



NOVEMBRE 2015

## USINABILITE : STRUCTURES METALLURGIQUES et OUTILLAGES

Bonjour à chacune et chacun d'entre vous,

Après avoir abordé la méthode du Couple Outil Matière, le **collectif MC** (METAL et CONCEPTION nouvellement rebaptisé), qui a toujours le souci de rapprocher d'avantage le monde de la mécanique et de la métallurgie, se propose de poursuivre comme convenu le sujet de l'usinabilité en s'arrêtant sur la structure métallurgique et les matériaux associés aux traitements thermiques et traitements de surface des outils de coupe.

### I. L'USINABILITE ET LES STRUCTURES METALLURGIQUES

Quand on parle de structure métallurgique en usinage, on prend en considération :

- La propreté inclusionnaire issue des procédés d'élaboration
- La nature et la répartition des phases, en présence dans la matrice, issues des procédés d'élaboration et des recuits réalisés.

#### a) Propreté inclusionnaire

Les inclusions sont des particules de type silice, sulfures, alumine, oxyde qui seront en plus ou moins grande quantité en fonction des procédés sidérurgiques utilisés. Pour améliorer l'usinabilité, il est recommandé pour les aciers d'augmenter la teneur des sulfures de manganèse qui permet de favoriser la fragmentation du copeau et d'éviter, de fait, la formation de copeau filant. C'est pour cette raison, que l'on utilise dans l'usine de décolletage des aciers resulfurés, calmés au calcium lors de l'élaboration.

Pour les aciers à soufre spécifiés, la teneur est comprise en 0,02 et 0,04 (voir normes EN 10083, EN 10084, EN 10277,...). Pour les resulfurés, la teneur en soufre peut atteindre 0,1% (voir norme 100087 et 10277-3).

On peut également parler du plomb qui peut enrober les sulfures, caractérisé par un bas point de fusion, qui, au contact de l'outil, va se liquéfier et jouer le rôle de lubrifiant entre l'arrêt de l'outil et le copeau.

On évitera de travailler sur des matériaux avec des inclusions abrasifs et réfractaires (comme l'alumine), on leur préférera les silico-aluminates, beaucoup moins abrasifs et malléables à chaud. Il est également possible de venir enrober les particules dures, comme les oxydes, par des sulfures, cette technique permettra de limiter l'usure abrasive des outils.



NOVEMBRE 2015

### b) Les recuits

Dans le monde des traitements thermiques, les recuits sont des outils mis à la disposition des mécaniciens dans la gamme de fabrication afin de répondre à des attentes telles que l'usinabilité, la stabilité dimensionnelle ou la mise en forme par déformation à froid.

Dans ce contexte, le traitement thermique va s'intégrer à la fabrication des pièces dans le cadre de la gamme, au même titre qu'un usinage d'ébauchage ou qu'une finition.

Indépendamment des considérations, concernant le rôle fondamental du traitement thermique dans l'augmentation des caractéristiques mécaniques des pièces, par l'intermédiaire de la trempe et du revenu, il est important de noter ici que les recuits permettront de :

- Favoriser la mise en forme,
- D'assurer la stabilité dimensionnelle du métal en engendrant un état de faibles contraintes avant, pendant et après la mise en forme,
- Préparer le traitement thermique final, en engendrant une microstructure apte à le recevoir de manière optimale, tout en limitant au mieux les déformations.

On parle de recuits d'adoucissement, de normalisation ou de recuit isotherme pour éviter la structure en bandes. La mise en place de ces traitements dans la gamme de fabrication et leurs effets sur la structure (nature, répartition et taille des phases en présence), aura une influence importante sur la durée de vie des outils, forme du coupeau, état de surface obtenu, évolution des déformations ...

Si on prend l'exemple de la structure en bandes qui peut être masqué par un recuit isotherme correctement réalisé, en sens « transverse », l'outil travaille un certain temps pour les aciers dans la ferrite (ductile), puis dans la perlite (dure) et des différences d'état de surface peuvent en résulter. La dimension des bandes va également jouer un rôle ; en effet des petites bandes (appelées également bandes fragmentées) ont peu d'effet, contrairement aux bandes larges (0.1mm) qui engendrent la formation d'une arête rapportée plus importante. De manière générale, la durée de vie de l'outil et la qualité de l'état de surface vont diminuer avec l'augmentation de l'épaisseur des bandes.

## II. OUTILLAGE : ACIERS OUTILS ET TRAITEMENTS ASSOCIES

Ce chapitre va nous permettre d'aborder la grande famille des outils, au sens large, en acier ou céramique. Le choix du couple matériaux-traitements est toujours le fruit d'un compromis entre :

- Des critères techniques (propriétés d'emploi, tenue en service et sans oublier l'aptitude à la mise en œuvre),



NOVEMBRE 2015

- Des critères économiques (coût matière et de réalisation, disponibilité, ...)

Concernant les problématiques techniques que l'on peut rencontrer lorsque l'on travaille sur l'amélioration continue de la tenue en service d'outils en tout genre, cela revient à établir un nouveau compromis entre la résistance à l'usure abrasive et la ténacité (écaillage ; fissurations). A cela, on peut également ajouter l'usure adhésive qui nécessite à maintes occasions la mise en place de traitement de surface, type couche mince élaborée par P.V.D (Physical Vapor Deposition) ou C.V.D. (Chemical Vapor Deposition), mais également la fatigue thermique ou la tenue à l'oxydation.

Concernant la mise en œuvre, il faudra être vigilant à la trempabilité de la nuance, son aptitude à l'usinage et à la rectification, sa sensibilité aux tapures de trempes et aux déformations.

#### a) Les aciers outils

Deux sous-groupes se distinguent au sein de cette entité : les aciers outils pour travail à froid et ceux pour travail à chaud. Pour les premiers, on retrouve les grands classiques : les 12% de Cr (X153CrMoV12) mais aussi les 5% Cr (X140 CrMoV 5 4 4) et plus récemment les 8% de Cr (X125CrMoV 8 3 1). Pour les aciers outils pour travail à chaud, on cherchera vers les nuances X37CrMoV 5-1 ; 55 NiCrMoV 7...

Les aciers rapides peuvent être utilisés pour le travail à froid (HS 6 5 4 ou HS 10 2 5 8) ou pour le travail à chaud (HS 6 5 2, ...). Ils peuvent être issus de la métallurgie traditionnelle, mais également issus de la métallurgie des poudres, technique qui améliore grandement la finesse de la structure métallographique, la répartition des carbures : on se retrouve avec une structure isotrope, beaucoup plus tenace, donc beaucoup moins sensible à l'écaillage ou la fissuration.

Il existe également la technique du « spray forming » qui a connu quelques difficultés d'industrialisation mais qui reste très intéressante d'un point de vue qualité – prix.

Pour les aciers rapides, les traitements thermiques, pour optimiser la dureté et la tenue en flexion par choc, peuvent faire intervenir des refroidissements cryogéniques, pour limiter la teneur en austénite résiduelle ou la succession de plusieurs revenus pour activer le phénomène de durcissement secondaire.

#### b) Les céramiques

On retrouve dans ce groupe la grande famille des carbures à matrice métallique CMM (TiC, TaNbC, WC + (Ti,W)C, WC + (WTiTaNb)C pour les outils de coupe, voir WC-Co en découpage emboutissage ou WC-Ni voir WC-Ni+Cr) ou usinable (TiC au sein d'une matrice pelitique que l'on trempera avant utilisation). Dans les deux cas, la métallurgie des poudres est la principale technique de mise en œuvre.



NOVEMBRE 2015

Pour l'usinage, les outils sont sous la forme de plaquette très souvent de type WC-Co revêtu BNc (nitrure de bore cubique). On choisira la teneur en Co et la taille des grains de la matrice en fonction de différents critères :

- Matière à usiner,
- Type d'usinage (ébauche, semi-finition, finition),
- Conditions d'usinage.

Un point important pour conclure, ces matériaux doivent travailler en compression uniquement, sans chocs, ni flexion. Ils sont donc très souvent frettés, afin d'induire des contraintes de compression en service.

### III. BILAN

Nos deux dernières Newsletters sur le sujet de l'usinabilité nous ont montré, encore une fois, que métallurgistes et mécaniciens doivent travailler de concert pour parvenir à la solution optimum.

Le couple Outil Matière (COM) détaillé dans la Newsletter 16 permet de valider les paramètres machine, une fois que la réflexion concernant l'optimisation de la structure à usiner (par la mise en place de recuits dans la gamme) et le choix matière/TTh/TS sont finalisés.

Pour ce dernier point, vous trouverez ci-dessous un tableau comparatif concernant les différentes solutions abordées pour les outils :

#### Carbure usinables/ Acier rapide HS

- Plus résistant à l'usure
- Plus fragile
- Usinabilité plus faible
- 1.5 à 2 fois coûteux

#### Carbure usinable/Carbure CMM

- Moins résistant à l'usure
- Plus tenace
- Meilleure usinabilité
- 1.5 à 2 moins cher

Fortement intéressé par le sujet de l'usinabilité aussi bien pour les aciers et les alliages de titane ou d'aluminium et fort de son expérience, le **collectif MC** est à votre disposition pour toutes questions ou remarques sur ce sujet, qui a déjà fait couler beaucoup d'encre et qui continuera à nous interroger face à l'ensemble des compromis auxquels il faut faire face !

Pour la prochaine newsletter, fêtes de fin d'année obligent, nous aborderons un des secteurs d'activité du luxe le plus pointu mécaniquement parlant... Tout un programme !