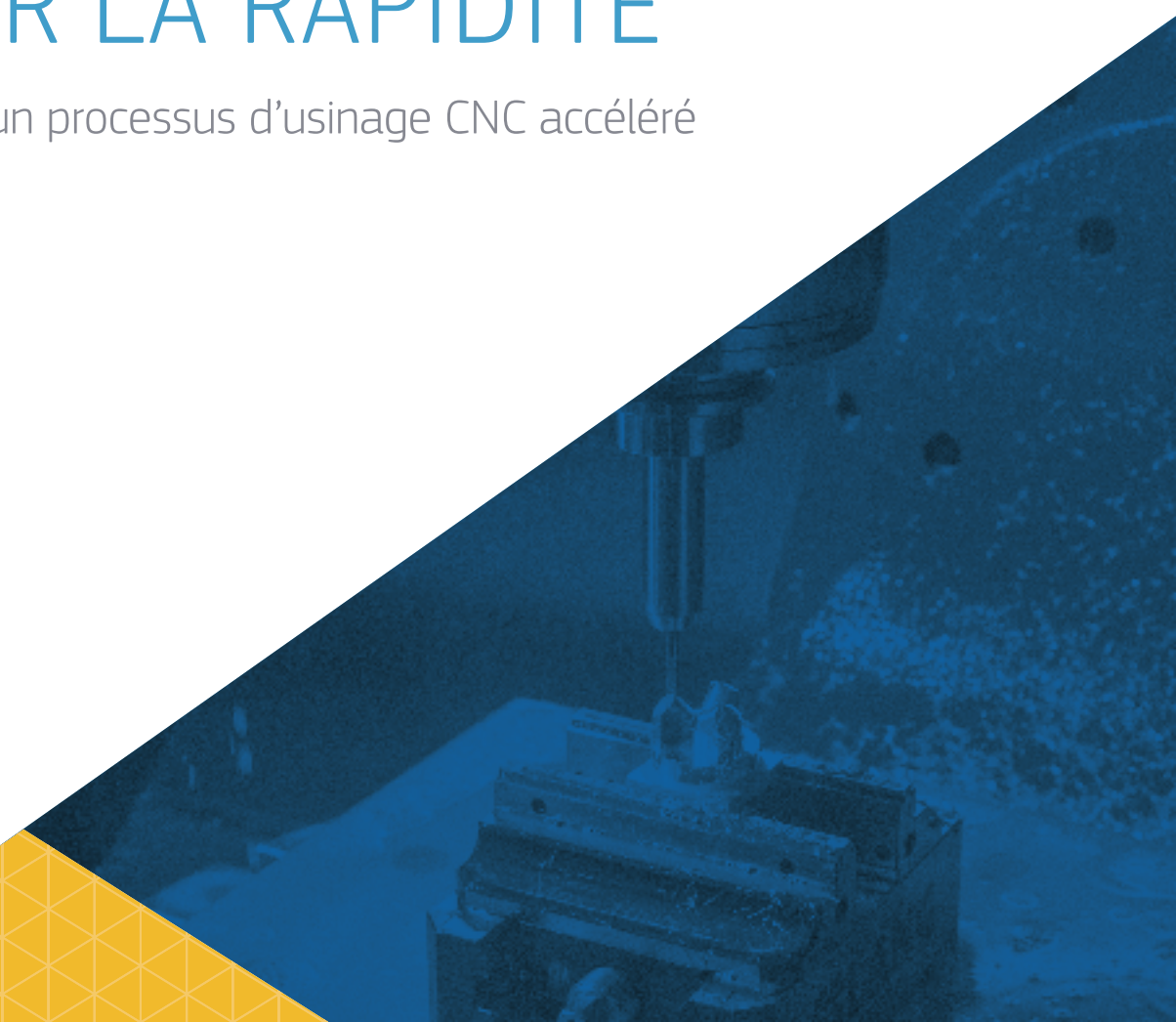




PROTOLABS
Manufacturing. Accelerated.

USINAGE CNC: CONCEVOIR POUR LA RAPIDITÉ

Optimiser conception et matières pour un processus d'usinage CNC accéléré



Contents

- 02 Visiter un atelier d'usinage
- 03 Optimiser la conception des pièces pour l'usinage
- 06 Identifier la bonne matière pour l'usinage
- 08 Cinq aspects à prendre en compte pour le choix d'un usineur

LA FIN DE L'USINAGE ? PAS DU TOUT

Alors que l'impression 3D fait la une de la presse spécialisée de la fabrication, **l'usinage à contrôle numérique reste indispensable.**

Vous lisez probablement cet article sur un ordinateur. Grâce à un usineur. Sans les outils mécaniques de précision et leurs opérateurs, votre ordinateur, votre bureau, votre fauteuil, votre voiture sur le parking et l'immeuble qui vous entoure n'existeraient pas. En réalité, l'usinage rend possible chaque élément de la vie moderne, depuis la nourriture dans votre réfrigérateur jusqu'aux vêtements que vous portez. Et c'est le cas depuis la découverte puis le perfectionnement par l'être humain des métaux comme le cuivre et le fer.

Bien entendu, l'usinage n'est qu'un sous-ensemble d'une industrie de fabrication plus large, mais il faut reconnaître que le formage de tôle, le moulage par injection, la fabrication de semi-conducteurs et tout le reste n'auraient jamais pu être développés sans des pièces usinées.

Même la petite dernière du secteur, l'impression 3D, doit son existence à l'usinage, même si la fabrication additive modifie totalement la façon dont nous concevons et fabriquons de nombreux produits. Donc, en quelques mots, l'usinage est encore là pour longtemps, et chaque jour s'améliore un peu, devient un peu plus rapide et un peu plus précis.



Visiter un atelier d'usinage

La plus grande partie de ce que vous découvrirez sur ces pages se réfère à des services d'usinage très automatisés, fournis par des fabricants numériques comme Protolabs. Ces fabricants mettant en œuvre les dernières technologies travaillent de manière totalement différente des ateliers mécaniques traditionnels qui demandent plus de main-d'œuvre, et continuent de s'appuyer sur un outillage manuel. Les fabricants numériques comme Protolabs font un usage de l'automatisation à un niveau inconnu jusqu'ici. Pour donner un exemple, Protolabs a développé une technologie propriétaire qui transforme des modèles CAO en pièces et produits usinés en moins d'une journée, et s'appuie sur une importante capacité en tours et fraises qui garantissent une livraison rapide des pièces dans les délais et le budget prévus.

Maintenant, jetons un œil sur ces outils mécaniques de précision, sur la façon dont l'usinage fonctionne réellement, et sur la relation avec la conception des pièces. Nous n'avons pas la place ici de couvrir toute l'histoire des outils d'usinage ni d'approfondir les scies, meules, outils d'électroérosion (EDM) et autres équipements auxiliaires. Il y a cependant une chose que tout concepteur doit savoir : chaque machine de coupe métallique (ou d'ailleurs de plastique) peut être globalement classée parmi les fraises ou les tours.

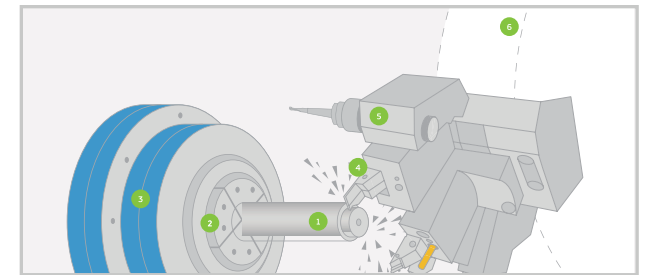
Chacun des groupes englobe de nombreuses technologies, mais en bref, on peut dire qu'un tour fixe une pièce dans un mandrin et la fait tourner devant un outil de découpe, tandis qu'une fraise est l'exact opposé, faisant tourner un outil de découpe sur une pièce qui a été serrée dans un étau.

Un autre point à mentionner : même si des outils mécaniques manuels à manivelle sont toujours en service, la plus grande partie d'entre eux sont aujourd'hui à contrôle numérique (CNC), comme chez Protolabs. Ainsi que nous l'avons déjà mentionné, ce que vous allez lire dans les pages suivantes concerne la deuxième catégorie.

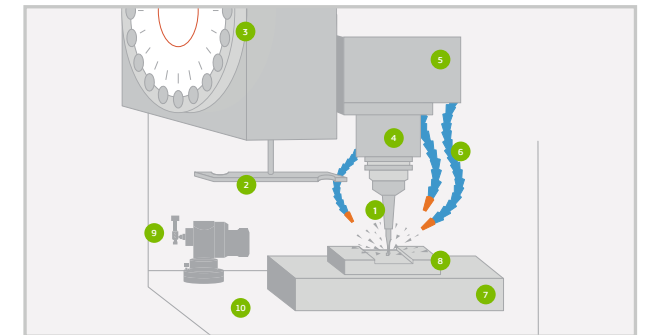
Malgré leurs différences fondamentales, les fraises CNC, souvent appelées centres d'usinage, et les tours CNC partagent de nombreux points communs. Ils possèdent tous des points de mouvement à axes multiples, avec lesquels on déplace les outils de découpe tout autour et à travers de la pièce en enlevant de la matière. Ils possèdent tous également des forets ou fraises pour effectuer des alésages, mais tandis que les tours sont équipés de couteaux à rainurer, de taraudeuses et d'autres outils tournants, les centres d'usinage utilisent des fraises en bout, des fraises une taille à rainurer et autres outils rotatifs.

Pendant des années, l'équipement standard de tout atelier d'usinage a consisté en tours CNC deux axes et centres d'usinage trois axes. Certains étaient horizontaux, d'autres verticaux, mais le plus souvent, le travail progressait d'une machine à l'autre jusqu'à ce que toutes les étapes soient terminées. Grâce à certains constructeurs malins, cette frontière entre les tours et les fraises est devenue moins nette. Les machines appelées multitâches combinent une broche de fraisage et un changeur d'outils avec une tête et une tourelle comme sur un tour (l'élément qui maintient les outils). De la même manière, les machines de fraisage/tournage combinent des outils de coupe rotatifs et stationnaires, tandis que les centres d'usinage avec des capacités de tournage sont devenus de plus en plus courants. Protolabs par exemple, utilise des tours avec outils rotatifs pour créer des détails comme des trous axiaux et radiaux, des méplats, des rainures et des encoches.

Les centres d'usinage peuvent également avoir plus de trois axes. Une fraise cinq axes par exemple, peut se déplacer sur tous ses axes en même temps, une caractéristique utile pour produire des pièces comme des hélices ou des prothèses de hanche. Et un centre d'usinage traditionnel trois axes peut être équipé avec une tête qui s'incline et/ou pivote. Cette capacité 3 +2 est parfaitement adaptée à l'usinage des différentes faces d'une seule pièce en un seul passage. Quelle que soit la configuration exacte - et elles sont nombreuses - chaque type d'outil mécanique est destiné à réduire les opérations d'usinage et à améliorer la flexibilité de production.



Les composants d'un tour CNC comprennent : la pièce à usiner (1), une douille de serrage (2), une broche (3), un outil de coupe et un support d'outil (4), un outil rotatif (5), et une tourelle porte-outils (6)

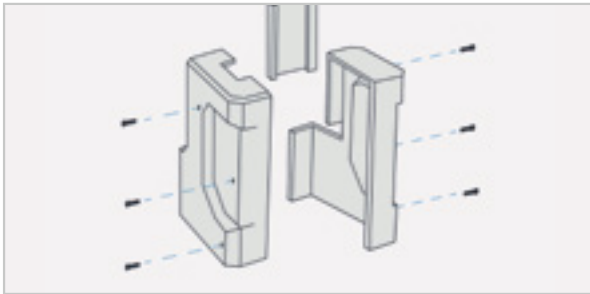


Les composants d'une fraise CNC comprennent : la fraise et le support d'outil (1), le changeur d'outil (2), le carrousel d'outils (3), la broche (4), la tête de fraisage 2 axes (5), les tuyaux d'alimentation en air/fluide de refroidissement (6), la fixation (7), la pièce à usiner (8), le réglage d'outil (9), une table axes x et y (10).

Optimisation de la conception des pièces pour l'usinage

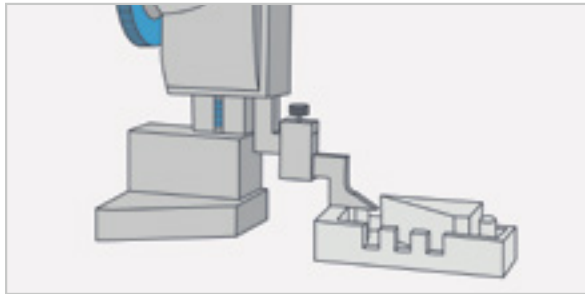
Si vous concevez des pièces pour gagner votre vie, vous vous étonnez peut-être : qu'est-ce que ça peut bien faire ? Dans la mesure où je reçois mes pièces à temps, et à un prix raisonnable, peu importe comment elles sont réalisées, n'est-ce pas ? Et bien, pas vraiment. De même que vous devez comprendre globalement comment fonctionne une automobile pour arriver à destination en sécurité, une connaissance raisonnable de la technologie d'un outil d'usinage est nécessaire pour tout concepteur de pièces. Cette connaissance est surtout importante lorsqu'on travaille avec un fournisseur numérique de pièce comme Protolabs, qui peut accélérer énormément le processus d'usinage, et souvent réduire les coûts, si certaines consignes sont respectées.

L'introduction que nous vous proposons est un bon point de départ, mais le meilleur conseil à donner, à part programmer et exploiter un outil d'usinage pendant quelques années, est de travailler en étroite collaboration avec votre fournisseur de pièces usinées. Posez des questions, notamment : « Comment puis-je créer des pièces plus faciles à usiner ? » Si vous vous sentez concerné, voici quelques approches pour optimiser la conception des pièces pour l'usinage :



RESTEZ SIMPLE.

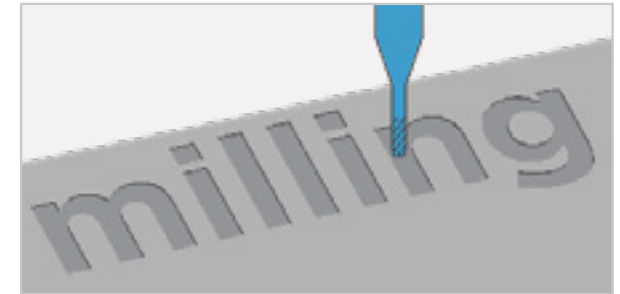
L'une des erreurs les plus fréquentes que font même des ingénieurs de conception et développeurs de produits expérimentés est de trop compliquer leurs pièces. Pensez à décomposer des pièces uniques à multiples facettes en des composants plus simples pouvant être collés ou vissés les uns aux autres. Sauf si les fonctions l'exigent, évitez les surfaces balayées car elles demandent généralement un long usinage, plus coûteux, avec une fraise à surfacer. Concevez des pièces avec des détails pouvant être usinés d'un seul côté quand c'est possible. Ceci permet d'éviter de multiples opérations, voire une fixation spéciale, ainsi que la mise en œuvre d'un centre d'usinage cinq axes plus onéreux, ou d'un centre avec des capacités de bascule/rotation (3 +2).



TENEZ COMPTE DES TOLÉRANCES DE PIÈCES - SEULEMENT SI C'EST NÉCESSAIRE.

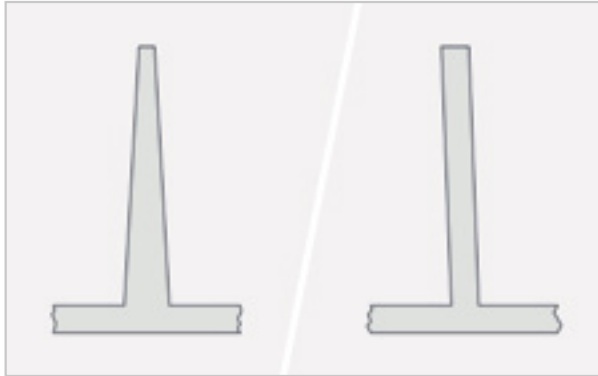
Une autre erreur courante est de fabriquer des pièces plus précises qu'absolument nécessaire. Lorsque les tolérances sont plus strictes que nécessaire, l'usineur peut être contraint à modifier le programme, utiliser un dispositif spécial de coupe, ou même effectuer une opération secondaire pour atteindre cette tolérance. Quand c'est possible, il est préférable de se contenter des « tolérances de bloc » applicables à chaque plan de pièce, ou de demander à votre partenaire d'usinage des conseils sur ce qui est raisonnable.

Pensez à décomposer les pièces à multiples facettes (ci-dessus à gauche) en des composants plus simples pouvant être assemblés. De plus, il est préférable en général d'adopter des « tolérances de bloc » par défaut que de fabriquer des pièces plus précises que ce qui est absolument nécessaire (ci-dessus au centre). Et réfléchissez bien : avez-vous besoin de marquer vos pièces usinées avec un texte, au vu de la dépense associée (au-dessus, à droite) ?



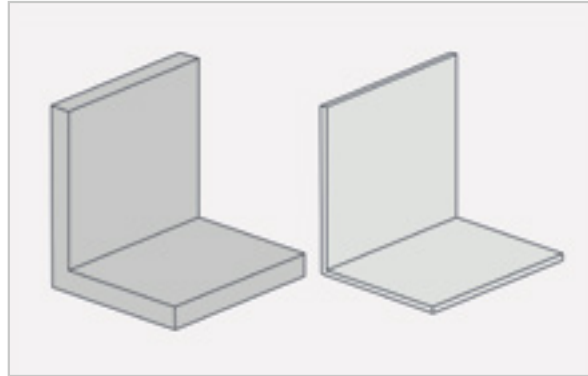
ÉVITEZ LES TEXTES.

Un texte usiné est très esthétique et permet de marquer en permanence les pièces avec des nombres, descriptions et logos. Mais il est très coûteux à produire. Chaque caractère doit être tracé avec un minuscule outil de coupe, en consommant un temps machine précieux. Et oubliez les textes en relief, car ils demandent de fraiser tout ce qui n'est pas une lettre ou un chiffre. De meilleures options existent, notamment le marquage au laser ou même un encre au tampon caoutchouc.



PRENEZ VOS PRÉCAUTIONS AVEC LES PAROIS IMPORTANTES ET LES ÉVIDEMENTS ÉTROITS.

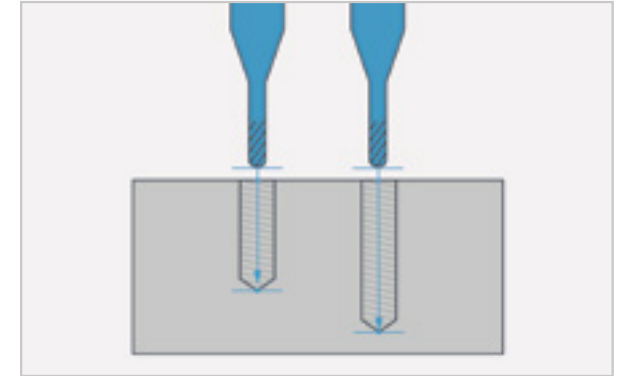
Les outils de coupe sont faits de matériaux durs et rigides comme le carbure de tungstène et l'acier rapide (HR). Pourtant, ils peuvent fléchir très légèrement sous l'effet des forces d'usinage, un phénomène qui peut devenir gênant selon la distance de l'outil au mandrin : suivant l'opération, les outils en carbure de tungstène peuvent travailler à une distance d'environ quatre fois le diamètre de l'outil, peut-être un peu plus sur des matières tendres, alors que les outils HR posent problème à environ la moitié de cette distance. Cela provoque un phénomène de broutage (une surface vilainement ondulée), des tolérances de pièces difficiles à respecter, et une durée de vie réduite de l'outil. Quel enseignement à tirer par le concepteur? Méfiez-vous des évidements profonds et étroits, ou des détails de pièces situés sur des parois de grande taille, de peur que la déflexion de l'outil de coupe ne cause un problème aux usineurs.



SOYEZ ÉGALEMENT ATTENTIFS AUX PIÈCES À PAROIS MINCES.

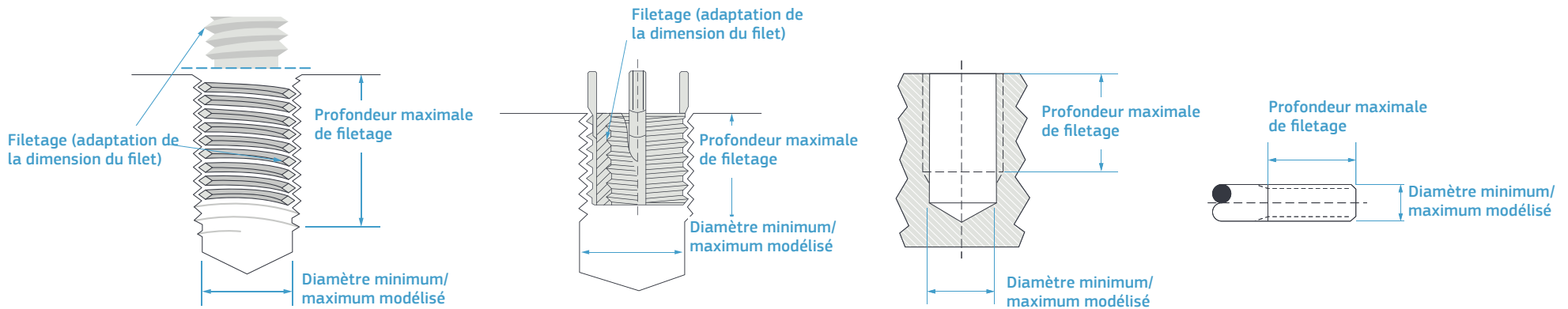
De même, les pièces à paroi minces sont sujettes à déflexion, mais comme la plupart des matières sont aujourd'hui pratiquement aussi rigides que les outils d'usinage, les règles sont un peu plus sévères. Une fois encore, cela dépend du détail et de la matière, mais une règle empirique consiste à concevoir des parois dont la longueur ne dépasse pas deux fois l'épaisseur, et à considérer que toute paroi plus mince que 0,5 mm va certainement entraîner des problèmes. Comme d'habitude, contactez votre expert en usinage pour lui demander conseil.

Lorsque vous concevez des pièces destinées à être usinées, faites attention aux découpes profondes et étroites, ou bien aux détails situés sur des parois importantes (ci-dessus, à gauche) car la déflexion des outils de coupe pourrait entraîner des problèmes pour l'usineur. Soyez également attentifs avec les pièces à parois minces (ci-dessus, au centre) qui peuvent également subir une déflexion. Par ailleurs, le perçage, notamment de trous profonds, peut être compliqué. L'évacuation des copeaux de métal formés pendant toute opération d'usinage est alors de plus en plus difficile.



LES PERÇAGES PROFONDS PEUVENT ÊTRE COMPLIQUÉS

Le perçage est l'opération la plus courante en usinage. Il est souvent effectué avec des forets sensiblement différents de ceux que vous trouverez en magasin de bricolage. Avec une profondeur croissante (à partir d'environ 6 fois le diamètre du foret), l'évacuation des copeaux de métal formé pendant cette opération devient de plus en plus difficile. Si votre produit exige des trous profonds, alors il faut juste savoir que plus ils le seront par rapport à leur diamètre, plus les pièces seront onéreuses.



LA CONCEPTION DE FILETAGES PRÉCIS

La création de filetages sur des pièces usinées peut également représenter un défi. Les filetages internes peuvent être créés avec un taraud, un outil de coupe ressemblant au boulon ou à la fixation qui sera vissé plus tard dans la pièce, ou par un outil de coupe spécifique appelé fraise à fileter. Quel que soit l'outil, les filetages profonds sont difficiles pour la même raison que les percements, l'évacuation des copeaux, et dans le cas d'une fraise à fileter, en raison des pressions de coupe radiale. Dans la plupart des cas, une profondeur de filetage du double du diamètre garantit une résistance suffisante, à un coût moindre. Si cela ne suffit pas, pensez à utiliser des inserts de type Helicoil ou inserts à clé pour renforcer la solidité du filetage, surtout sur des pièces en plastique. Et pour finir, les tolérances de filetage sont spécifiées par une limite H, les plus courantes étant H2 ou H3. Cette dernière est plus stricte, et donc un peu plus onéreuse à la production, et il est donc préférable de se contenter de H2, sauf pour des applications critiques.

GÉREZ LES ANGLES AIGUS

En usinage, les angles peuvent être également problématiques. Supposons que vous conceviez un boîtier électronique pour un produit. D'un côté de la pièce, vous avez besoin d'un évidement dans lequel une carte imprimée de 50 mm² sera insérée. Si vous ne connaissez pas bien l'usinage, vous allez peut-être concevoir un évidement carré, juste un peu plus grand que la carte elle-même pour conserver un jeu. Ce n'est pas une bonne idée. Ces coins carrés vont vous coûter cher, car le seul moyen de les fabriquer est de les brûler par étincelage, un procédé d'usinage courant en moulage par injection et en atelier d'outillage. Si l'espace est suffisant, pensez à agrandir l'évidement pour qu'une fraise puisse être utilisée - dans cet exemple un outil de 12,7 mm peut être adapté, ce qui signifie ajouter la moitié de son diamètre (6,35 mm) de tous les côtés du circuit imprimé, plus le jeu éventuel nécessaire. Une autre option consiste à découper des « oreilles » aux quatre coins. Cela donnera à l'évidement une apparence de trèfle mais simplifiera beaucoup l'usinage.

Il y a encore bien des choses à prendre en compte. De la même façon que des évidements profonds sont proscrits sur les pièces fraisées, des rainures trop profondes ou des tiges allongées peuvent également être difficiles à tourner. Casser les angles des pièces tournées par l'intermédiaire d'un rayon ou d'un chanfrein n'est pas très compliqué, mais demande une étape d'usinage supplémentaire sur les pièces fraisées. Et pendant que nous parlons de ce sujet, assurez-vous de demander à votre fournisseur sa méthode préférée pour ébavurer les pièces - certains utilisent des meules abrasives, tandis que d'autres les mettent dans un tambour avec des graviers, ou les grenailent avec des petites perles de verre ou morceaux de coquilles de noix. Chaque méthode présente des avantages, mais peut affecter l'esthétique du produit fini, ainsi que son coût.

La conception de filetages précis (présenté dans les illustrations ci-dessous) doit également être très soignée. Les filetages profonds sont aussi compliqués que les percements profonds, en raison de l'évacuation des copeaux. Et dans le cas des fraises à fileter, en raison des pressions de coupe importantes.

Identifiez la bonne matière pour l'usinage

Le métal ou plastique utilisé pour la fabrication d'une pièce est aussi important que la façon dont elle est usinée; un mauvais choix pourrait faire enfler de manière inconsidérée les coûts. Le titane, par exemple, très apprécié dans le monde de l'aérospatiale, est difficile à usiner, et donc les pièces constituées de cette matière seront certainement bien plus chères que celles en aluminium ou en acier inoxydable. En conclusion : sauf exigence spécifique, optez pour un métal moins cher.

Le polyétheréthercétone (PEEK), le superman des polymères, est assez résistant pour remplacer le métal dans certaines applications, mais attendez-vous à un choc en voyant son prix : il est cinq fois plus cher qu'un autre thermoplastique haute performance. D'autres considérations techniques qui vous aideront à choisir une matière adaptée pour l'application de votre pièce sont des caractéristiques spécifiques telles que la résistance à la traction, la température de fléchissement et la dureté générale. Voici quelques-unes des matières les plus courantes utilisées pour les pièces usinées, ainsi que leurs propriétés principales:



Aluminium: Comme les autres métaux, l'aluminium est disponible dans un large éventail d'alliages : les plus courants sont le 6082-T6 (un alliage structural) ou le 7075-T6 (très apprécié dans l'industrie aérospatiale). Ils sont tous faciles à usiner, résistants à la corrosion et présentent un rapport résistance/poids élevé. L'aluminium est adapté aux pièces aéronautiques, aux composants d'ordinateurs, accessoires de cuisine, composants architecturaux et bien plus (et si vous vous posez la question, le chiffre T6 se rapporte à la trempe de l'aluminium, la façon dont il a été traité en fonderie).



Inconel: Ce superalliage résistant à la chaleur est un choix excellent pour des températures extrêmes ou un environnement corrosif. Utilisé dans les réacteurs, l'Inconel 625 et son frère plus dur et plus résistant l'Inconel 718 se trouvent dans les centrales nucléaires, les plates formes pétrolières et gazières, les installations de traitement chimique et bien d'autres encore. Ils sont tous les deux assez faciles à souder, mais sont plus onéreux et encore moins usinables que le CoCr, et doivent donc être évités sauf si l'application l'exige.



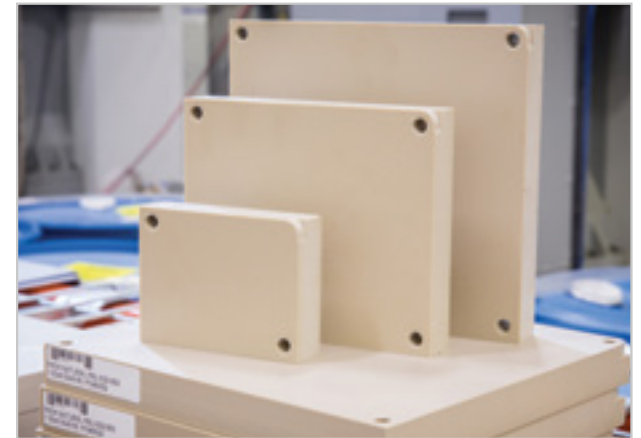
Acier Inoxydable: En ajoutant un minimum de 10,5 % de chrome, en réduisant la teneur en carbone à 1,2 % maximum et en ajoutant des composants d'alliage comme le nickel et le molybdène, les métallurgistes convertissent l'acier ordinaire, enclin à la rouille, en un acier inoxydable, le matériau à tout faire du monde de la fabrication. Avec un choix de dizaines de nuances et de classes, il est toutefois difficile de déterminer quel est le plus approprié pour une application donnée. Les aciers inoxydables austénitiques 304 et 316L, par exemple, ont une structure cristalline qui les rend non-magnétiques, non-durcissables, ductiles et assez résistants. Les aciers inoxydables martensitiques (la nuance 420 en est un) sont à la fois magnétiques et durcissables, ce qui en fait un bon choix pour les instruments chirurgicaux et pour des composants d'usure variés. Il existe également des aciers inoxydables ferritiques (la plupart se trouvent dans la série 400), les aciers duplex (pétrole et gaz), et les aciers inoxydables durcissables par précipitation 15-5 PH et 17-4 PH, tous les deux appréciés pour leurs excellentes propriétés mécaniques. Leur usinabilité va d'assez bonne (416 SS) à relativement médiocre (347 SS).

Acier: Comme pour les aciers inoxydables, il existe bien trop d'alliages de différentes propriétés pour les citer tous ici. Mais quatre aspects importants à prendre en compte sont :

- Les aciers sont généralement moins chers que les aciers inoxydables et les superalliages
- En présence d'air et d'humidité, tous les aciers rouillent
- La plupart des aciers sont relativement usinables, à l'exception de certains aciers à outils
- Plus la teneur en carbone est faible, moins les aciers sont durs (indication des deux premiers chiffres de l'alliage, comme dans les nuances 1018, 4340 et 8620, trois choix courants). Ceci dit, l'acier, et son cousin le fer, sont de loin les plus utilisés de tous les métaux, l'aluminium n'étant pas très loin.

Cette liste ne mentionne pas les métaux rouges, cuivre, laiton et bronze, sans lesquels l'évolution de l'humanité aurait été bien différente. Elle n'a pas cité l'autre superalliage super-important, le titane, que vous pouvez vous représenter comme un aluminium sous stéroïdes. Elle n'a pas non plus exploré le monde des polymères. L'ABS, la

matière des Legos et tuyaux en plastique, est à la fois moulable et usinable, et offre une excellente dureté et résistance aux chocs. Les plastiques de qualité technique - l'acétal en est un exemple notable - sont adaptés à de nombreux objets allant des engrenages aux équipements sportifs. Le nylon est utilisé pour fabriquer des bas, mais sa combinaison de résistance et de flexibilité a fait basculer la Seconde Guerre mondiale, lorsqu'il a remplacé la soie pour fabriquer des parachutes. On peut citer également le polycarbonate, le polychlorure de vinyle (PVC), le polyéthylène haute et basse densité, et bien d'autres encore. Il est vrai que le choix de matériaux est très large : il est donc judicieux, en tant que concepteur de pièces, d'explorer le champ des matières possibles, quelles sont leurs meilleures applications et comment elles peuvent être traitées. Plus de 40 qualités différentes de plastiques et de matières sont disponibles chez Protolabs.



Identifier la bonne matière pour l'usinage est tout aussi important que la façon dont la pièce est usinée. Voici des blocs de polyétheréthércétone (PEEK), considéré comme le superman des polymères, assez résistant pour remplacer le métal dans certaines applications. Dans tous les cas, le choix de matières est très large, donc prenez le temps pour explorer celles qui sont à votre disposition.

Cinq aspects à prendre en compte pour le choix d'un usineur

Considérations sur la conception et meilleures pratiques? OK. Matières premières? OK. Atelier d'usinage? C'est l'étape suivante. Comment peut-on faire pour "miser sur le bon cheval", un atelier avec une bonne expertise technique, des prix raisonnables, des délais rapides, un système de devis en ligne interactif donnant une analyse de faisabilité, et surtout, la capacité de fabriquer systématiquement de bonnes pièces? Pensez aux points suivants:

1. Certains ateliers sont spécialisés dans les prototypes ou petites séries de pièces, comme Protolabs, tandis que d'autres sont orientés vers les grandes séries de production allant jusqu'à des dizaines de milliers, voire plus. Une première étape importante est donc de déterminer pour quels volumes de pièces un fabricant donné est le plus compétitif.
2. Les ateliers les plus efficaces sont ceux qui mettent en œuvre des processus et jeux d'outils normalisés. Cela réduit le temps de mise en place, les coûts d'outillage et surtout, les surprises. N'hésitez pas à demander à un atelier comment il tourne!
3. Des jeux d'outils normalisés imposent cependant des contraintes. Un tour ou centre

d'usinage avec un nombre fixé d'outils peuvent impliquer un double-emploi de ces outils, par exemple l'utilisation d'une fraise pour un percement, ou d'un outil à rainurer pour tourner un tourillon ou un arbre. Cette approche permet cependant souvent d'obtenir les faibles coûts et les délais rapides dont vous avez besoin.

4. Protolabs possède un système web de devis automatisé qui identifie les détails qui posent un problème d'usinage, en amont, avant que la production ne démarre. Cette analyse de faisabilité est essentielle pour éviter des rectifications tardives, en identifiant très tôt dans le processus de conception les modifications à faire.
5. Cherchez un atelier avec une vision d'ensemble, offrant plusieurs options de fabrication. Vous pouvez penser par exemple que l'impression 3D est l'unique approche pour une fourniture rapide de prototypes. Ce peut être le cas, mais si votre pièce l'autorise, l'usinage est souvent une option de prototypage meilleur marché. Et que se passe-t-il lorsque le volume de pièces augmente? Concevoir des pièces pour une technologie de fabrication spécifique pourrait très bien vous entraîner dans un cercle vicieux onéreux. Et en parlant de vision d'ensemble, assurez-vous de prendre en compte chez un fournisseur son taux de livraison dans les délais, sa capacité globale d'usinage, s'il s'agit d'une entreprise avec production en interne et non un courtier, et son aptitude à passer des prototypes à une production en petite série.

Pour finir, n'hésitez pas à poser des questions, quel que soit votre degré d'expérience. Protolabs emploie des ingénieurs d'applications expérimentés, joignables au **+ 33 (0)4 56 64 80 50** ou par **email : customerservice@protolabs.fr** Ils peuvent vous donner des conseils sur des modifications de conception et sur les matières pour améliorer la faisabilité de fabrication de vos pièces et réduire leurs coûts. Téléchargez aujourd'hui un fichier CAD 3D pour obtenir un devis, les délais de fabrication et une analyse de faisabilité gratuite.

Sources: haascnc.com, mazakusa.com, okuma.com, sandvik.coromant.com



Vous avez besoin de plus de 25 pièces usinées? Réduisez le prix de votre pièce en commandant un nombre plus important de pièces dans nos matières les plus courantes grâce à la **Fabrication Rapide**.