Journal of Advanced Research in Science and Technology
ISSN: 2352-9989

Contribution à l'étude tribologique d'endommagement des outils de coupes lors du tournage

Kacimi Noureddine [1*] and Tafraoui Ahmed [2]

[1] Université de Bechar BP.416 08000 Béchar Algérie
[2] Université de Bechar BP.416 08000 Béchar Algérie

Résumé. Dans le domaine de l'usinage, l'usure des outils de coupe conduit à une dégradation de la qualité de la pièce usinée, notamment en termes d'état de surface et de précision géométrique ainsi, il est important de disposer un critère permettant de suivre la dégradation d'un outil durant une opération d'usinage et donc de décider d'un changement éventuel d'outil. L'endommagement de plaquette de coupe permet de suivi des évolutions de l'usure lors d'une opération d'usinage.
Cette étude a pour objectif de définir un critère tribologique permettant de prédire la dégradation ultime d'un outil de coupe dans des opérations de coupe continue, et éventuellement en coupe interrompue dans la durée .L'usure de la plaquette génère des évolutions de sa géométrie et de son état de service.

Notre travail a pour but de suivre l'évolution de la température des plaquettes pendant l'usinage et l'état de surface usiné pour différents régimes et de voir l'influence de ces paramètres de coupe sur la température et sur la rugosité de la pièce usinée et définir à la limite un critère tribologique permettant de prédire la dégradation ultime des plaquettes des outils de coupe.

***Mots clés*:** *outil de coupe, usure, température, rugosité, plaquettes*

1. Introduction

dans le domaine de l'usinage, l'usure des outils de coupe conduit à une dégradation de la qualité de la pièce usinée, notamment en terme d'état de surface et de précision géométrique ainsi, il est important de disposer de critère permettant de suivre la dégradation d'un outil durant une opération d'usinage et donc de décider d'un changement éventuel d'outil. L'endommagement de plaquette de coupe permet de suivi des évolutions de l'usure lors d'une opération d'usinage. Ce travail a pour but de suivre l'évolution de la température des plaquettes pendant l'usinage pour différents régimes et de voire l'influence des paramètres de coupe sur la température.

© 2017 JARST. All rights reserved

* Corresponding author.
E-mail: Kaci1nour@yahoo.com (Kacini N.).
Address: Université de Bechar BP.416 08000 Béchar Algérie

2. Présentation du matériel pour l'expérimentation

2.1 Machine – outil utilisé

L'usinage a été réalisé sur un tour parallèle universel -Fig 1- C'est un tour universel de type SN50C, de puissance 6.6 KW, à une gamme de vitesse comprise entre 45 à 2000 tr/min . Le tour utilisé est adapté à l'usinage pour différentes duretés de matériaux, faible vibration en usinage et bonne rigidité.

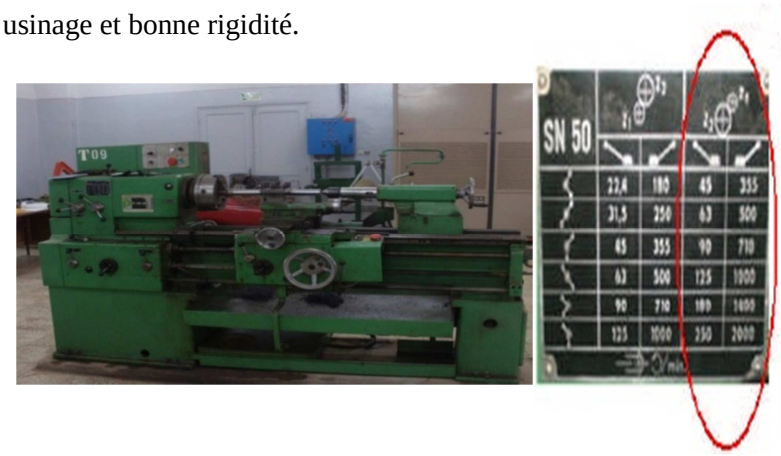


Fig 1 tour parallèle universel

2.2 Matière de l'outil de coupe

La plaquette utilisé doit supporter les contraintes d'usinage dues aux duretés de la pièce usinée . L'outil utilisé est un outil à charioter muni d'un dispositif de fixation de la plaquette par vis et d'une plaquette à quatre arrêtes tranchantes interchangeables en carbure métallique revêtu de nuance P20 ayant les caractéristiques suivantes :

Tableau 1 :caractéristiques mécaniques de la plaquette de l'outil de coupe[1]

Proprieties	*Masse volumique (kg · m-3)*	*Module d'élasticité (GPa)*	*Résistance à la rupture en flexion (MPa)*	*Dureté Vickers (HV30)*	*Coefficient de dilatation linéique* ($10^{-6}\mathrm{k}^{-1}$)	*Conductivités thermique à 20 °C* ($W \cdot m^{-1} \cdot \mathrm{k}^{-1}$	*Ténacité KIc* ($MPa \times\sqrt{m}$)
	10 000 à 11500	*530 à 550*	*1 000 à 5001*	*1 500 à 1700*	*6*	*35*	*10*

© 2017 JARST. All rightsreserved



Fig 2 Outil – plaquettes CNMG120408

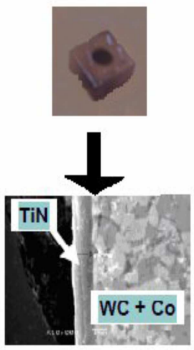


Fig 3 Structure des plaquettes utilisées. [2]

2.3 Matériau usiné

C'est une éprouvette cylindrique en acier doux A60 de longueur L = 500 mm et de diamètre ∅ 40mm Fig4. A60 est un acier ordinaire, correspond à des produits de grande consommation, moins onéreux, couramment employé dans la construction des édifiées et des ouvrages d'art soudés, rêvées et boulonnés (poutre, charpentes des grues, corps des récipients et des appareils charpentes des chaudières à vapeur [3].

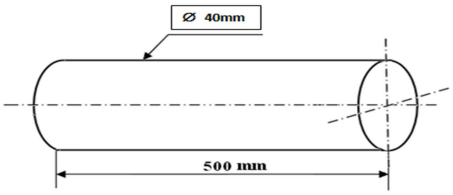


Fig. 4 éprouvette cylindrique en acier doux

Tableau 2 :composition chimique de l'acier A60 [3]

	C	S_i	M_n	P	S
A60	*0.40 %*	*0.15 %*	*0.55 %*	*0.07 %*	*0.05 %*

Tableau 3 : Caractéristiques mécaniques de l'acier A60 [3]

	R_e (N/mm^2)	R_m (N/mm^2)	*A %*	S_i
A60	*335*	*605*	*17*	*118*

2.4 Appareils des mesures utilisés

2.4.1 Appareil de mesure la température

L'appareil utilisé pour mesurer la température pendant l'usinage et un thermomètre à thermocouples portable de marque Hanna série 98804 Fig. 5 avec imprimante intégrée pour l'impression des

© 2017 JARST. All rightsreserved

résultats .IL est équipé d'un microprocesseur pour des prises de température précise, d'un afficheur LCD et possède également une mémoire pour mémoriser les données pour utilisation ultérieur .L'appareil possède 4 connecteurs pour le bronchement des sondes de température, et permettre toute fois l'affichage des différentes températures.

L'appareil permet aussi de transférer les données vers un PC (micro-ordinateur) via un transmetteur [4].

Remarque :

- L'instrument capable de mesurer les températures entre -50^0 c à 1200^0c
- Précision $\pm$ 0.5^0c



Fig. 5 Appareil de mesure la température (Thermomètre)
-Montage de l'appareillage –

2.4.2 Appareil de mesure la rugosité (Rugosimétre)

Le rugosimétre est un appareil portable de marque "MITUTOYO SJ -301 "utilisé pour identifier l'état de surface et mesurer la rugosité de surface usiné.

Cet appareil est composé d'un écran graphique LCD tactile et imprimante intégré contenant un rebond Fig. 6. Le fonctionnement de l'appareil est déterminé à partir de déplacement horizontal de détecteur sur la surface usinée, ce déplacement convertie en signaux électriques, ensuite les résultat sont affichés sur l'écran LCD de la rugosimétre .En fin imprimais ces résultat sur le rebond. La rugosimétre constitue aussi d'une carte mémoire intégré pour mémoriser les résultats et on peut analyser ces résultats avec un micro-ordinateur (PC) [4].

© 2017 JARST. All rightsreserved



Fig. 6.a Appareil de mesure la rugosité (Rugosimétre)

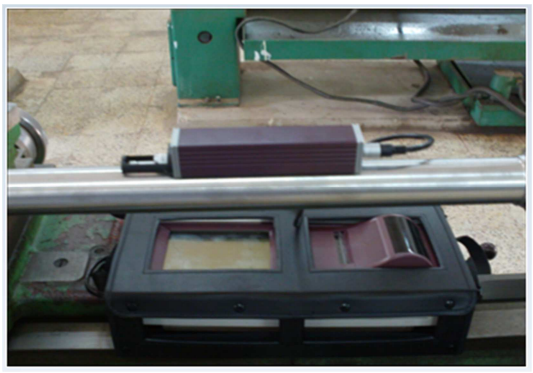


Fig. 6.b Rugosimétre (détecteur) sur la pièce usinée

2.4.3 Microscope

Le microscope utilisé est un microscope électronique pour agrandir les images et pour voir les différentes formes d'usure sur la face de plaquette Fig.7



Fig. 7.a Microscope électronique

3. Procédures des essais

Avant de commencer les essais expérimentaux, nous avons choisi une barre cylindrique de nuance A60, sur laquelle nous avons effectué des passes de dressage sur les deux faces et de chariotage pour éliminer les couches superficielles brutes et on a choisi le montage mixte sur le tour pour l'éprouvette.

Nous avons placé avec soin le dispositif de mesure de température, le thermomètre à thermocouple a été fixé sur un support à coté de la tourelle Fig.5 et on a implanté les thermocouples sous la plaquette amovible .Pendant l'usinage, l'outil de coupe, l'appareil de mesure et les files de thermocouple se déplacent avec le chariot longitudinal .

Lorsque, l'usinage est terminé nous arrêtons le thermomètre ensuite nous avons utilisé la rugosimétre pour mesurer la rugosité de la pièce usinée .Nous avons placé l'outil de mesure la rugosité (détecteur)

© 2017 JARST. All rightsreserved

sur la pièce et alimenté l'appareil et enfin imprimais les graphes et les résultats avec une imprimante intégré. Pour chaque essai d'usinage nous prenons trois mesures de rugosité

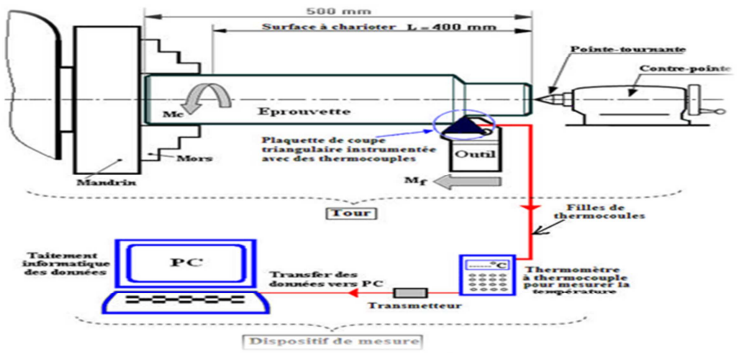


Fig 7.b Représentation schématique du dispositif de mesure la température

4. Plan d'expérience

Les essais de chariotage ont été réalisés avec les conditions de coupe d'après le plan d'expérience suivant :

Tableau 4 : plan d'expérience

	Vitesse de rotation (tr/min)	Avance (mm)	Profondeur de passe (mm)
Essai 1	90	0.88	0.25
Essai 2	90	0.88	1.00
Essai 3	90	0.96	0.25
Essai 4	90	0.96	1.00
Essai 5	355	0.88	0.25
Essai 6	355	0.88	1.00
Essai 7	355	0.96	0.25
Essai 8	355	0.96	1.00

5. Objectif de l'expérience

La température sur la face de coupe est le principal paramètre qui influencé sur l'usure de l'outil à travers des phénomènes tels que l'abrasion, l'adhésion et la diffusion .Elle joue un rôle pour déterminer la nature du frottement à l'interface et de changer de manière significative les propriétés physiques et mécanique des matériaux constituants l'outil. Lors de l'usinage, il apparait deux zones de frottement intense, frottement qui est responsable en grande partie de l'usure des outils .Les interfaces de

© 2017 JARST. All rightsreserved

frottement outil/copeau et outil / pièce sont les lieux d'élévations importantes de température et de contrainte. Dans cette étude expérimentale, nous avons touchés un ensemble des points :

Le premier point de cette partie expérimentale est basé sur l'étude de la température d'un outil de coupe à plaquette en carbure métallique revêtu à l'aide d'un thermomètre à thermocouple (fig.5) pour différents paramètres de coupe (N, f, a_p) pendant l'usinage à sec d'une éprouvette cylindrique de nuance A60.

Le deuxième point est basé sur l'étude de l'état de surface de l'éprouvette usinée à sec à l'aide d'une rugosimétre pour mesurer la rugosité de la pièce usinée. La troixème point c'est l'effet de la température sur la rugosité de la pièce usinée.

nous présentons tous les résultats obtenus sous forme des graphes montrant l'évolutions de la température en fonctions de temps sous l'effet des paramètres de coupe .Nous présentons aussi dans cette étude l'état de surface usinée sous forme des profiles, pour avoir l'effet des paramètres de coupe (N, f, a_p) sur l'état surface usinée.

6. Résultats et discussion

6.1 Effet des paramètres de coupe sur la température et sur le temps d'usinage

6.1.1 effet de la vitesse de rotation (N)

Suivant les graphes (Fig.8 et Fig.9) (l'essais 1/5 et l'essais 2/6) qui présentent l'évolution de la température en fonction de temps. Nous avons variés la vitesse de rotation de N =90 tr/min à N=355 tr/min et maintenu l'avance f à 0.88mm/tr et le profondeur de passe .Par exemple dans l'essai 01 et 05 (Fig.8) la profondeur de passe est de 0.25mm ,nous remarquons que la température est diminuée de 90.2°c à 61.3°c soit d'une variation de 32% .Par suite dans l'essai 02 et l'essai 06 (Fig.9) ou' nous avons passé à la profondeur de passe ap de 1mm ,la température est diminuée de 181.5°c à 151.2°c soit d'une variation 17%.

© 2017 JARST. All rightsreserved

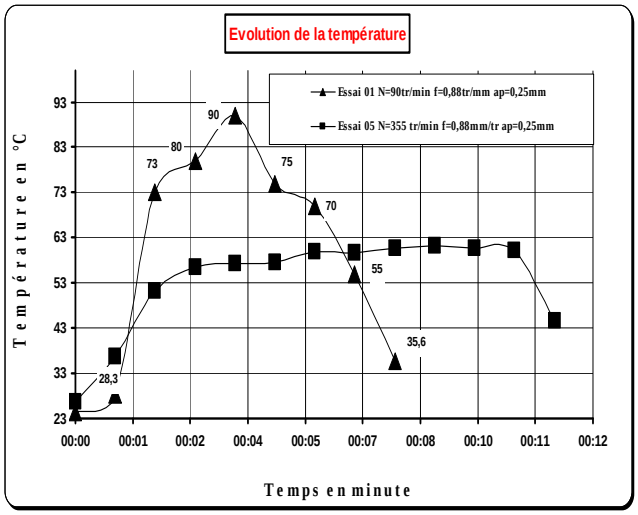


Fig.8 L'évaluation de température en fonction du temps (Essai 1/Essai 5)

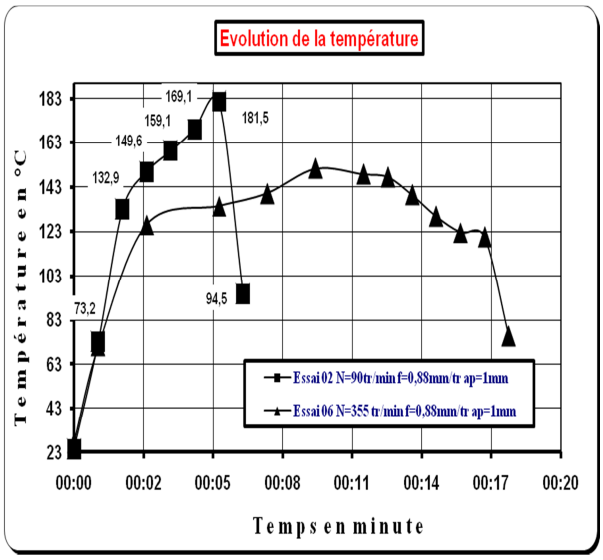


Fig.9 L'évaluation de température en fonction du temps (Essai 02/Essai06)

Si on passe maintenent à une avance de 0.96mm/tr et on varions toujours la vitesse de rotation de 90tr/min à 355tr/min (Fig.10 et Fig.11).Dans l'essai 03 et l'essai 07 (Fig.10) la profonduer de passe est de 0.25mm ,on note que la température est diminuée de 88.8°c à 60.2°c avec une variation de 32% ,et si on passons à la profondur de passe ap=1mm dans l'essais 04 et 08 (Fig.11) nous obsrvons que la température est diminuée de 151.9°c à 129.5°c avec une variation de 16%

© 2017 JARST. All rightsreserved

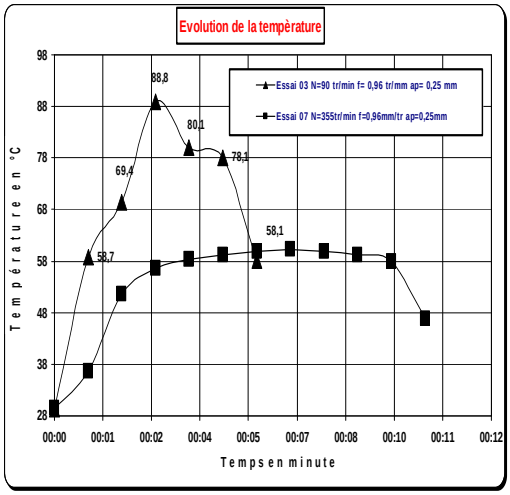


Fig.10 L'évaluation de température en fonction du temps (Essai 3 /Essai 7)

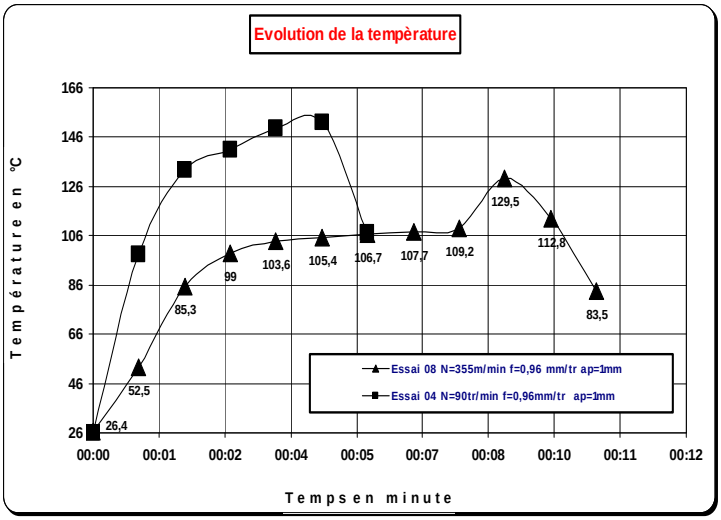


Fig.11 L'évaluation de température en fonction du temps (Essai 4 /Essai 8)

On remarque d'après les graphes présentent en dessus que l'augmentation de la vitesse de rotation (N) conduit à une diminution de la température dans toutes les essais.

Pour le temps d'usinage ; d'après le graphe (Fig.8) le temps d'usinage dans l'essai 01 est 4 minute et pour l'essai 05 est 9 minute ; on note qu'il y a une augmentation du temps d'usinage et d'après les graphes (Fig.9) qui présentent l'essai 2 ,6 le temps d'usinage est augmenté de 6 minutes jusqu'à 10 minutes

La même observation pour l'essai 3, 7 présentent dans (Fig.10) le temps d'usinage est augmenté de 3 minutes jusqu'à 7 minutes et dans le graphe (Fig.11) qui présentent les essais 4, 8 le temps d'usinage est aussi augmenté de 5 minutes jusqu'à 7 minutes. On remarque suivant tout les graphes présentent que l'augmentation de la vitesse de rotation conduit à une augmentation du temps d'usinage dans toutes les essais.

© 2017 JARST. All rightsreserved

6.1.2 effet de l'avance (f)

D'après les graphes (Fig.12 et Fig.13) qui présentent en dessous. Par exemple dans la figure (Fig.12)essai 01 et essai 03 nous avons fixés la vitesse de rotation N à 90tr/min et la profondeur de passe à 0.25mm et nous avons varié l'avance de f=0.88mm/tr à 0.96= mm/tr, nous avons observés une diminution de la température de 90.2°c à 88.8°c avec une variation de 2%.Si on passe à une profondeur de passe de 1mm (Fig.13 essai 02 /essai 04) la température est diminuée de 181.5°c à 151.9°c avec une variation de 17%.

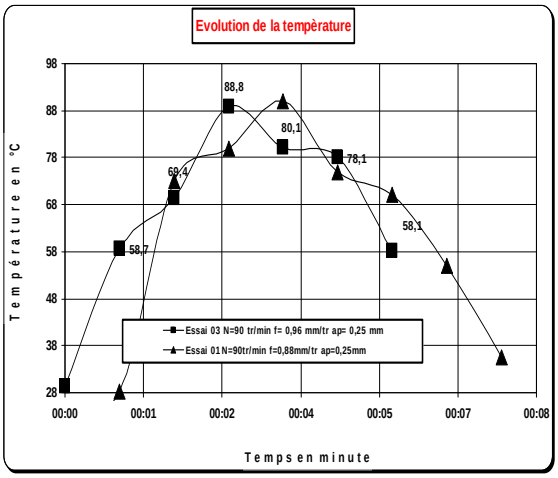


Fig.12 L'évaluation de température en fonction du temps (Essai 01/Essai3)

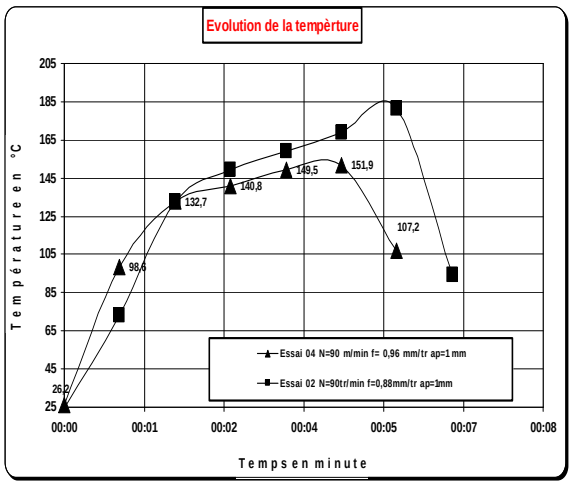


Fig.13 L'évaluation de température en fonction du temps (Essai 02/Essai 04)

et selon les figures (Fig.14 et Fig.15) ; nous avons fixés la vitesse de rotation N à 355 tr/min ,le profondeur de passe à 0.25mm et nous avons variés l'avance de 0.88mm/tr à 0.96mm/tr pour l'essai 05 et 07 (Fig.14)nous remarquons que la température est diminuée de 61.3°c à 60.2°c avec une variation

© 2017 JARST. All rightsreserved

de 2% , et si on passe à une profondeur de passe de 1mm pour l'essai 06 et 08 (Fig.15) la même observation nous avons marqué , il y a une diminution de la température de 151.2° à 129.5° avec une variation de 15%

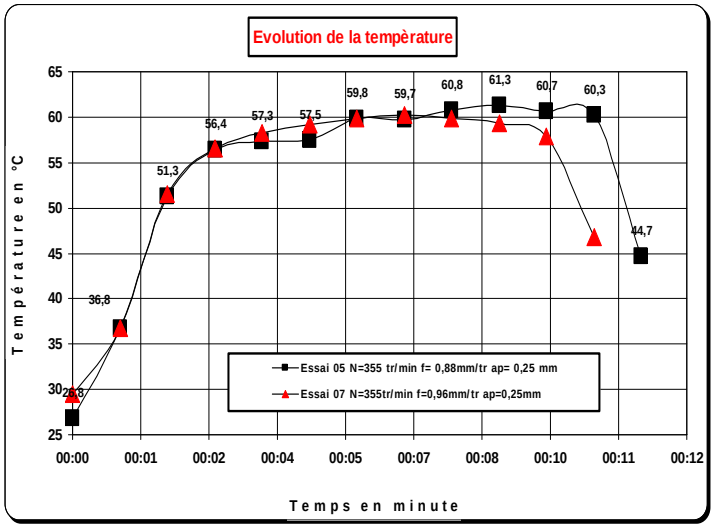


Fig.14 L'évaluation de température en fonction du temps (Essai 05/Essai 07)

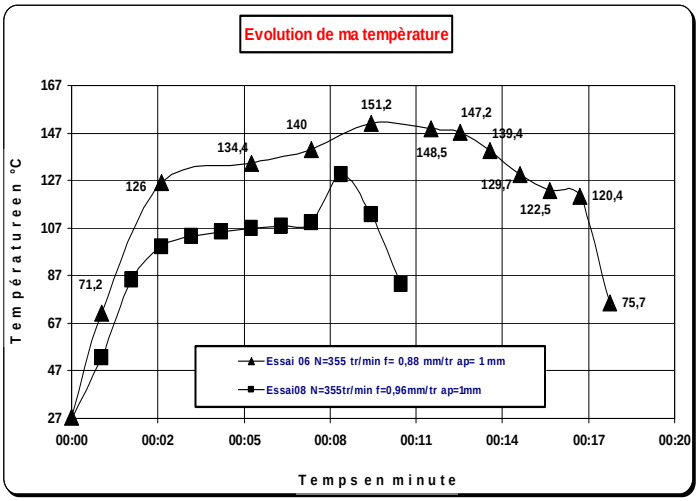


Fig.15 L'évaluation de température en fonction du temps Essai 06/Essai08

on conclue suivant les figures présentent en dessus que l'augmentation de l'avance de f=0.88mm/tr à f=0.96mm/tr conduit à une diminution de la température dans toutes les essais .Pour le temps d'usinage ; nous avons remarqués suivant les graphes présentent en dessus (Fig.12, Fig.13 , Fig.14 , Fig.15) que le temps d'usinage est diminuée dans toutes les essais. On note que l'augmentation de l'avance conduit à une diminution de temps d'usinage.

© 2017 JARST. All rightsreserved

6.1.2 effet de profondeur de passe a_p

Dans les essais 1 et 2 présentent dans les graphes (Fig.16) nous avons maintenu la vitesse de rotation N = 90tr/min et f= 0.88mm/tr et nous avons variés a_p de 0.25mm à 1mm, nous remarquons que la température augmente de 90.2°c à 181.9°c avec une variation de 100%,et si on passe à une avance de f=0.96mm/tr dans l'essai 03 /l'essai04 (Fig.17) la température augmentent de 88.8°c à 151.9°c avec une variation de 75%.

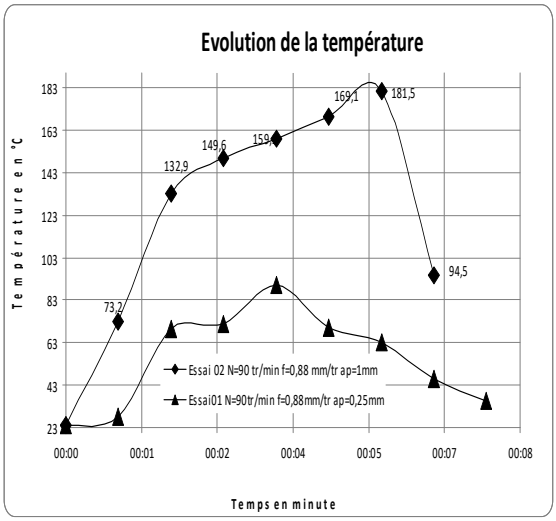


Fig.16 L'évaluation de température en fonction du temps (Essai 01/Essai02)

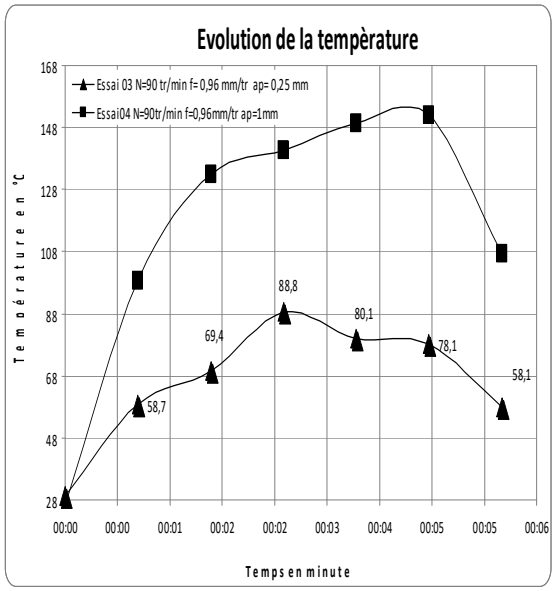


Fig.17 L'évaluation de température en fonction du temps (Essai 03/essai 04)

© 2017 JARST. All rightsreserved

Dans l'essai 5 et 6 présentent dans les graphes (Fig.18) nous avons fixé la vitesse de rotation N =355tr/min, l'avance f=0.88mm/tr et nous avons varions la profondeur de passe de 0.25 mm à 1 mm, on note une augmentation de température de 61.3° à 151.2° avec une variation de 150%

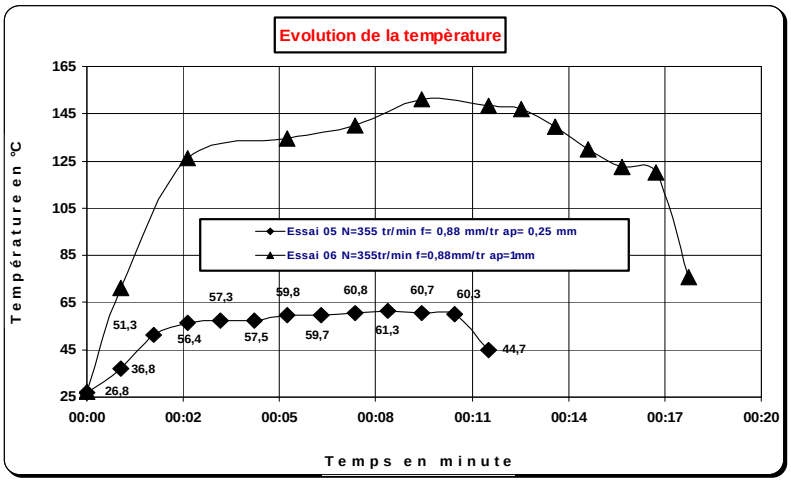


Fig.18 L'évaluation de température en fonction du temps (Essai 5/Essai 6)

Si on passe à une avance de f=0.96mm/tr et on varier l'avance de 0.25mm à 1mm pour l'essai 07 /l'essai 08 (Fig.19) on observe qu'il y a une augmentation de température de 60.2° à 129.5 avec une variation de 100%.

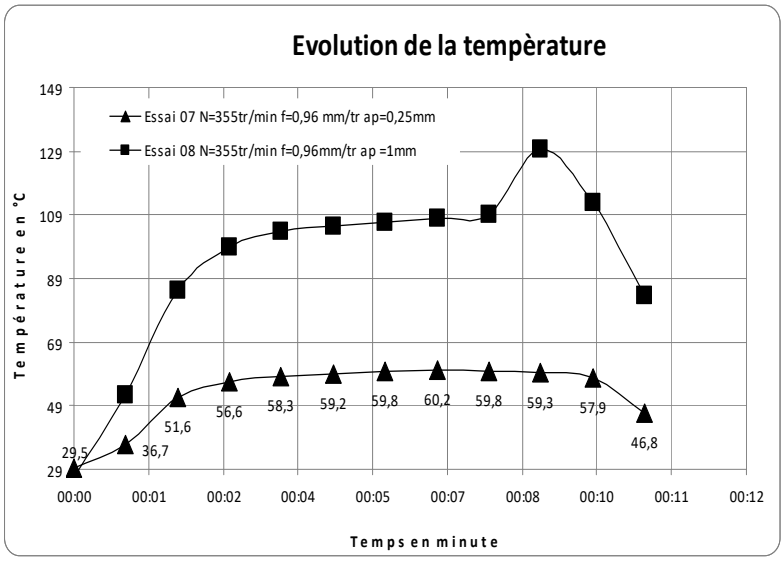


Fig.19 L'évaluation de température en fonction du temps (Essai 7 /Essai 8)

On observe d'après les graphes obtenus en dessus que l'augmentation de la profondeur de passe conduit à une augmentation de la température dans tous les essais. Pour le temps d'usinage ; suivant les graphes présentent(Fig.16- , Fig.17 , Fig.18, Fig.19) nous remarquons que le temps d'usinage est

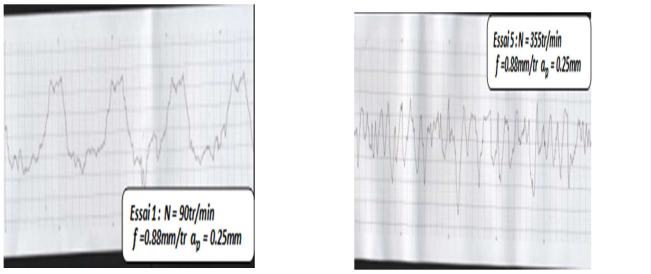
© 2017 JARST. All rightsreserved

augmenté dans toutes les essais On conclue d'après les figures présentent on dessus que l'augmentation de la profondeur de passe conduit à une augmentation du temps d'usinage.

6.1 L'effet des paramètres de coupe sur l'état de surface usinée

6.2.1 effet de (N)

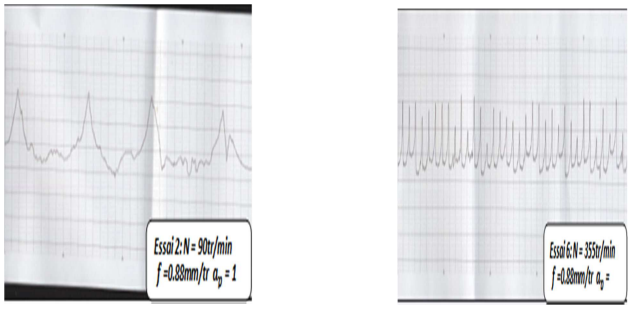
Suivant les graphes (Fig.20) qui présentent les mesures de la rugosité nous avons maintenu l'avance à 0.88 mm/tr et la profondeur de passe à 0.25mm et nous varions N de 90tr/min à 355 tr/min on remarque que la rugosité de la pièce est diminuée de R_a =16.71 µmm à R_a =2.68 µmm



R_{amoy} =16.71 µmm R_{amoy} = 2.68 µmm

Fig.20 Profil de surface usinée (Essai01/Essai05)

Si on passe à une profondeur de passe de 1mm pour l'essai 02 et 06 (Fig 21), on note que la rugosité de la pièce usiné est diminuée aussi de 16.92 µmm à 3.76 µmm



R_{amoy}=16.92µm Ramoy=3.76 µmm

Fig.21 Profile de surface usinée (Essai02/Essai06)

Et dans l'essai 3 et 7 présentent dans les graphes (Fig.22) nous avons maintenu f=0.96mm/tr et a_p = 0.25mm et on varier N de 90tr/min à 355tr/min on observe une diminution de la rugosité de R_a =13.69 µmm à R_a =1.04 µmm

© 2017 JARST. All rightsreserved

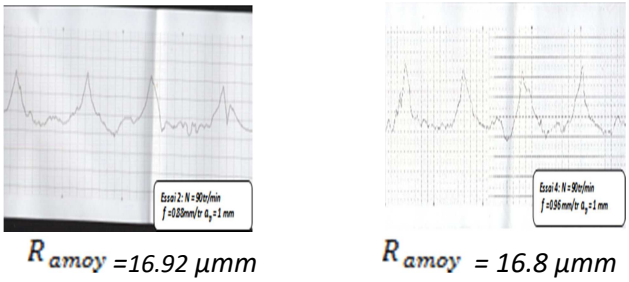


Fig.25 Profil de surface usinée (Essai02/Essai04)

Pour l'essai 5 et 7 présentons dans les graphes (Fig.26) nous maintenu la vitesse de rotation à 355tr/min et le profondeur de passe à 0.25mm et on varier f de 0.88mm/tr à 0.96mm/tr nous remarquons toujours *une diminution de la rugosité de* R_a *=2.68 µmm à* R_a *=1.04 µmm*

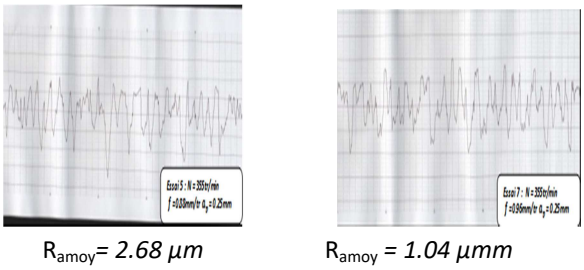


Fig.26 Profil de surface usinée (Essai05/Essai07)

Si on passe à une profondeur de passe de 1 mm (Fig.27)pour l'essai 06 et l'essai 08 on note la même remarque qu'il y a une diminution de la rugosité de 3.76 µmm à 3.62 µmm

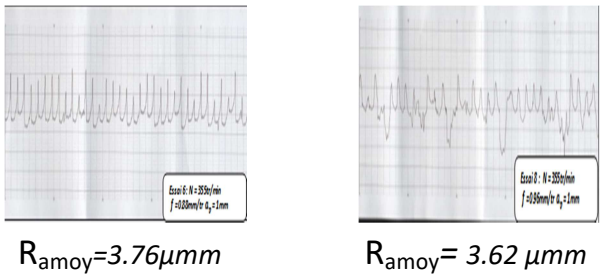


Fig.27 Profile de surface usinée (Essai06/Essai08)

Nous avons conclu suivant les graphes présentent en dessus que l'augmentation de l'avance f conduit à une diminution de la rugosité du surface usinée

6.2.3 effet de la profondeur de passe (ap)

Suivant l'essai 1 et 2 présentent dans les graphes (Fig.28) nous avons maintenu la vitesse de rotation N =90tr/min et l'avance f=0.88mm/tr ; et on varier la profondeur de passe de 0.25mm à 1 mm, nous observons que la rugosité augmentent de 16.71 µmm à 16.92 µmm

© 2017 JARST. All rightsreserved

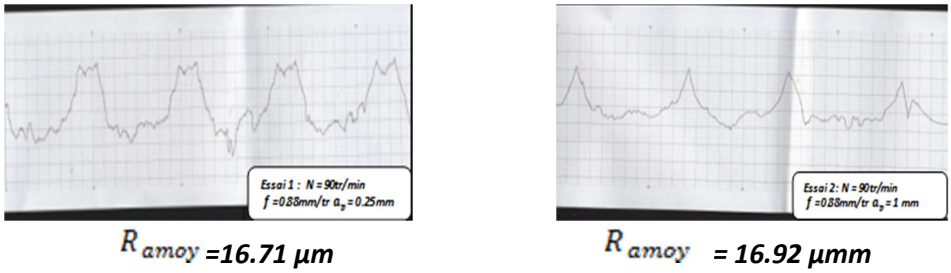


Fig.28 Profil de surface usinée(Essai01/Essai02)

Cette fois, on varier l'avance de 0.88 mm/tr à 0.96 mm/tr, pour l'essai 3 et 4 (Fig.29) et on maintenu N=90tr/min et si on passe de a_p =0.25mm à a_p =1mm , on observe que la rugosité est augmentée de 13.69 µmm à 16.8 µmm .

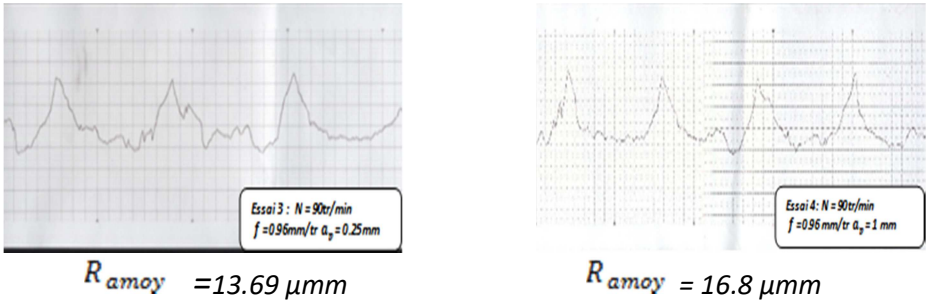


Fig.29 Profil de surface usinée(Essai03/Essai04)

la même observation marquer pour l'essai 5 et 6 présentent dans les graphes (Fig.30), il y a une augmentation de la rugosité de 2.68 µmm (essai 5 ; N=355tr/min ,f= 0.88mm/tr et ap=0.25) à 3.76 µmm (essai 6 ;N=355tr/min ,f= 0.88mm/tr et ap=1mm).

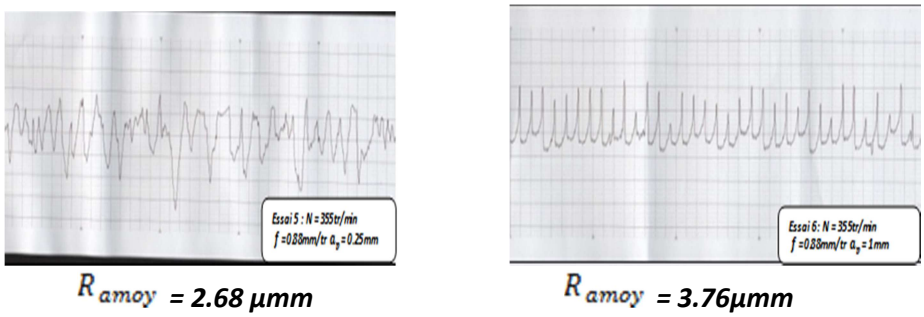


Fig.30 Profile de surface usinée(Essai05/Essai06)

Et selon les figures (Fig.31) qui présentent l'essai 7 et 8, nous avons maintenu la vitesse de rotation à 355tr/min et l'avance à 0.96m/tr et varier la profondeur de passe de 0.25mm à 1 mm, nous observons toujours une augmentation de la rugosité de 1.04 µmm à 3.62 µmm.

© 2017 JARST. All rightsreserved

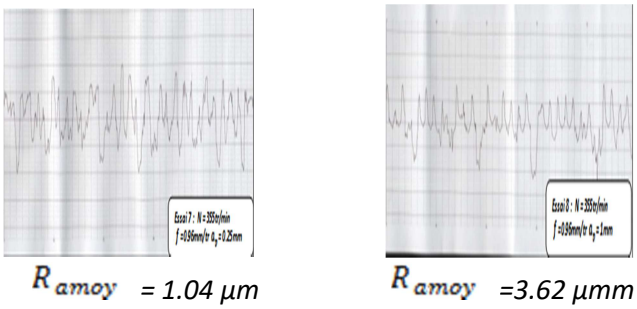


Fig.31 Profil de surface usinée (Essai07/Essai08)

Nous conclurons suivant les graphes présentent en dessus que l'augmentation de la profondeur de passe conduit toujours à une augmentation de la rugosité.

6.3 effet de la température sur R_a

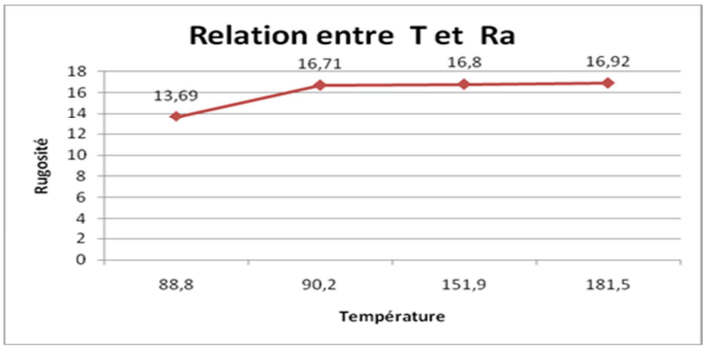


Fig 32 évaluation de Ra en fonction de T° pour N= 90tr/min

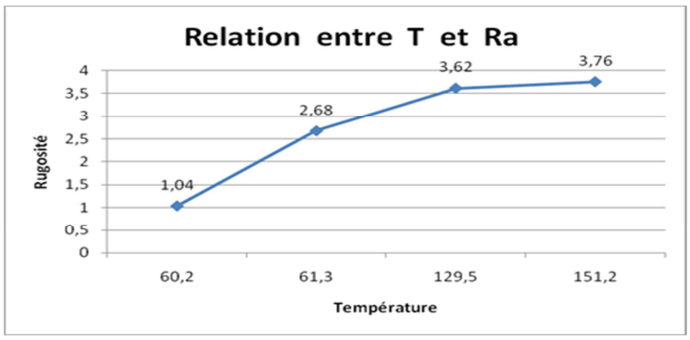


Fig 33 évaluation de Ra en fonction de T° pour N= 355tr/min

7. Conclusion

A travers notre étude ; on peut conclure que l'outil de coupe (les plaquettes) est un facteur principal dans le domaine de l'industrie et notamment si les plaquettes des outils de coupe sont revêtu avec des couches superficielles qui sont constitués des matériaux très durs. Pour cela ; notre étude est faite pour chercher un régime de coupe pour minimiser la rugosité et l'usure afin d'améliorer l'état de surface usiné, augmenté la durée de vie de l'outil et évité l'endommagement rapide des outils de coupe.

© 2017 JARST. All rightsreserved

A travers les résultats obtenu, nous avons essayé de chercher la combinaison des différents paramètres de coupe qui nous permis d'approcher un bon état de surface usiné avec un temps d'usinage et température acceptable afin de définir un paramètre permettant de suivre la dégradation ultime d'un outil de coupe dans des opérations de coupe continue.

Selon la recherche bibliographique, la température généré suite au différent régime de coupe est un facteur tribologie important dans la dégradation de l'outil de coupe suivant l'augmentation des paramètres de coupe(N ,f , ap) , mais pour notre étude les outils utilisé sont revêtu et la température généré entre l'outil et la pièce est diminué suivant l'augmentation de la vitesse de rotation (N) et l'avance (f) , et le temps d'usinage est un facteur essentiel pour prédire l'état de surface usinée et la dégradation de l'outil de coupe.

Nous avons conclu d'après nos expériences que :

- L'augmentation de la vitesse de rotation (N) et l'avance (f) conduit à une diminution de la température générée -comparaison par les outils non revêtu- à cause du revêtement des plaquettes
- L'augmentation de la profondeur de passe conduit à une augmentation sévère de la température
- L'augmentation de la vitesse de rotation (N) et la vitesse d'avance (f) conduit à une diminution de la rugosité et l'augmentation du profondeur de passe (ap) conduit à une augmentation de la rugosité.
- Dans la même vitesse de rotation(N) ; l'augmentation de la température conduit à une augmentation de la rugosité c.-à-d. une dégradation de l'outil de coupe.

Bien que cette étude est un plus dans le domaine d'usinage pour comprendre l'effet de la température sur la dégradation de l'outil et l'état de surface et l'utilisation des revêtements pour protégé les plaquettes et diminuer l'effet de la température. Toutefois il reste des perspectives à voir :

- L'analyse à l'aide de la Méthode des éléments finis (MEF) pour trouver un modèle numérique correspondant aux expérimentations.
- L'effet de lubrification sur la diminution de la température et sur la rugosité
- Définir des paramètres de coupe optimale pour une bonne production

8. Références

[1] François BAGUR. "Matériaux pour outils de coupe". www.techniques-ingenieur.fr .2012

[2] Hamadi Billel. " Etude des revêtements durs et applications sur outil de coupe». Université MENTOURI Constantine.2010

[3] Elhadi Abdelmalek" Influence des paramètres mécanique lors de l'endommagement par les phénomènes tribologiques des couples des matériaux (XC48/XC55)et A60/XC55 " Université de M'sila.2006 .

[4] Benaissa Abdelaziz." contribution à l'étude tribologique d'endommagement des outils de coupes " Université Bechar 2011.

© 2017 JARST. All rightsreserved