|  |
| --- |
| Procédés de fabricationDécoupe par jet d’eau haute pression*Effet de la pression* |
| Document réponse |

# Présentation

Le but du TP est étudier l'effet de la pression sur la qualité et les défauts d'une pièce.

On cherchera donc à mesurer la dépouille sur un ensemble de pièces découpées à plusieurs vitesses d'avance, ainsi que l'état de surface (paramètre de rugosité Ra) le long de l'épaisseur découpée également pour plusieurs vitesses d'avance.

# Éléments fournis

* machine découpe 2D Flow Mach 3 pouvant atteindre une pression de 4000bars, abrasif standard (Grenat mesh 80).
* plaque d'alliage d'aluminium aéronautique (série 2000) de 10mm d'épaisseur
* un programme de découpe permettant de fabriquer 5 échantillons avec deux valeurs de vitesse chacun soit 10 valeurs de vitesse d'avance en tout
* un rugosimètre Mitutoyo associé à un arbre et un bras de mesure
* un projecteur de profil Mitutoyo
* un fichier excel pré-formaté pour tracer les grandeurs pertinentes.

# Remarque

# Vous utiliserez la machine en mode de découpe standard. Une fois le matériau défini (paramètre machinabilité) à aluminium 2024, l'épaisseur définie à 10mm et la pression de consigne réglée de 200 à 350 MPa (soit 3500bars) définis, le logiciel détermine à partir d'un modèle la vitesse maximale de découpe possible pour les conditions choisies. Sur chaque échantillon deux vitesses de découpe seront choisies. Ces vitesses seront les mêmes pour chaque échantillon/pression.

# Analyse des risques associés au poste de travail

Définir les risques associés au poste de travail. Détailler les équipements de protection individuels EPI mis en place pour contrecarrer ces risques.

|  |  |
| --- | --- |
| Risques | EPI |
|  |  |

# Paramètres d’entrée-sortie – vision macro du procédé

A la suite de la lecture du sujet du TP, rappeler les paramètres d’entrée du procédé en précisant ceux qui seront pilotés au cours du TP. Rappeler les paramètres de sortie du procédé en précisant ceux qui seront observés et mesurés au cours du TP. Préciser les unités conventionnellement utilisées, le cas échéant.

Paramètres de sortie

Paramètres d’entrée

Paramètres externes

Découpe par jet d’eau haute pression

Indiquer les valeurs prises au cours du TP et les ordres de grandeurs courant, pour le matériau usiné, des paramètres d’entrée ici étudiés. Le cas échéant, indiquer les paramètres recommandés par les fabricants outils. Comment se situent les valeurs sur lesquelles vous travaillez par rapport à ces ordres de grandeur.

Matériau découpé : \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Paramètre [unité] | Valeurs pour le TP | Ordres de grandeur courant – valeurs fabricant | Remarques/Commentaires |
| $$p [bars]$$ |  |  |  |
| $$V\_{a} [mm/min]$$ |  |  |  |
| … |  |  |  |

* **Suivre et réaliser le protocole expérimental du TP**

# Paramètres de sortie/Observables – Mesures

Après avoir réalisé l’usinage de vos cinq échantillons, mesurer en suivant le protocole fournit l’état de surface et la dépouille pour chaque valeur de vitesse d’avance.

* Commentez avant de mettre en forme vos résultats l’état de la surface découpée à mesure que la vitesse augmente. Vous pourrez vous aider de classification de qualité donnée à la figure ci-dessous.



|  |
| --- |
|  |

Identifier les moyens de mesures des paramètres de sorties. Pour chacun de ces paramètres identifier les sources d’incertitudes[[1]](#footnote-1) possibles (incertitude du moyen, de l’expérimentateur…), notamment  la mesure de l’angle de dépouille est réalisée en mesurant la largeur de saignée sur les deux faces de l’éprouvette. Redonnez brièvement la démarche de calcul. Le projecteur de profil utilisé pour mesurer ces largeurs comporte un objectif à grossissement x50. En déduire les effets et incertitudes sur les largeurs de saignées et l’angle.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Paramètre | Moyen(s) de mesure | Sources d’erreurs |
| Largeur |  |  |
| Angle de dépouille |  |  |
| Rugosité |  |  |

La mesure de rugosité nécessite de choisir le bon paramètre de filtrage λc. Dans le cadre de l’usinage par outil coupant, le paramètre RSM permet de vérifier et le cas échéant de choisir le bon paramètre de filtrage. Justifiez pourquoi cette approche ne peut pas être utilisée dans votre cas.

Proposer un protocole de mesure permettant de minimiser l’erreur de mesure sur chacun des paramètres. Indiquer la source d’erreur minimisée sur les différentes étapes.

Indiquer une estimation des barres d’erreurs pour les différents paramètres de sortie à partir des réflexions ci-dessus. *Cette étape pourra utilement être réalisée ou revue après la réalisation de quelques mesures.*

 **On pourra suivre l’approche suivante : il vous est ici demandé de fournir une barre d’incertitude la plus juste possible compte-tenu des moyens disponibles et de votre expérience. Cette estimation doit être suffisamment conservative : *i.e.* si l’on désigne quelqu’un, enseignant(e) ou étudiant(e) dans la pièce et qu’on lui fait suivre votre protocole, la mesure doit tomber dans votre intervalle. A l’inverse, l’intervalle doit aussi être suffisamment restreint pour que l’interprétation de la mesure puisse avoir du sens : plus la barre d’incertitude est grande et plus il est difficile d’interpréter une évolution du paramètre.**

|  |  |
| --- | --- |
| Paramètre | Intervalle de tolérance |
|  |  |
| Justification/calcul :  |
|  |  |
| Justification/calcul :  |

* **Réaliser les mesures des paramètres de sortie.**
* **Les renseigner dans le tableur fourni sous moodle.**
* **Renseigner la valeur des barres d’erreurs estimées.**
* **Tracer les courbes vous semblant pertinentes pour étudier l’évolution de l’état de surface et de la dépouille en fonction de la vitesse d’avance.**

# Analyse des résultats expérimentaux

Commentez l’évolution de l’état de surface en fonction de la pression pour chaque position de mesure (face du haut, centre, face du bas).

|  |
| --- |
|  |

Que peut on en déduire vis à vis du compromis temps de coupe/qualité ? Proposez des zones de classification des pressions vis à vis de la qualité de la surface et justifiez-les.

|  |
| --- |
|  |

Commentez l’évolution de la courbe de dépouille en fonction de la pression. Les résultats sont-ils conformes à ce que vous pouviez attendre ? Quel(s) essais supplémentaires faudrait-il réaliser ?

|  |
| --- |
|  |

Comparez vos résultats pour l’étude de l’état de surface en fonction de la pression avec le groupe travaillant en fonction de la vitesse ? Quel(s) lien(s) éventuel(s) peut-on faire entre ces deux séries de mesure et donc ces deux paramètres ?

Vous pourrez notamment vous appuyer sur les informations de la figure suivante :

Figure 5 : évolution de la vitesse de séparation en fonction de la pression pour une plaque en aluminium 2024 de 10mm d'épaisseur

|  |
| --- |
|  |

# Bilan – Lien paramètres entrée/sortie

Conclure sur le lien entre la pression et les paramètres de sortie (état de surface, dépouille) ?

Comment choisir la pression pour optimiser la fabrication d’une pièce (qualité de la découpe et temps de réalisation) ?

Comment l’épaisseur de la pièce découpée influe-t-elle vos conclusions ?

|  |
| --- |
|  |

# Mise en situation

Afin d’augmenter les capacités de production de l’atelier, on s’intéresse aux opportunités d’achat d’une nouvelle machine jet d’eau de plus faible capacité en termes de pression, donc moins onéreuse et plus simple à entretenir. La machine étudiée peut fournir une pression de 2000 bars maximum.

Compte tenu des données fournies ci-dessus sur les vitesses de séparation et en supposant que la qualité de découpe (état de surface et dépouille) est constante pour un pourcentage donné de vitesse de séparation, indiquer quelle sera la perte en termes de vitesse de découpe pour une machine à 2000 bars par rapport à la machine à 3800 bars

|  |
| --- |
|  |

Afin de comparer énergétiquement les deux procédés, il est proposé de comparer une estimation de leurs énergies spécifiques. Celle-ci sera calculée, de manière simplifiée, comme étant le ratio de la puissance hydraulique délivrée par la pompe sur le débit de matière enlevé par le jet, l’influence de l’abrasif étant considérée comme constante en fonction de la pression et donc négligée dans ce calcul comparatif. On prendra en compte les données complémentaires suivantes :

- la puissance hydraulique $P\_{h}$ se calcule comme le produit de la pression $p$ par le débit $Q$ de la pompe.

- un coefficient de perte de charge $C\_{d}$ de 0,7 sera considéré au niveau de la buse

- la buse générant le jet a un diamètre de 0,33 mm tandis que le jet en sortie de canon, après mélange avec l’abrasif, a un diamètre de 1 mm

Indiquer dans un premier temps l’estimation de la vitesse du jet, en m/s, pour la pompe de 2000 bars

|  |
| --- |
|  |

Calculer à partir de cette vitesse la puissance hydraulique, en kW de la pompe de 2000 bars :

|  |
| --- |
|  |

Enfin, estimer l’énergie spécifique des deux machines et estimer laquelle a la plus faible :

|  |
| --- |
|  |

Au regard des valeurs d’énergie spécifiques calculées, ce procédé vous paraît-il compétitif avec l’usinage par outil coupant pour faire de l’enlèvement de matière ?

|  |
| --- |
|  |

# Bilan énergétique et écologique du procédé/du TP

L’analyse du cycle de vie d’un produit modélise l’impact d’un produit sur l’environnement en prenant en compte toutes ses phases de vie.

Pour construire un modèle de son produit, il est nécessaire de disposer d’informations sur les matériaux le composant : d’où viennent-ils ? Comment ont-ils été produits, avec quels outils ? Quelles matières premières utilisent-ils ? Etc.

Des questions similaires se posent concernant les énergies utilisées, les transports mise en jeu, etc

La première étape d’une analyse du cycle de vie est donc d’inventorier les différents flux engendrés par la fabrication, l’usage et la fin de vie du produit. On parle d’inventaire du cycle de vie (ICV).[[2]](#footnote-2)

*Fig1. Inventaire des flux d’un cycle de production[[3]](#footnote-3)*

On se propose ici de réaliser un tel inventaire du process (usinage d’1m linéaire d’alliage d’aluminium d’épaisseur 10mm). On s’intéressera uniquement à la phase de vie d’usage, les autres phases de vie étant considérées comme négligeable dans le cadre industriel.

Dans un premier temps, essayer de lister simplement les flux.

Dans un second temps, essayer dans la mesure du possible de quantifier les flux, une discussion avec l’enseignant ou l’assistant ingénieur responsable de la plateforme (Alexandre Zelez) pourra être utile pour récolter certaines informations.

|  |  |
| --- | --- |
| Nature du flux | Quantification |
| Flux entrant |
|  |  |
| Flux Sortant |
|  |  |
| Rejets |
|  |  |
| Consommations |
|  |  |

1. <https://physique.ensc-rennes.fr/erreur_incertitude.php> [↑](#footnote-ref-1)
2. Manuel du logiciel [Bilan Produit de l’ADEME](https://base-impacts.ademe.fr/bilan-produit) [↑](#footnote-ref-2)
3. Manuel du logiciel [Bilan Produit de l’ADEME](https://base-impacts.ademe.fr/bilan-produit) [↑](#footnote-ref-3)