

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 84 (1958)
Heft: 11

Artikel: Générateurs à vapeur à haute puissance: problèmes et développement
Autor: Rigot, Hubert
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-63495>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 05.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

GÉNÉRATEURS À VAPEUR À HAUTE PUISSANCE

PROBLÈMES ET DÉVELOPPEMENT

par HUBERT RIGOT, Ingénieur diplômé E.P.F.-S.I.A.

1. L'évolution actuelle des générateurs à vapeur est caractérisée par des températures de vapeur toujours plus élevées et des températures de gaz de combustion de plus en plus basses, après leur passage dans les différents récupérateurs de chaleur. Cette double évolution pose deux séries de problèmes ardues de technologie des matériaux (1)¹:

Problèmes de soudure

Du fait du développement des techniques de soudure, les problèmes de technologie se sont déplacés en ce sens que les possibilités d'utilisation d'un alliage donné ne dépendent plus seulement de ses qualités intrinsèques mais aussi du comportement des soudures à haute température. (A titre d'exemple, mentionnons qu'une chaudière moderne d'une capacité de 450 tonnes à l'heure ne comporte pas moins de 80 000 points de soudure.)

Dans les essais de nouveaux alliages, le problème se complique de la question du comportement de longue durée (2). Les parties les plus sollicitées des chaudières à haute puissance sont calculées pour 100 000 h. L'extrapolation sur des essais de courte durée est délicate. On a tenté récemment de réduire la durée d'essai par l'introduction d'une température plus élevée. Mais l'expérience a démontré que chaque alliage a une relation température-temps différente. L'idéal serait de déduire d'un essai de mille heures (environ 40 jours) la longévité de chaque pièce et la date de son changement.

Les alliages d'acier à structure ferritique ne permettent pas de dépasser une température de 540° C (3). Dans cette catégorie se rangent les alliages normalisés 15 Mo 3 et 13 Cr Mo 4 4, tandis que se développent depuis la guerre les aciers tels que 10 Cr Si Mo V 7 et 10 Cr Mo 9 10.

Pour des températures au-dessus de 600° C, n'entrent en considération que des alliages d'acier avec le chrome et le nickel à structure austénitique dans une proportion Cr Ni 16/13 et 16/16 (4).

Problèmes de corrosion

a) Corrosion à basse température

Si le prix de l'huile lourde est devenu compétitif par rapport à celui de la houille, il a bien fallu se rendre compte que l'huile lourde n'est pas le combustible idéal que d'aucuns prédisaient. C'est des Etats-Unis que sont venus les premiers échos de difficultés rencontrées dans des chaudières

à huile lourde. Ceci est dû en grande partie à l'abaissement de qualité des huiles lourdes et à leur teneur trop élevée en soufre et vanadium.

Les corrosions se présentent surtout sur les parois du préchauffeur d'air et sur celles des réchauffeurs d'eau d'alimentation (économiseur). Si l'on admet que le point de rosée des gaz de combustion courants varie entre 140 et 160° C, il s'ensuit que les parois des échangeurs, surtout pour de grosses unités où les considérations économiques sont prépondérantes, se trouvent à des températures inférieures (5).

Un remède consiste à abaisser ce point de rosée par adjonction d'ammoniac aux gaz brûlés. Mais les résultats pratiques manquent encore pour de grosses installations. Une autre possibilité consiste à pulvériser des produits basiques afin d'obtenir une neutralisation des acides. Par des additifs et une meilleure combustion, on est parvenu à abaisser le point de rosée d'environ 40° C, ce qui donne des températures de 115 à 120° C, très admissibles (6).

b) Corrosion à haute température

Dès que la température dépasse 600° C les aciers, même austénitiques, sont rapidement attaqués par des gaz contenant du pentoxyde de vanadium (7). Comme les alliages qui résistent à cette action sont inconnus, la seule solution consiste à maintenir les pièces à une température en dessous de 600° C.

On est ramené à un problème de refroidissement : le surchauffeur sera par exemple fixé à des tubes refroidis à l'eau ou à la vapeur surchauffée (8).

2. Brûleurs et foyers combinés

Cette combinaison n'est pas encore au point pour de grosses unités. La répartition de l'air de combustion est différente pour chaque combustible et dépend de sa vitesse respective de combustion (9). Si l'un des combustibles réagit trop vite, l'autre, par manque d'air, ne se consume que dans les gaz de fumées. Il s'ensuit un développement d'anhydride carbonique, une élévation du point de rosée et une corrosion à basse température (10).

3. Pompes d'alimentation

L'élévation des pressions de vapeur conduit à une étude beaucoup plus poussée que par le passé des pompes d'alimentation.

Si pour une installation de 110 ata, la puissance de la pompe ne représentait que le 2 % de la puissance totale, pour 300 ata ce pourcentage passe à 5 %. En ajoutant à cela que la perte de charge croît avec le carré du débit de vapeur, et que pour 110 ata cette perte peut atteindre 30 ata, on comprendra qu'on ne règle plus la pression d'admission par laminage mais par réglage du nombre de tours de la pompe (11).

¹ Les chiffres entre parenthèses renvoient à la bibliographie à la fin de ce texte.

D'autre part, la vitesse tangentielle des pompes à haute pression est, pour réduire le nombre d'étages, de 50 % supérieure à celle à moyenne pression. Il s'est avéré d'autre part que l'entraînement de la pompe d'alimentation par une turbine secondaire n'était en général rentable qu'à partir d'un rendement de turbine de 70 %, ce qui peut facilement être obtenu dans la basse pression. De plus, le soutirage améliore le rendement de la turbine principale basse pression en réduisant le volume de vapeur dans les derniers éléments (12).

On a calculé ainsi que dans une installation de 300 ata l'introduction de l'entraînement de la pompe par une turbine d'appoint basse pression au lieu d'un moteur électrique *améliore le rendement de l'installation de 1 %, ce qui est considérable*¹.

Le rendement de l'installation peut également être amélioré par le *préchauffage de l'eau en plusieurs étages* ; il convient d'éviter dans ce cas d'avoir une seule pompe, ce qui entraînerait un ou deux préchauffeurs dans le réseau haute pression et poserait des problèmes constructifs facilement évitables. La solution adoptée aujourd'hui consiste à monter une pompe moyenne pression et une deuxième pompe haute pression après le dernier préchauffeur.

4. Combustion à pulsation

Alors que les brûleurs à pulsation fonctionnent parfaitement pour des combustibles liquides, l'exploitation pour des combustibles solides n'en est qu'au stade des essais. L'expérience montre toutefois que cette combustion est possible. Elle a le gros avantage d'introduire un courant turbulent, de décoller les couches limites laminaires et d'améliorer grandement les coefficients de convection (13), d'où une réduction des surfaces d'échange de chaleur.

5. Perspectives

La construction des générateurs à haute puissance est étroitement liée au développement des turbines. Mais le stade est atteint où l'empirisme qui présidait à la construction des chaudières doit faire place à des recherches systématiques. Le retard à combler est important.

La résistance de durée à de hautes températures est encore mal définie et les problèmes de corrosion ne sont pas tous élucidés. Alors que dans les schémas de montage de centrales thermiques, on ne remarque pas de nouveautés, sinon une augmentation des étages de préchauffage par prélèvements dans la basse pression et une augmentation des surchauffeurs intermédiaires, il convient de signaler que les puissances unitaires de turbines montent en flèche.

En Allemagne, 6 turbines de 150 MW sont en construction ; aux Etats-Unis, on note en construction

47 turbines entre 50 et 150 MW et 50 turbines de plus de 150 MW ; une puissance de 450 MW a même été atteinte mais sur deux arbres (14).

En U.R.S.S. on construit actuellement des turbines jusqu'à 300 MW à 300 ata et 650° C. Des études auraient été faites pour une puissance unitaire de 500 MW.

Pour revenir aux chaudières, on recense actuellement en Allemagne 64 chaudières d'une capacité de plus de 200 t/h en activité ou en construction. Sur ce nombre, 55 % fonctionnent à la houille et 45 % au lignite.

L'élévation de la pression de 200 à 340 ata et de la température de 600° C se poursuivra-t-elle ? Il est permis d'en douter, car le gain de rendement thermique est plus que compensé par un entretien délicat (15).

En 1933, un groupe d'ingénieurs de B.B.C. travaillait à une turbine à gaz. Il rencontra de très grosses difficultés avec le refroidissement de la chambre de combustion. Finalement ce refroidissement fut si perfectionné que la chambre de combustion devint une chaudière et la turbine à gaz un élément accessoire. La chaudière Velox était née, bien connue pour sa haute capacité et son très faible encombrement. Ceci est la démonstration même de l'étroite dépendance dans laquelle se trouvent chaudières et turbines, qui ne peuvent progresser que parallèlement.

LITTÉRATURE

- (1) H. PETERS : *Die Beurteilung der Sicherheit von Bauteilen für hohe Dampftemperaturen*. BWK, Bd. 9, 1957.
- (2) K. RICHARD : *Bisherige Ergebnisse der Gemeinschaftsarbeit « Langzeitversuche »*. Mitt. Ver. Grosskesselbes., H 39, 1955.
- (3) P. BETTSIECHE : *Stähle für das Temperaturgebiet von 500 bis 650° C*. Mitt. Ver. Grosskesselbes., H 39, 1955.
- (4) W. RUTTMANN und K. BAUMANN : *Erprobung und Bewährung austenitischer Schweissungen in der 610° C Dampfkraftanlage*. Schweissttechnik, Bd. 3, 1955.
- (5) E. C. HUGE and E. C. PIOTTER : *The use of additives for the prevention of low temperature corrosion in oil fired steam generating units*. Trans. Amer. Soc. mech. Engrs, Bd. 77, 1955.
- (6) J. B. Mc ILROY and E. J. HOLLER : *The application of additives to fuel oil and their use in steam generating units*. ASME, Nr. 52, 1952.
- (7) W. BETTERIDGE, K. SACHS, H. LEWIS. *The influence of Vanadium Pentoxide on the high temperature scaling of heat resisting alloys*. Inst. Petrol., Bd. 41, 1955.
- (8) McDOWELL, RANDEBAUGH and SOMERS : *High temperature corrosion of alloys exposed in the superheaters of an oil fired boiler*. ASME, Nr. 55, 1955.
- (9) TH. GEISSLER : *Dampfkesselanlagen für die gleichzeitige oder wahlweise Verfeuerung unterschiedlicher Brennstoffe*. Energie, Bd. 8, 1956.
- (10) M. HUBNER : *Umstellung einer Kesselanlage von Kohlenstaub auf kombinierte Heizöl-Kohlenstaub Feuerung*. Mitt. Ver. Grosskesselbes., H 28, 1954.
- (11) E. HANOLD : *Kesselspeisepumpen und Umwälzpumpen für hohe Drücke und Temperaturen*. BWK, Bd. 8, 1956.
- (12) I. J. KARASSIK : *Drives for tomorrow's super-pressure high speed boiler feed pumps*. Power, Bd. 98, 1954.
- (13) P. SPEICH : *Braunkohlenfeuerungen*. BWK, Bd. 9, 1957.
- (14) *Electric power generation, past, present and future*. Mech. Eng., Bd. 78, 1956.
- (15) *Tendenzen der Energieerzeugung*. El. times, Bd. 129, 1956.

¹ Par exemple une centrale de 100 000 kW, dont le rendement thermique-mécanique est d'environ 35 %, verrait sa puissance augmenter d'environ 3000 kW, d'où, avec une durée de fonctionnement de 5000 h/an, une production « gratuite » supplémentaire de 15.10⁶ kWh/an.