



El
de

Départ

de la

1

**USURE DES TUBES DE GENERATEURS DE VAPEUR :
RESULTATS D'ESSAIS A HAUTE TEMPERATURE SUR
MACHINE AECL**

***FRETTING WEAR OF STEAM GENERATOR TUBES :
HIGH-TEMPERATURE TESTS ON AECL RIG***

Référence

Origine :

Numéro d

Titre :

Auteurs :

Source :

Serial :

Référence

Nombre de



*Direction des Etudes
et Recherches*

*Service Information
Prospective et Normalisation*

CLAMART Le 04/10/94

*Département Systèmes d'information
et de documentation*

*Groupe Exploitation
de la Documentation Automatisée*

1, avenue du Gal de Gaulle
92141 CLAMART Cedex
tel : 47 65 56 33

BAT 526
CEN SACLAY
MIST/SBDS/SPRI
MIST-SDEM-SBI

91191 GIF SUR YVETTE CEDEX

à l'attention de :

MEMOIRE TECHNIQUE ELECTRONIQUE

Cette feuille est détachable grâce à la microperforation sur le coté droit.

Référence de la demande : **F486714**
Origine : **AVIS DE PARUTION NORMES E**

Votre commande :

Numéro du document : **94NB00010**

Titre : **USURE DES TUBES DE GENERATEURS DE VAPEUR : RESULTATS D'ESSAIS A
HAUTE TEMPERATURE SUR MACHINE AECL**

Auteurs : **GUEROUT F./ZBINDEN M.**

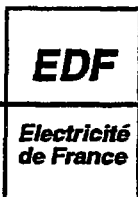
Source : **COLL. NOTES INTERNES DER. PRODUCTION D'ENERGIE (HYDRAULIQUE, THE**
Serial :

Référence du document : **SANS**

Nombre de pages: **0008**

Nombre d'exemplaires : **001**

Support : **P**



Direction des Etudes et Recherches

SERVICE RÉACTEURS NUCLÉAIRES ET ECHANGEURS
Département Mécanique et Technologie des Composants

Juillet 1993

GUEROUT F.
ZBINDEN M.

**USURE DES TUBES DE GENERATEURS DE
VAPEUR : RESULTATS D'ESSAIS A HAUTE
TEMPERATURE SUR MACHINE AECL**

***FRETTING WEAR OF STEAM GENERATOR
TUBES : HIGH-TEMPERATURE TESTS ON AECL
RIG***

Pages : 8

94NB00010

Diffusion : J.-M. Lecœuvre
EDF-DER
Service IPN, Département SID
1, avenue du Général-de-Gaule
92141 Clamart Cedex

© Copyright EDF 1994
ISSN 1161-0611

SYNTHÈSE :

La DER a entrepris une étude de l'usure des tubes de générateurs de vapeur en Alliage 600 par contact avec des corps migrants. Les essais ont été menés au Canada à l'AECL (Atomic Energy of Canada Limited) dans le cadre d'une mission. Quatre types de configurations ont été envisagés : d'une part le contact du tube GV dans un alésage qui sert de pièce antagoniste de référence, d'autre part trois types de contacts tube/support qui correspondent aux cas de l'usure des tubes par une baguette de soudure, par une tige fileté et par une pièce présentant une arête vive. L'étude est complétée par des essais d'usure d'un tube GV contre un autre tube GV bouché rompu.

EXECUTIVE SUMMARY :

The R & DD has undertaken the study of fretting-wear of Alloy 600 S.G. tubes which occurs by contact with migrating items. The test series was performed in Canada at AECL Research (Atomic Energy of Canada Limited) as part of an exchange program. Four types of configuration were envisaged : a tube-to-drilled hole support contact which provides reference results and three types of tube-to-support contacts which simulate the tube fretting-wear induced by a welding rod, a threaded rod and a knife-edge rod support. This program is completed by the study of the contact between a S.G. tube and a neighbouring S.G. tube which has been broken after plugging.

USURE DES TUBES DE GENERATEURS DE VAPEUR RESULTATS D'ESSAIS A HAUTE TEMPERATURE SUR MACHINE AECL

F. GUEROUT, M. ZBINDEN

Appartenance : EDF/DER/MTC

1. INTRODUCTION

Au niveau du circuit secondaire, les phénomènes d'usure affectent essentiellement les tubes de générateurs de vapeur par contact avec les barres antivibratoires, les corps migrants, les tubes bouchés rompus, les plaques entretoises et entre grands cintres.

Des essais réalisés à haute température (286°C) sur une machine AECL en collaboration avec les Canadiens ont été menés pour caractériser l'usure par corps migrants et par un tube bouché qui se serait rompu. L'étude, initiée à la demande de l'E.P.N. a pour but de discriminer suivant leur géométrie les corps migrants agressifs qu'il convient d'extraire en priorité des générateurs de vapeur. Le programme d'essai doit aussi révéler dans quelle mesure les coefficients d'usure caractérisent un couple de matériaux dès lors que les géométries de contact sont très variées.

Quatre types de configurations ont été envisagés : d'une part le contact d'un tube GV dans un alésage qui sert de pièce antagoniste de référence, d'autre part trois types de contacts tube/support qui correspondent aux cas de l'usure des tubes par une baguette de soudure, une tige filetée et une pièce présentant une arête vive. L'étude est complétée par des essais d'usure d'un tube GV contre un autre tube GV bouché rompu.

Les coefficients d'usure K sont dérivés de la loi d'Archard. Ils sont calculés en normalisant la cinétique d'usure \dot{V} (basée sur une mesure de volume usé par pesée) par une "puissance d'usure" \dot{W} qui caractérise l'énergie dissipée dans le contact $K = \frac{\dot{V}}{\dot{W}}$.

Pour faciliter la comparaison des effets de géométrie, tous les supports représentatifs des corps migrants ont été réalisés en acier inoxydable 304 L.

Des résultats obtenus dans les mêmes conditions mais pour des tubes en alliage 800, qui est le matériau de tube GV utilisé au Canada, sont fournis à titre de comparaison.

2. ESSAI DE REFERENCE

Des capteurs de forces haute température sont utilisés pour la première fois à l'occasion de cette campagne d'essai. Aucun coefficient d'usure calculé à partir de mesures de forces à haute température n'étant disponible pour le contact tube alliage 600/support alésé en acier 304 L,

deux essais sont menés avec cette configuration pour disposer de résultats de référence. Le mouvement orbital qui combine impacts et glissements conduit à un mécanisme d'usure adhésive du tube caractéristique de l'Alliage 600 [2]. Les coefficients d'usure obtenus pour les deux essais sont respectivement $5,6 \cdot 10^{-15} \text{ Pa}^{-1}$ et $5,8 \cdot 10^{-15} \text{ Pa}^{-1}$. Il faut souligner la bonne reproductibilité des résultats.

3. USURE PAR CORPS MIGRANTS

3.1. Contact tube GV/baguettes de soudure en acier 304 L

Le mouvement s'apparente à un battement du tube contre deux portions de baguettes de soudure en regard. La trace d'usure observée sur le tube révèle la présence d'un troisième corps amalgamé pour les deux essais réalisés. Les débris sont essentiellement composés de précipités de carbonitrides de titane anormalement concentrés qui se seraient déchaussés du matériau du tube puis réincrustés en fond de trace du fait de leur grande dureté. Les coefficients d'usure obtenus pour ce type de contact sont respectivement $5,3 \cdot 10^{-15} \text{ Pa}^{-1}$ et $15,3 \cdot 10^{-15} \text{ Pa}^{-1}$.

3.2. Contact tube GV/tige filetée en acier inoxydable 304 L

L'examen des traces d'usure sur les tubes révèle à nouveau la présence de débris amalgamés composés d'acier en provenance de la tige filetée et de carbonitrides de titane comme pour le cas précédent. La géométrie particulière de la pièce antagoniste (filets) conduit à des taux d'usure élevés surtout durant la phase d'accommodation des surfaces. Les coefficients d'usure obtenus, respectivement $50,4 \cdot 10^{-15} \text{ Pa}^{-1}$ et $55,7 \cdot 10^{-15} \text{ Pa}^{-1}$ sont dix fois supérieurs à ceux obtenus pour les essais de référence.

3.3. Contact tube GV/pièce en acier inoxydable 304 L présentant une arête vive

La géométrie particulière du support conduit à un endommagement plus en profondeur. Le coefficient d'usure obtenu est faible. Il est comparable à celui obtenu pour l'essai de référence $K = 3,45 \cdot 10^{-15} \text{ Pa}^{-1}$. La profondeur usée est localement très importante.

3.4. Influence de l'effet de forme de la pièce antagoniste

Les résultats montrent que le coefficient d'usure calculé à partir des volumes usés n'est pas adapté à la comparaison des effets de géométrie des supports. En effet, des résultats identiques ont été obtenus pour des usures réparties très différemment, l'une affectant localement le tube en profondeur, l'autre l'affectant en surface sur toute la périphérie. La profondeur usée apparaît comme le paramètre crucial en ce qui concerne la durée de vie des tubes. Un coefficient S dit "coefficient d'endommagement" est introduit. La cinétique d'usure est calculée en divisant la profondeur usée par la durée d'essai. Cette valeur est normalisée par la puissance d'usure :

$$S = \frac{\dot{d}}{\dot{W}} \quad (\text{en } \mu\text{m/J}).$$

Les résultats obtenus (voir tableau 1) permettent de distinguer deux classes de géométries de supports : les géométries qui présentent initialement un contact de type surface/surface (tube/alésage) et les géométries qui présentent initialement un contact ponctuel (tube/corps migrants).

La phase de rodage plus ou moins longue du fait d'un état de surface particulier (tige filetée par exemple) conduit à des coefficients d'endommagement un peu plus élevés (voir tableau 1).






3.5. Comparaison Alliage 600 - Alliage 800

Les deux alliages diffèrent de par leurs compositions chimiques : l'Alliage 600 est majoritaire en nickel, l'Alliage 800 contient plus de fer. Par contre, les caractéristiques mécaniques et les duretés spécifiées sont proches. Il est intéressant de noter que le comportement vis-à-vis de l'usure est en fait très similaire. Les coefficients d'usure et d'endommagement obtenus sont du même ordre dans les deux cas.

4. USURE D'UN TUBE GV PAR CONTACT AVEC UN TUBE BOUCHE ROMPU

Le support utilisé (en Alliage 600) présente quatre portions de tube GV en regard du tube à tester. Ce contact entre deux matériaux de même nature conduit à des coefficients d'usure très élevés, respectivement $251 \cdot 10^{-15} \text{ Pa}^{-1}$ et $116 \cdot 10^{-15} \text{ Pa}^{-1}$. Les résultats obtenus sont en accord avec d'autres coefficients obtenus dans les mêmes conditions par l'AECL et KWU [3].

TABLEAU 1 - COMPARAISON DES COEFFICIENTS D'USURE ET DES COEFFICIENTS D'ENDOMMAGEMENT POUR LES DIFFERENTES GEOMETRIES DE SUPPORT

Type de contact	Géométrie	K (10^{-15} Pa^{-1})	S ($10^{-3} \mu\text{m} / \text{J}$)
Tube Alliage 600 Alésage 304L		5,7	0,2
Tube Alliage 600 Baguette de soudure 304L		10,3	4,4
Tube Alliage 600 Tige filetée 304L		53	6,9
Tube Alliage 600 Arête vive 304L		3,4	4,4
Tube Alliage 600 Tube Alliage 600		183	2,7

5. CONCLUSION

La répartition variable des volumes usés suivant le type de contact, correspondant à des profondeurs usées plus ou moins importantes mais parfois à des coefficients d'usure identiques, nous a conduit à introduire un coefficient S, appelé coefficient d'endommagement. La comparaison de ces coefficients pour différents types d'antagonistes aboutit à une répartition en différentes classes des configurations géométriques suivant la nature initiale du contact (ponctuel, linéaire ou surfacique).

L'usure des tubes en Alliage 600 se caractérise par un mécanisme d'usure adhésive qui favorise l'apparition de troisièmes corps, le plus souvent constitués de débris en provenance de l'antagoniste mais aussi de précipités de carbonitrides de titane provenant du tube. Enfin, les résultats révèlent une similitude de comportement de l'Alliage 600 et de l'Alliage 800 vis-à-vis de l'usure.

REFERENCES

- [1] F. GUEROUT and N. J. FISHER - Validation of a high temperature fretting wear force measurement system.
HT.22/92-05 A. ET. FRET 38. 1992.
- [2] P. J. HOFMANN and N. WIELING - Tribological Behavior of High Alloy Corrosion Resistant Steels and Hard Alloys undergoing Oscillating Sliding Friction at 20 and 300 degrees, Wear, 65, pp. 89-102. 1980.
- [3] J. GUINOT - Etude Bibliographique des Travaux Expérimentaux menés sur l'usure par impacts glissements : influence des principaux paramètres.
HT.22/89-22 A. 1989.