

Améliorer la durabilité des outils de poinçonnage

10 juin 2016, 02:00

Sirris a mené un projet CORNET sur le poinçonnage et le découpage de précision, en partenariat avec la VOM, le Fraunhofer Institut IST et l'IWU. Le projet INFIBLANK, mis en route voici deux ans, s'est achevé tout récemment.

INFIBLANK est l'abréviation de 'Increase of Life time of tools for fine blanking operations by optimized coatings and steel substrates', c'est-à-dire 'Améliorer la durée de vie des outils destinés au poinçonnage de précision, en optimisant les revêtements et les substrats en acier'. Le projet avait pour but d'analyser les modalités permettant d'améliorer la durée de vie de l'outillage en acier (poinçons), via des revêtements adaptés en combinaison avec des aciers modernes pour outillage (dureté et résistance optimales pour ce type d'usinage).

Poinçonnage de précision versus poinçonnage classique

Le poinçonnage ou découpage de précision est une technique particulière : pendant le poinçonnage une tôle de métal est fixée contre la matrice par un porte-plaque. En comparaison avec le procédé de poinçonnage classique, le trou est découpé de manière plus nette, la planéité des bords est meilleure, avec moins de bavures. Le jeu entre le poinçon et la tôle est minime, ce qui permet d'obtenir un résultat de grande précision. Cette technique présente toutefois un inconvénient : la pression de contact et la température de contact sont élevées, ce qui peut générer des microsoudures avec pour conséquence une réduction de la durée de vie de l'outillage.



Différence entre le poinçonnage classique et le poinçonnage de précision

Aciers modernes versus matériaux céramiques

Pour fabriquer les poinçons destinés au poinçonnage de précision, on pourrait utiliser des métaux durs ou des matériaux céramiques. La dureté de ces matériaux est certes très grande (plus de 65 HRC), mais il s'agit de matériaux fragiles. De plus, le coût de ces outils est très élevé. Dans le cadre du projet, la préférence a été donnée aux poinçons en acier de travail à froid. Pour l'application envisagée, il existe différentes nuances modernes d'acier pour outillage, la sélection n'a pas été facile. La première étape dans le projet a consisté à faire un choix en connaissance de cause, en se basant sur la littérature technique, sur les données fournies par les fabricants d'acier et sur l'expérience dans ce secteur d'activité industrielle. A l'issue de cette étude préparatoire, on a retenu cinq nuances d'acier de très grande qualité, disponibles dans le commerce (voir le tableau ci-dessous). Seule la nuance d'acier 1.2379 est un acier très usuel, produit par laminage

conventionnel, toutes les autres nuances sont des aciers de grande qualité fabriqué selon le procédé PM (métallurgie des poudres).

Nuance d'acier	%C	%Cr	%Mo	%V	%W	%Co	Autre	Total % éléments d'alliage
1.2379	1,55	11,3	0,8	0,8	0,0	0,0		12,8
K 890	0,85	4,4	2,8	2,1	2,6	4,5		16,3
S390	1,64	4,8	2,0	4,8	19,4	8,0		30,0
Vanadis 4E	1,40	4,7	3,5	3,7	0,0	0,0		11,9
Vanadis 23	1,28	4,2	5,0	3,1	6,4	0,0		18,7
Vancron 40	1,1	4,5	3,2	8,5	3,7	0,0	+ N	19,9

Composition chimique des aciers utilisés dans l'étude

Traitement thermique avec traitement cryogène

La plupart des aciers à outils sont durcis par le procédé conventionnel de trempe et recuit. Dans le projet actuel, en plus de cette méthode classique, on a également réalisé quelques essais de traitement cryogène avec pour objectif de prolonger la durabilité de l'outil. Dans la littérature récente, on peut lire que la durabilité de l'outil peut être améliorée de manière considérable par un traitement cryogène (DCT) à -196°C, réalisé après la trempe. Quant à la raison précise de cette amélioration, en fait, les discussions se poursuivent, toutefois la plupart des études soulignent que cette amélioration résulte de deux mécanismes fondamentaux : la réduction de la teneur en austénite résiduelle (c'est-à-dire la fraction d'austénite non transformée en martensite), la précipitation des eta-carbures très finement distribués dans la matrice, et d'autre part, les tensions internes devraient également se réduire en conséquence du revenu du moins en combinaison avec une méthode correcte (température de revenu élevée à la fin du cycle de trempe). D'autres traitements sont également possibles, notamment le traitement cryogène après le revenu. Quelques essais ont montré que cette méthode pouvait se traduire par une amélioration de la durabilité. Toutefois, la diminution attendue de la teneur en austénite résiduelle après traitement cryogène n'a pas été constatée de manière claire dans toutes les nuances d'acier (voir le graphique), par conséquent on peut considérer que les autres facteurs mentionnés ont joué un plus grand rôle.

La dureté a été réglée sur 59+2 HRC, une valeur plutôt basse en comparaison avec les valeurs usuelles dans la pratique. Mais la décision a été prise dans ce sens pour influencer de manière favorable la ténacité du substrat en acier.



Teneur en austénite résiduelle selon que l'acier a été soumis, ou non, à un traitement cryogène

Revêtements sur les poinçons

Les définitions à propos de la durabilité ou de la durée de vie ne sont pas toujours cohérentes et parfois il n'y a pas de critère univoque pour fixer clairement le contenu de ce concept. Néanmoins, dans le cadre de ce projet les chercheurs se sont efforcés d'observer l'évolution de la dégradation en se basant sur des essais de laboratoire. Les chercheurs du Fraunhofer Institut à Braunschweig ont appliqué des revêtements spéciaux à base de CrTiAlSiN et CrVN sur les différents substrats. L'adhérence a été améliorée par la déposition d'une mince couche de nitruration (par plasma). Pour ce qui concerne les échantillons traités par le froid, aucune incidence négative sur l'adhérence n'a été constatée, mais bien sur la durée du traitement de nitruration.

Quelques essais ont été réalisés avec la nuance d'acier 1.2379, le résultat était positif en ce qui concerne l'usure adhésive. Les essais ont porté également sur les autres nuances d'acier.

Essais de laboratoire

Deux sortes d'essais ont été réalisés : d'une part, des essais de rayure (Scratch-test) sur les substrats sans revêtement et des essais de poinçonnage avec des petits poinçons de forme triangulaire, qui ont été fabriqués via le procédé EDM (électro-érosion) de barres massives.



Exemple d'un poinçon triangulaire utilisé pour les essais de poinçonnage en laboratoire

Les essais de rayure ont montré que les différences sont minimales entre les différentes nuances d'acier pour ce qui concerne le comportement abrasif et plastique, tandis que les essais de poinçonnage ont révélé une nette amélioration dans le cas de la plupart des poinçons ayant fait l'objet d'un traitement cryogène, certainement en ce qui concerne l'écaillage (voir le tableau). Déjà après seulement 2 x 150 poinçonnages réalisés pendant une brève période de temps, on a commencé à percevoir une différence entre les différentes nuances d'acier. L'incidence du traitement de préparation a été analysée également : le résultat obtenu avec les poinçons ayant fait l'objet d'un polissage s'est révélé médiocre en comparaison avec les poinçons ayant fait l'objet d'un sablage suivi d'un polissage. La différence s'explique par la présence de la couche blanche qui se forme pendant l'électro-érosion. Le sablage permet de supprimer cette couche, mais pas le polissage.

Matériau	Procédé conventionnel de trempe	Trempe suivi par traitement cryogène
1.2379	Ecaillage important	Fissuration, pas d'écaillage

K890	Ecaillage important	Fissuration, pas d'écaillage
S390	Ecaillage important	Ecaillage moindre
Vanadis 4E	Usure abrasive, pas d'écaillage	Usure abrasive moindre
Vanadis 23	Usure abrasive, pas d'écaillage	Usure abrasive moindre

Aperçu des essais de poinçonnage en laboratoire, avec quelques aciers pour le travail à froid

Essai à l'échelle industrielle

Pour réduire le nombre des essais, on a ensuite affiné la sélection parmi les matériaux disponibles. Et on a fabriqué quelques poinçons industriels de différentes formes. La sélection a porté sur 3 aciers PM (voir le tableau). Ces nuances d'acier, de même que pour les poinçons de laboratoire, ont fait l'objet d'un traitement conventionnel de trempe et d'un traitement de trempe suivi par un traitement cryogène. Les poinçons ont servi à poinçonner différents matériaux : acier galvanisé, acier à haute résistance, et acier inox. Pour chacun de ces matériaux, une nette amélioration de la durabilité de l'outil a été constatée, dans le cas des échantillons ayant fait l'objet d'une trempécryogène. Toutefois, avec l'une des nuances d'acier, aucune amélioration de la durabilité n'a été constatée, malgré le traitement cryogène.



A gauche : état du poinçon (trempé par le procédé conventionnel) après 8.500 pièces poinçonnées; à droite état du poinçon (trempé par traitement cryogène) après 10.000 pièces poinçonnées

Matériau	Type d'essai	Traitement de surface	Matériau poinçonné	Nombre de pièces poinçonnées (outil : acier trempé)	Nombre de pièces poinçonnées (outil : acier trempé et traitement cryogène)
Vanadis 4E	Poinçonnage de précision	Sablage et polissage	S700 MC 4.5 mm	7800	15000

Poinçonnage conventionnel	Sablage et polissage	Acier inox 1.5 mm	3800	9500	
Vanadis 23	Poinçonnage conventionnel	Rectifié à la meule	Acier Zincor 1.5 mm (sans lubrifiant)	8500	10000
Vancron 40	Poinçonnage conventionnel	Sablage et polissage	Acier inox 1.5 mm	2000	1000

Quelques résultats des essais industriels avec poinçons sans revêtement

Conclusions

Le projet s'est efforcé de présenter la complexité du procédé de poinçonnage, au moyen d'un diagramme incluant les principaux facteurs ayant une incidence sur le procédé : substrat acier, traitement thermique avec et sans traitement cryogène, traitement mécanique de la surface et revêtements. Différentes nuances d'acier peuvent entrer en ligne de compte pour ce procédé d'usinage, mais dans le cadre de ce projet on a surtout utilisé les aciers PM, qui présentent de très bonnes propriétés isotropes. Il faut souligner que, dans l'ensemble, l'effet du traitement cryogène s'est révélé positif avec la plupart des aciers, tandis que l'effet de la réduction de la teneur en austénite après ce traitement complémentaire s'est révélé plutôt limité. Le traitement mécanique de la surface joue un rôle important, tandis que les revêtements peuvent apporter une amélioration au plan de l'usure adhésive.

Ce projet Cornet a été réalisé avec le support financier du VLAIO et de l'AIF (Allemagne). Le projet a reçu un support technique fourni par les entreprises de la commission des utilisateurs des deux pays.

Les résultats de cette étude ont été présentés le 11 mai dernier, pendant la conférence "European Heat Treatment Conference 2016", à Prague.

Pour obtenir le texte intégral du rapport et la publication, on peut s'adresser à la personne de contact mentionnée ci-après.

Auteurs