CALCUL

DE LA

SURFACE DE CHAUFFE DES TUBES FOYERS

TYPE FOX

PAR

Noël DESSARD

Ingénieur

Directeur des travaux des Charbonnages de Wérister

Dans la construction des chaudières du type Cornouailles, on réalise souvent les premières viroles des tubes-foyers en tôle ondulée.

Ce système présente sur les tubes cylindriques les avantages connus d'augmenter la surface de chauffe et d'offrir à l'affaissement une résistance plus grande pour une même épaisseur de tôle et un même diamètre moyen.

Le type d'ondulation le plus généralement employé est celui qui est composé d'une suite d'arcs de cercles, c'est-à-dire le type Fox.

Il peut y avoir quelque intérêt à calculer exactement et rapidement la surface de chauffe d'un tel tube.

C'est le but de cette note.

Considérons la méridienne d'un tube Fox :

Soit R, le rayon moyen du tube ;

r, le rayon des ondulations ;

$2c$, la corde d'une ondulation ;

l, la longueur du tube.

Nous pouvons décomposer cette méridienne (fig. 1) en tronçons analogues à ABC. La ligne ABC est, elle-même, formée de deux arcs de cercle AB et BC.

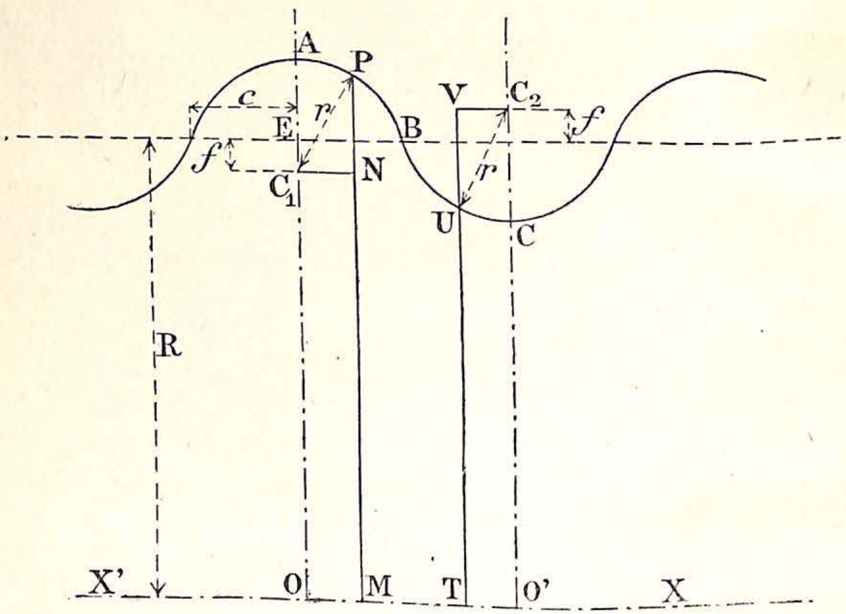

Fig. 1.

Nous devons estimer les surfaces de chacune des portions de tore engendrées par ces arcs.

Pour calculer la surface S_1 produite par la révolution de la courbe AB, prenons deux axes perpendiculaires AO et OX et considérons un élément ds au point P dont les cordonnées sont :

$$y = MP \quad \text{et} \quad x = OM$$

on a

$$S_1 = 2\pi \int_A^B y\, ds$$

Remplaçons dans cette expression y et ds par leurs valeurs respectives :

$$y = MN + NP = (R-f) + \sqrt{r^2 - x^2} \qquad \text{(I)}$$
$$ds = \sqrt{dx^2 + dy^2}$$

Or de l'équation (I) on tire :

$$dy = -\frac{x\, dx}{\sqrt{r^2 - x^2}}$$

donc

$$ds = \sqrt{dx^2 + \frac{x^2\, dx^2}{r^2 - x^2}} = \frac{r\, dx}{\sqrt{r^2 - x^2}} \qquad \text{(II)}$$

Il vient pour la valeur de S_1 :

$$S_1 = 2\pi \int_o^c \left[(R - f) + \sqrt{r^2 - x^2} \right] \frac{r\, dx}{\sqrt{r^2 - x^2}}$$

$$= 2\pi r (R - f) \int_o^c \frac{dx}{\sqrt{r^2 - x^2}} + 2\pi r \int_o^c dx$$

$$= 2\pi r (R - f) \text{ arc sin. } \frac{c}{r} + 2\pi r c \qquad \text{(III)}$$

Pour calculer la surface S_2 produite par la révolution de l'arc B C prenons les deux axes rectangulaires C O' et O' X' et considérons encore un élément ds au point U dont les coordonnées sont :

$$y = TU \text{ et } x = O'T$$

on a

$$S_2 = 2\pi \int_C^B y\, ds$$

Dans cette expression

$$y = \mathrm{T\,V} - \mathrm{V\,U} = (\mathrm{R} + f) - \sqrt{r^2 - x^2}$$

et $d\,s$ a la même valeur que dans l'expression de S_1 c'est-à-dire :

$$d\,s = \frac{r\,d\,x}{\sqrt{r^2 - x^2}}$$

d'où

$$\mathrm{S}_2 = 2\,\pi \int_0^c \left[(\mathrm{R} + f) - \sqrt{r^2 - x^2} \right] \frac{r\,d\,x}{\sqrt{r^2 - x^2}}$$

$$= 2\,\pi\,r\,(\mathrm{R} + f)\ \text{arc sin.}\ \frac{c}{r} - 2\,\pi\,r\,c \qquad \text{(IV)}$$

La surface du tronçon considéré est donc :

$$\mathrm{S}_1 + \mathrm{S}_2 = 2\,\pi\,r\ \text{arc sin.}\ \frac{c}{r} \times 2\,\mathrm{R}$$

$$= 2\,\pi\,\mathrm{R} \times 2\,r\ \text{arc sin.}\ \frac{c}{r}$$

Nous pouvons admettre que la longueur du tube est composée de $\frac{l}{2c}$ tronçons analogues à celui qui vient d'être calculé. La surface totale du tube est donc :

$$\mathrm{S} = 2\,\pi\,\mathrm{R}\,l \times \frac{r}{c}\ \text{arc sin.}\ \frac{c}{r}$$

c'est-à-dire $\quad \mathrm{S} = \mathrm{K}.\ 2\,\pi\,\mathrm{R}\,l.$

La surface du tube ondulé est donc égale à la surface du cylindre moyen multipliée par un coefficient

$$\mathrm{K} = \frac{r}{c}\ \text{arc sin.}\ \frac{c}{r}$$

Calcul de K.

Remarquons que arc sin. $\frac{c}{r}$ représente le nombre qu'on obtient en comparant la longueur de l'arc qui a pour sinus $\frac{c}{r}$ c'est-à-dire A B $^{m}/_{m}$ à la longueur du rayon r $^{m}/_{m}$.

La valeur du coefficient peut donc s'écrire :

$$\mathrm{K} = \frac{r}{c} \times \frac{\mathrm{A\,B}}{r} = \frac{\mathrm{A\,B}}{c}$$

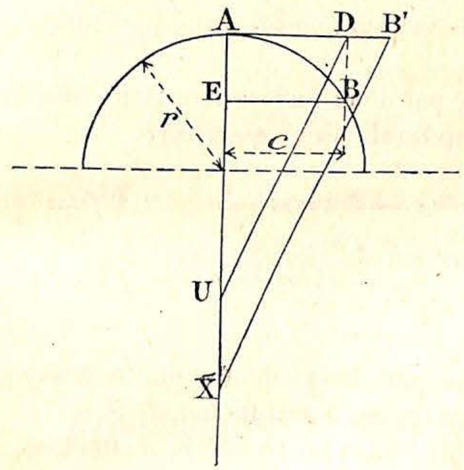

Fig. 2.

ce qui se ramène à une simple division qu'il est préférable de faire graphiquement Pour cela, dessinons une demi - circonférence avec le rayon des ondulations r (fig. 2). En traçant la demi-corde E B, on détermine l'arc A B.

Rectifions cet arc sur la tangente en A B'. Reportons c en A D. Sur la normale adoptons une longueur A U comme unité, soit n millimètres. Menons B' X parallèle à D U. Mesurons A X, soit m millimètres.

On obtient : $\quad \mathrm{K} = \frac{m}{n}.$

Exemple :

$\mathrm{R} = 0^{m}75$; $2\,c = 75$ $^{m}/_{m}$; $r = 45$ $^{m}/_{m}$; $l = 2^{m}30$

$\mathrm{S} = 2\,\pi\,\mathrm{R}\,l \times \mathrm{K}$

$= 10.84 \times \mathrm{K}.$

Dans l'estimation graphique de K nous prenons A U = 100 millimètres. Alors X = 120 millimètres. Donc $K = \frac{120}{100} = 1.2$

$$S = 10.84 \times 1.2 = 13 \text{ mètres carrés.}$$

Remarque.

La formule trouvée ne s'applique rigoureusement qu'au cas où le tube se termine à un bout par une ondulation convexe et à l'autre par une ondulation concave. Dans ce cas, en effet, il se compose d'un nombre entier de tronçons analogues à A B C.

Si le tube est terminé par deux ondulations convexes, la surface trouvée sera trop faible d'une quantité :

$$E_1 = S_1 - S_2 = 4\pi r c - 2\pi r \arcsin \frac{c}{r} \times 2f =$$

$$4\pi c\left(r - f\frac{r \arcsin \frac{c}{r}}{c}\right) = 4\pi c\,(r - f\mathrm{K})$$

Si le tube est terminé par deux ondulations concaves, cette quantité est, au contraire, à retrancher de S.

Dans l'exemple cité plus haut on trouve $E_1 = 0m^2 007$.

On voit que, dans la pratique, on pourra appliquer simplement la formule trouvée sans faire intervenir aucun terme de correction.

Romsée, juin 1911.