

TECHNIQUE DE REFRIGERATION

1. NOTION DE FATIGUE THERMIQUE

En dehors des contraintes mécaniques dues à la pression des gaz et aux efforts d'inertie (mouvements du piston), les parois de la chambre de combustion sont soumises à:

Des contraintes par dilatations gênées.

Une pièce métallique dont la température passe de T_0 à T_1 n'est soumise à aucune contrainte si elle est libre de se dilater dans toutes les directions. Si la dilatation est gênée, la pièce va se déformer dans une direction restée libre.

Des contraintes thermiques.

Sur une même pièce métallique, une répartition inégale de la température crée des tensions internes.

La contrainte thermique est proportionnelle à:

- La différence de température entre parois (gradient thermique).
- L'épaisseur de la paroi.

2. LE REFROIDISSEMENT FORCE

Fonctions principales:

- Limiter les températures de fonctionnement à des valeurs compatibles avec la résistance des matériaux.
- Éviter ou limiter les fatigues thermiques.
- Conserver à l'huile de graissage ses qualités lubrifiantes.

Le refroidissement s'impose, mais ne doit pas être trop important.

Conséquences d'une réfrigération trop importante:

- Augmentation des contraintes thermiques.
- Augmentation de l'usure, due à un mauvais graissage.
- Augmentation de la corrosion interne par condensation de l'anhydride sulfurique contenue dans le gazole.
- Diminution du rendement.
- Mauvais fonctionnement du moteur.

Pour éviter ces problèmes nous respectons un certain taux de réfrigération.

3. TAUX DE REFRIGERATION

Le taux de réfrigération est le rapport entre la quantité de chaleur prélevée et celle fournie.

$r = Q_2/Q_1$, avec:

- Q_2 : chaleur prélevée par le fluide réfrigérant.
- Q_1 : chaleur fournie par la combustion et les frottements mécaniques.

$r = 0,3$ pour un moteur 4 temps, $r = 0,2$ pour un moteur 2 temps.

La quantité de chaleur prélevée sera fonction du débit et de la température du fluide réfrigérant pour un flux thermique donné (Φ).

Définition du flux thermique:

Le flux thermique est la quantité de chaleur transmise à travers une paroi par unité de temps et par unité de surface.

Il dépend principalement de la différence de température entre les 2 parois et de la nature de la paroi (coefficient de transfert),

4. ETUDE DES FLUIDES REFRIGERANTS

Les qualités demandées à un fluide réfrigérant sont:

- Incongelable aux températures les plus basses d'utilisation.
- Point d'ébullition le plus élevé possible
- Faible volatilité aux températures d'utilisation pour éviter les pertes.
- Faible viscosité à toutes températures.
- Coefficient d'échange le plus élevé possible (chaleur massique élevée).
- Stabilité chimique aux températures d'utilisation.
- Neutre ou inactif sur les métaux et joints du circuit.
- Approvisionnement et stockage facile.

5. LES FLUIDES REFRIGERANTS

L'air

Il peut être employé comme fluide réfrigérant principal sur des moteurs de faible cylindrée (<120 mm d'alésage) ou de faible puissance (<200 kw), moteur uniquement réfrigéré à l'air du type diesel-air Alstom (remorqueur côtier, base à terre).
Employé comme fluide réfrigérant secondaire, Pour la réfrigération indispensable de la chambre de combustion lors du croisement de soupapes.

Avantages:

- Simplicité des circuits
- Légèreté
- Température de fonctionnement élevé
- Rapidité de mise en marche.
- Consommation spécifique faible
- Moins d'usure
- Moins d'entretien

Inconvénients:

- Consommation d'huile élevée
- Puissance limitée
- Très bruyant
- Sensible aux variations de t° de l'air

L'huile de graissage

Employé comme fluide réfrigérant principal sur moteur dont la partie inférieure (bloc cylindre) est réfrigérée par l'huile et les culasses par air (DEUTZ/MWM)
Elle est employée comme fluide réfrigérant complémentaire pour les articulations et des pistons (évacuation d'environ 4% de la chaleur)

L'eau douce

Utilisé en circuit fermé, c'est le circuit d'eau HT

Avantages:

- Chaleur massique élevée
- Faible viscosité
- Points de congélation et d'ébullition intéressants

Inconvénient:

- L'eau n'est pas inactive sur les matériaux. (corrosion)

L'eau de mer

Utilisé en circuit ouvert, c'est le circuit d'eau BT
L'eau BT réfrigère l'eau HT, l'huile et l'air de suralimentation.
Sur certaines installations, l'huile et l'air de suralimentation sont réfrigérés par l'eau HT.

Le gazole

Le gazole réfrigère le système d'injection

6. DIFFERENTS PHENOMENES D'ATTAQUE DES MATERIAUX

L'érosion

Effet mécanique de laminage dû à la vitesse de l'eau et au profil du circuit, ce phénomène apparaît surtout aux coudes prononcés, aux sectionnements et aux coudes.

- **Aspect du phénomène:**
Traces lamellaires ou tourbillonnantes caractéristiques
- **Remède:**
Tracé des collecteurs, joints appropriés.

La cavitation

C'est le brusque passage de l'état liquide à l'état gazeux, dû à une chute brutale de la pression.
Ce phénomène se produit dans les zones où les vibrations à haute fréquence sont les plus importantes (haut de chemises, rouet de pompe).

- **Aspect du phénomène:**
Petites piqûres très profondes, à bords francs et exemptes de dépôts dont l'appellation est «Pitting»
- **Remède:**
Pour éviter ce phénomène, il faut s'éloigner de la courbe de vaporisation en pressurant le circuit (la pression est d'environ 1 bar à froid)

La corrosion.

La corrosion galvanique.

C'est un phénomène d'électrolyse du à la formation d'une différence de potentiel (ddp) entre deux matériaux différents, ou entre deux états de surface différents d'un matériau de même nature

- **Aspect du phénomène:**

Petite piqûres peu profondes, irrégulières avec traces de dépôt.

- **Remède:**

Pour éviter ce phénomène on diminue les ddp en employant dans les circuits (collecteurs et pompes) des alliages élaborés, on évite également d'avoir trop de matériaux différents. De plus on diminue l'action électrolytique du liquide par l'emploi d'eau distillé et le traitement de cette eau.

La corrosion chimique.

Les sels et l'oxygène (de l'air) dissous dans le fluide réfrigérant se dégagent dans les zones où les vibrations et les températures sont les plus importantes, engendrant plusieurs types d'actions corrosives.

- Les sels: action directe sur les matériaux

- Oxygène: action directe sur les matériaux (oxydation), et action indirecte par la création d'une ddp entre les zones à forte et à faible concentration de bulles d'oxygène.

- **Aspect du phénomène:**

Idem corrosion galvanique.

- **Remède:**

Pour le circuit HT: on désaère l'eau par des purges dans les parties hautes du circuit faisant retour à la caisse à expansion, c'est le circuit de dégazage. De plus on emploie de l'eau distillée accompagnée d'un traitement.

Pour le circuit BT: Emploi de matériaux en alliage cuivreux, ne pas employer de boulonnerie oxydable ou en alu (effet de pile). On emploie également des anodes de polarisation (zinc ou acier doux) qui vont subir l'action de l'eau de mer, protégeant ainsi les autres matériaux.

Entartrage.

Les sels contenus dans l'eau peuvent se transformer en tartre ou en boues en fonction de la température et de leur solubilité.

Les tartres diminuent la section de passage offerte au fluide, ce sont de très bons isolants thermiques.

- **Remède:**

Emploi d'eau distillée, lors des nettoyages ne pas faire de rayures

Ébullition.

- **Remède:**

Grâce à la pressurisation on repousse le point d'ébullition, de plus on réfrigère l'eau HT avec de l'eau de mer dans un échangeur.

7. TRAITEMENT DE L'EAU DE REFRIGERATION

Les produits de traitement recouvrent les éléments du circuit d'une couche protectrice évitant les phénomènes d'attaque ou de corrosion sans gêner les transferts thermiques.

Produits de traitements utilisés dans la Marine.

R 33:

C'est un produit constitué de deux composants (A et B)

HSAC:

Huile soluble anti-corrosive.

Ne jamais mélanger les deux composants ensemble

Nota:

Si le PH est en dehors des plages prévues ou si la salinité est supérieure à 40mg/l il est nécessaire de procéder à la vidange du circuit, éventuellement un rinçage.

En aucun cas il ne faudra additionner du produit basique pour la neutralisation d'une eau trop acide.