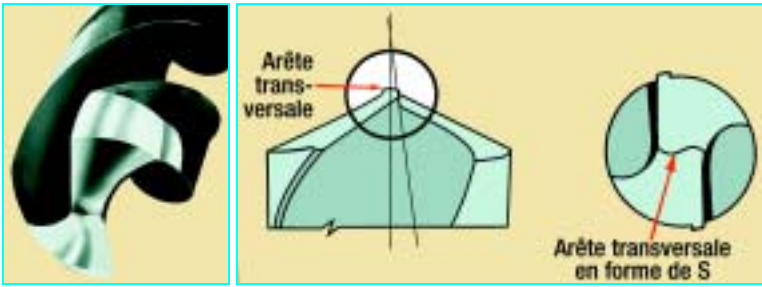


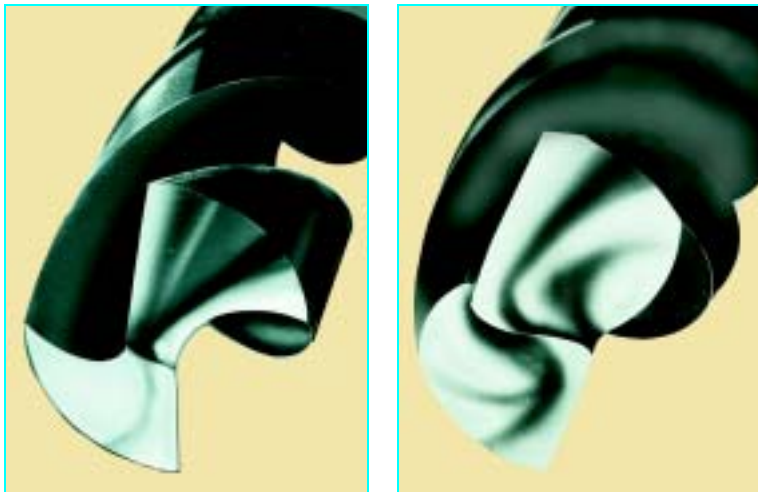
Fig. 7 - La géométrie de pointe de foret hélicoïdale Winslow présente un petit angle de coupe négatif avec une arête transversale allongée en forme de S. Cette arête de coupe active permet, même aux forets à âme élargie, de cisailer immédiatement le métal sous forme de véritables copeaux au lieu de rester limitée à repousser ou à extruder le métal.

Parmi d'autres avantages, l'amélioration de l'évacuation des copeaux évite les longs copeaux filiformes qui finissent par former des chignons difficiles à démêler et élimine la nécessité de procéder à des débourrages. En outre, l'écoulement plus aisé des copeaux facilite le débit du liquide d'arrosage et contribue à prolonger la tenue du foret.

La pointe hélicoïdale Winslow diffère de celle des forets classiques en ce sens qu'elle possède une arête transversale légèrement allongée (schéma de droite de la figure 7) qui crée une arête de coupe active à l'avant de chaque côté de l'arête transversale. Ce dégagement fait disparaître les limites soulevées avec la géométrie de pointe usuelle. L'arête de coupe continue en forme de S créée par l'arête transversale de la pointe hélicoïdale part du centre du foret pour se confondre avec la lèvre de coupe. Et, comme la pointe hélicoïdale coupe sur toute sa longueur, les efforts de perçage se trouvent répartis plus régulièrement, ce qui améliore la formation du copeau et son évacuation. La couronne de la section de l'âme crée un point de contact unique entre le foret

Fig. 8 - La pointe de foret Bickford est auto-centrante, réduit la poussée et produit des trous d'une excellente qualité. Elle possède aussi une arête secondaire arrondie ou une pointe rayonnée ajoutée à la pointe hélicoïdale. Ceci réduit l'usure et limite la formation d'arêtes rapportées ou la casse.

Fig. 9 - Cette pointe hélicoïdale sur âme élargie apporte tous les avantages d'une pointe Winslow hélicoïdale aux forets à âme élargie et élimine la nécessité de pratiquer une division de pointe ou des ecochages à l'entrée des deux goujures. On bénéficie d'un bon auto-centrage et la qualité des trous est excellente.



et la pièce, assurant un auto-centrage. Ainsi, pour beaucoup d'opérations effectuées sur machines à CNC, le perçage d'un point de centre n'est plus nécessaire. La combinaison de ce contact unique faisant que le foret se centre de lui-même et de l'équilibrage des efforts de coupe le long de l'arête transversale permet immédiatement à l'outil de commencer à cisailier un copeau et de continuer à le faire avec un plus faible effort de coupe tout au long de l'opération de perçage. Ainsi obtient-on des trous plus droits et plus ronds. Le passage d'un alésoir devient, de la sorte, inutile dans la majorité des cas, la pointe assurant une coupe extrêmement proche du diamètre du foret.

La recherche est allée encore plus avant avec la pointe de foret Bickford (fig. 8) qui assure le même auto-centrage et l'action de coupe identique de la pointe Winslow en ajoutant un mélange d'arête arrondie ou d'angle rayonné qui **accroît la tenue et minimise la formation de bavures au moment du débouchage**. Comparé à la géométrie d'arête transversale de pointe des forets courants, les deux pointes Winslow et Bickford exigent une poussée moindre et génèrent un plus faible échauffement. La chaleur produite, en outre, se dissipe plus efficacement. **Cet ensemble d'avantages permet, en règle générale, de doubler les vitesses d'avance tout en bénéficiant d'une durée de vie prolongée.**

L'action de coupe des pointes de foret à haute performance a pris une importance encore plus grande lorsque sont apparus les premiers forets paraboliques au début des années 1980. Ces forets à âme importante offrent une rigidité supérieure en augmentant la place pour l'évacuation des copeaux dans leurs goujures. Néanmoins, bien que ces forets de type paraboliques aient été développés pour accroître l'efficacité de la coupe, ils ont utilisé jusque très récemment encore la technologie d'une pointe divisée. Ce n'est que récemment que leurs fabricants y ont ajouté les avantages des pointes à géométrie haute performance. Par la même occasion, ils ont éliminé le coût des opérations secondaires de rectification de l'âme, ce qui en a réduit les prix.

Tout le monde y gagne

Si l'on regarde les forets actuels à hautes performances en général, on se rend compte que **tous incorpore un concept permettant la formation des copeaux tout au long de l'arête transversale de pointe**. L'amélioration d'efficacité du perçage et de la qualité des trous qui en résulte a contribué largement à accélérer le retour sur investissement de la mise en place des centres d'usinage les plus récents de très haute technologie. □