

INFLUENCE DES VARIATIONS DE TEMPÉRATURE SUR LA PRÉCISION DE VISÉE D'UN APPAREIL OPTIQUE MONTÉ SUR L'ARME AUTOMATIQUE

Virgil TUDOSE¹, Marius CÎRMACI², Horia GHEORGHIU³

Se prezintă un studiu privind influența asupra preciziei de ochire a unui aparat optic montat pe o armă automată individuală, a câmpului de temperatură rezultat din încălzirea țevii în timpul tragerii automate. S-a elaborat un model de calcul numeric, utilizat în cadrul analizelor termice, rezultatele evidențind modificări diferite ale preciziei de ochire, în funcție de materialul structurii mecanice a dispozitivului: duralumin și oțel. S-au formulat concluzii privind posibilitatea utilizării celui mai convenabil dintre cele două materiale.

On présente une étude de l'influence de la différence de température résultée comme suite du tir automatique sur la précision de visée d'un appareil optique monté sur une arme automatique. L'analyse thermique a été réalisée par calcul numérique pour un modèle de la structure mécanique de l'appareil, ce qui a mené aux valeurs des déplacements produits par les dilatations, différentes pour deux matériaux analysés: duralumin et acier. On a formulé des conclusions concernant la possibilité d'utilisation du matériau le plus convenant.

The paper presents a study of the influence of the temperature difference ensued as a result of automatic fire on the accuracy of sight of an optical device mounted on an automatic weapon. Thermal analysis was carried out by numerical calculation for a model of the mechanical structure of the device, which led to the values of displacements produced by expansion, for two different materials analyzed: duralumin and steel. It made findings concerning the possible use of the material most suitable.

Keywords: optical device, accuracy of the weapon, automatic fire

1. Introduction

Par la reprojection de quelques repères, quelque soit leur destination, on suit l'augmentation de la compétitivité des produits, aussi bien que la diminution des couts de production. Le choix du matériau dont il suit de réaliser le repère est déterminant, tant pour la qualité du produit, que pour les couts nécessaires pour

¹ PhD Student, Faculty of Engineering and Management of Technological Systems, University POLITEHNICA of Bucharest, Romania, e-mail: tudose_virgil@yahoo.com

² Lecturer, Military Technical Academy of Bucharest, Romania

³ Prof., Faculty of Engineering and Management of Technological Systems, University POLITEHNICA of Bucharest, Romania

son obtention. Spécialement pour le cas du choix d'un nouveau matériau pour l'exécution des repères dont les performances en exploitation sont validées pour un autre matériau, il est nécessaire de considérer tous les phénomènes qui peuvent altérer les conditions d'un bon fonctionnement.

La littérature de spécialité [1] fournit des données pour les phénomènes liés à l'échauffement du canon de l'arme pendant le tir automatique. A l'extérieur du canon, la température augmente, en principe, vers les 200°C, grâce à la combustion de la poudre et au frottement entre le bullet et les cloutés du canon.

Le phénomène d'échauffement d'un repère en matériau métallique, comme c'est le cas du canon, mène à sa déformation. Ainsi, quelques caractéristiques de l'arme peuvent être compromises.

Le même raisonnement peut être appliqué pour le cas de l'appareil de visée installé sur l'arme. Puisqu'il est placé au-dessus de la chambre des mécanismes et vers la première partie du canon (Fig.1), la chaleur dégagée par le canon peut produire des déformations des sous-ensembles de fixation de l'appareil de visée.



Fig. 1. Ampliation de l'appareil de visée.

Le but de cette étude est d'analyser l'influence de ces possibles déformations sur la précision de visée de l'appareil optique installé sur une arme automatique. A titre d'exemple on a choisi l'appareil Mira Reflex.

2. Considérations théoriques

2.1. Échauffement du canon de l'arme

L'échauffement du canon est non-uniforme, tant dans le plan longitudinal, que dans le plan transversal. Certainement, la température du canon augmente avec l'augmentation du nombre des bullets tirés en régime de feu automatique.

Un calcul approché de la variation de température après le premier coup montre que pour le mouvement de translation du bullet, 30% de l'énergie du boullet est consommée, pendant que 10% est consommée pour le chauffement du canon. Si l'on note par E_g l'énergie des gaz provenue par la combustion de la poudre, alors:

c'est le pourcentage de l'énergie des gaz consommée pour le mouvement de translation du boullet, $E_0 = \frac{mv_0^2}{2}$ c'est son énergie cinétique (m et v_0 sont sa masse et sa vitesse initiale). Le pourcentage de l'énergie qui mène à l'échauffement du canon est:

$$e_t = \frac{E_t}{E_g} \cdot 100, \quad (2)$$

où E_t c'est l'énergie thermique, tel que

$$E_t = e_t E_g / 100 = e_t \frac{E_0}{e_0}. \quad (3)$$

Compte tenu de l'équivalent mécanique de la chaleur, on obtient:

$$Q_t = \frac{e_t}{e_0} \frac{E_0}{427}, \text{ parce que } Q_t = \frac{E_t}{427}. \quad (4)$$

Après le premier coup, la température du canon sera:

$$\Delta t_1 = \frac{Q_t}{\lambda G} = \frac{e_t}{e_0} \cdot \frac{E_0}{427 \lambda G}, \quad (5)$$

où λ est le coefficient de conductivité thermique et G est le poids du canon.

Par cette méthode pareille, on peut calculer la température moyenne du canon après un certain nombre de tirs.

Les déformations qui peuvent affecter la précision de visée de l'appareil sont, pratiquement, des dilatations thermiques de ses parties constituantes. Ainsi, les déformations produites par la température élevée du canon dépendent du coefficient de dilatation thermique du matériau des sous-ensembles qui sont soumis au flux de chaleur. La dilatation thermique est plus élevée pour un matériau avec un coefficient de dilatation thermique plus élevé (par exemple, plus élevée pour les pièces en duralumin, en comparaison à celles en acier).

2.2. Schéma optique de l'appareil de visée. Influence des déformations thermique sur la précision de tir.

L'appareil de visée optique analysé fait partie de la catégorie des viseurs à réticule virtuel [2]. La figure 2 présente le schéma du dispositif de visée optique et la manière dont les déformations thermiques des pièces de fixation sur l'arme peuvent influer sur la position de l'axe optique, induisant des erreurs dans la détermination de cibles.

La diode (1) délivre un faisceau de lumière (2), qui passe à travers un réticule (4), se reflète dans la lentille (3) et est perçue par l'œil du tireur (6), comme point à être fixé sur la cible (8). L'axe optique (7), donnée par le faisceau réfléchi est parallèle à l'axe du canon (11). Le support (5) est fixé sur l'arme, grâce à des composants (9) qui sont sous l'influence d'un flux de température, donnée par l'échauffement du canon (10). En couleur verte est représenté l'ensemble de

fixation déformé non – uniformément et la position où le canon sera dirigé, le moment où le tireur superpose le point perçu par son œil sur la cible.

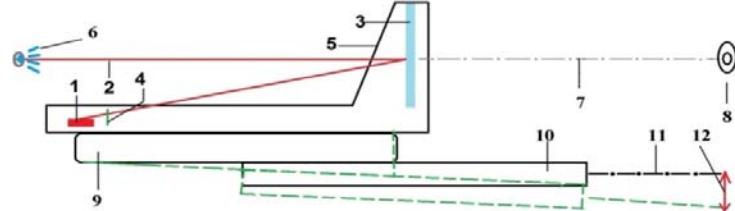


Fig. 2. Schéma optique de l'appareil de visée et l'erreur produite par la dilatation thermique des pièces de fixation.

Ainsi, le parallélisme entre l'axe optique et l'axe du canon de l'arme est perdu et la trajectoire de la balle n'est plus celle qui étaient désirée, ce qui représente une erreur de visée (12).

2.3. Précision de tir des armes

L'une des modalités utilisées dans la littérature de spécialité dans le but d'évaluer les résultats du groupage réalisé par une arme à feu, fait appel à la notion de la MOA, abréviation anglaise de la notion de minutes d'angle [3].

Un MOA c'est la longueur de l'arc du cercle de rayon R et qui correspond à un angle au centre d'une minute.

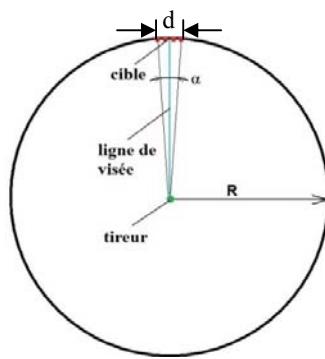


Fig. 3. Expression de la précision en MOA.

Si la distance jusqu'à la cible représente le rayon R d'un cercle et si entre les centres des trous faits par les balles il y a une distance maximale d , qui est considérée comme un arc de cercle (Fig. 3), alors on peut calculer l'angle au centre de cet arc en minutes avec la relation (6).

—
où 21600 représente le nombre des minutes d'un angle plein.

Ainsi, pour un cercle de rayon $R=100$ m, (distance de tir) la longueur du cercle est 628,32 m et un MOA sera égal à 0,029m.

Le diamètre du point du réticule pour le dispositif optique de visée est une de ses caractéristiques et elle est contenue dans les spécifications techniques. Fondamentalement, la précision de tir est limitée par la dimension du point du réticule.

3. Détermination par calcul numérique de l'erreur de visée provenue de l'échauffement du canon

Pour étudier l'influence de la température sur la précision de visée on a réalisé des analyses thermiques de la structure du dispositif optique, fait en duralumin (solution constructive préférée) et en acier (solution ancienne).

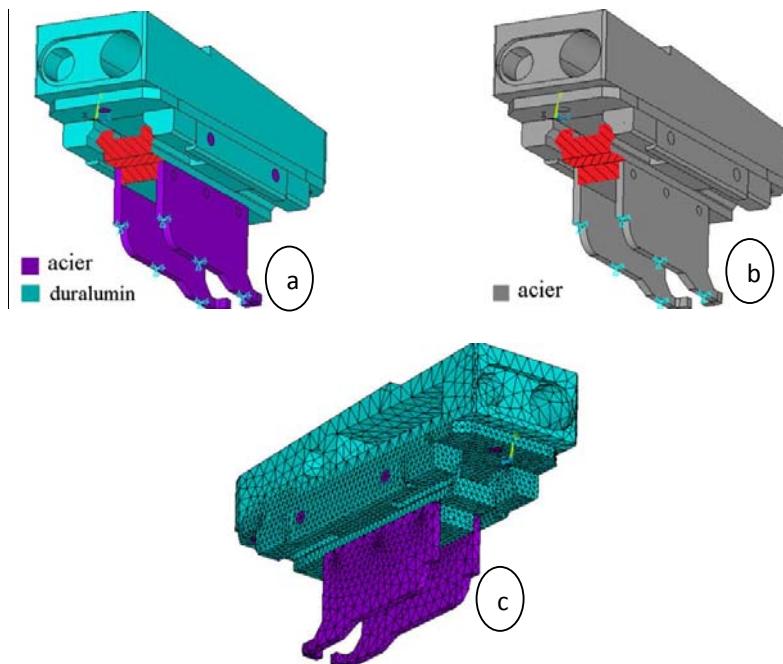


Fig. 4. Modèles de calcul (a et b) et discréétisation de la structure (c).

Les géométries utilisées pour l'analyse sont présentées dans la figure 4. Pour le calcul numérique on a utilisé le module d'analyse thermique du logiciel ANSYS. Le modèle de calcul a 225.479 nœuds et 151.260 éléments de type SOLID 95 [4].

L'analyse thermique a été réalisée en régime stationnaire, dans les conditions suivantes:

- Comme charge, on a imposé la température de 100 °C pour les zones rouges dans les figures 4.a et 4.b;
- la température ambiante (la référence) est de 20 °C;
- la structure a été considérée comme un seul corps;
- coefficient de conductivité thermique de l'acier – $\lambda_{ol} = 20 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$;

- coefficient de conductivité thermique du duralumin – $\lambda_{al} = 230 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$;
- coefficient de dilatation thermique de l'acier – $\alpha_{ol} = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$;
- coefficient de dilatation thermique du duralumin – $\alpha_{al} = 2,2 \cdot 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$;
- les constantes thermiques des matériaux ont été considérés comme invariantes pour l'analyse, dans le domaine des variations de température considéré [5].

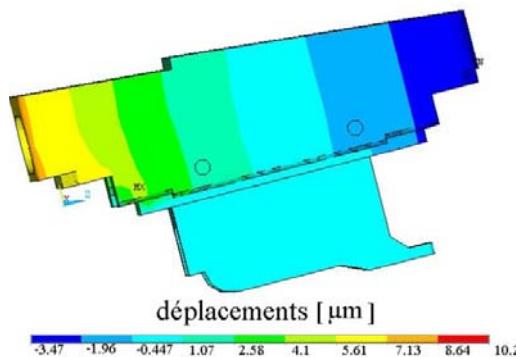


Fig. 5. Carte des déplacements suivant l'axe Y pour la structure en duralumin.

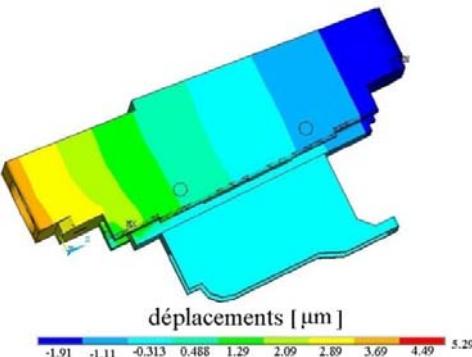


Fig. 6. Carte des déplacements suivant l'axe Y pour la structure en acier.

4. Résultats

Pour le calcul de l'erreur de visée ont suivi les déplacements suivant l'axe Y (vertical) des deux noeuds de l'axe longitudinal du support du dispositif de visée avec 103,33 mm distance entre eux. La ligne déterminée par les deux noeuds est parallèle à l'axe optique.

Les deux noeuds sont passés à différentes distances verticales, ce qui signifie que le support de l'appareil ne se trouve plus dans une position parallèle à l'axe horizontal du canon, après la dilatation produite par la variation de température, tel qu'il est montré dans les captures de la figure 7.

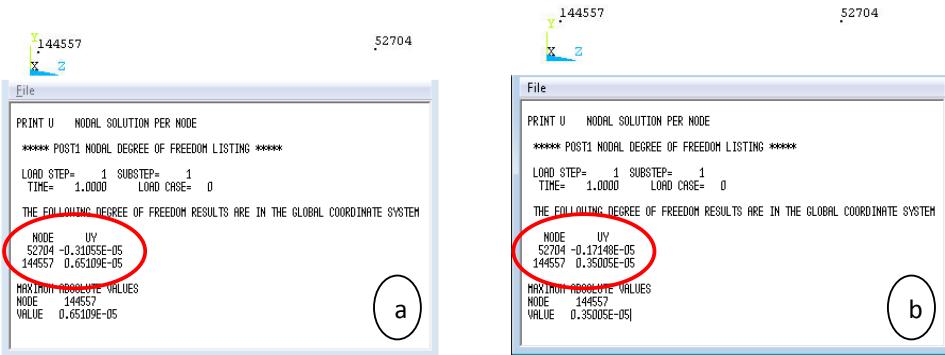


Fig. 7. Nœuds considérés et valeurs des déplacements suivant Y : a – duralumin, b – acier.

Les valeurs des déplacements des nœuds pris en considération sont données dans le tableau 1, en μm .

Tableau 1.

Déplacements des nœuds considérés [μm]

Matériau	No. nœud	144557	52704
Duralumin		6,512	-3,106
Acier		3,501	-1,715

Pour le calcul de l'erreur de tir introduite par la dilatation des pièces de fixation du système de visée, on calcule la distance sur la verticale entre les deux points, en obtenant ainsi l'inclinaison de l'axe optique.

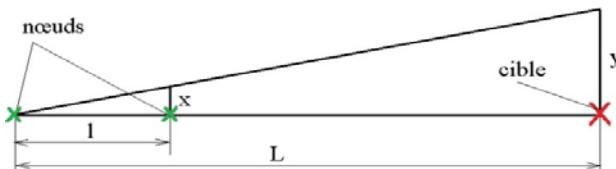


Fig. 8. Détermination de l'erreur.

Pour la distance $l = 103,33 \text{ mm}$ entre les nœuds, on a calculé la différence sur la verticale entre eux : $x = 9,618 \mu\text{m}$ pour le duralumin et, pour la distance jusqu'à la cible $L=100\text{m}$, on obtient une erreur de visée (Fig. 8):

Pour l'acier, cette erreur est:

5. Conclusions

Les résultats obtenus ci-dessus permettent les suivantes appréciations:

1. Étant donné que les armes automatiques ont des précisions plus faibles qu'un MOA, ce qui est considéré dans la littérature de spécialité comme limite entre une bonne et une faible précision du groupage de tir [6], les erreurs calculées pour la dilatation thermique par les relations (7) et (8) ne sont pas significatives. Pour 100 mètres, 1 MOA représente 29,1 mm.

Le dispositif étudié, à son tour, ne peut fournir une précision de visée de un MOA, puisque ca c'est la dimension du point réticule.

2. Bien que l'erreur calculée pour les pièces en duralumin est presque le double à celle calculée pour l'acier, elle est encore très faible par rapport à la précision du tir d'une arme, ce qui signifie que l'utilisation du duralumin a la place de l'acier ne tire pas des erreurs significatives au ciblage.

3. L'étude présentée se rapporte uniquement au comportement de l'appareil de visée. Elle ne concerne pas l'influence sur la précision du tir résultée de la variation de température du canon.

B I B L I O G R A P H I E

- [1] *I. Marinescu, S. Verbencu*, Mecanism de armament automat (Mechanisms of automatic weapons), Editura Militară, Bucureşti, 1973
- [2] *** www.opto-technologies.com
- [3] *** <http://riflestocks.tripod.com/moa.html>
- [4] *** ANSYS Tutorials
- [5] *A. Hadăr, I. N. Constantinescu, H. Gheorghiu, E. C. Cotet*, Modelare si modele pentru calculul în ingineria mecanică (Modelling and calculation models for mechanical engineering), Editura Printech, Bucureşti, 2007
- [6] *** <http://world.guns.ru/sniper-e.html>