

Optimisation de la mesure de température dans un incinérateur

Albert Book

Dans le cadre des prescriptions légales et réglementaires, l'opérateur doit pouvoir contrôler précisément les taux en NO_x, dioxines et furannes émis dans les fumées. La norme instaure une valeur limite d'émissions polluantes moyenne journalière inférieure à 80 mg / Nm³ pour les NO_x. Afin de satisfaire ces exigences, il est nécessaire d'enregistrer la température dans la chaudière pour régler le procédé de réductions des polluants. Ce rapport explique les différentes méthodes de mesure de la température optique dans les incinérateurs.

Les NO_x sont issus de la combustion à hautes températures des matières organiques présentes dans les déchets. La projection d'urée ou d'ammoniac dans le four a pour but de supprimer en grande partie la formation de NO_x pendant le processus de combustion. Afin de réduire simultanément les émissions de NO_x et de favoriser une combustion complète, il est nécessaire de maintenir les particules dans la zone primaire réductrice le plus longtemps possible et de bien les mélanger à l'air de combustion dans la zone secondaire. En outre, les opérateurs de centrales thermiques à charbon et d'incinérateurs avec valorisation énergétique ou de biomasse sont de plus en plus incités à réduire les coûts d'exploitation. Ils doivent augmenter l'efficacité de la chaudière tout en minimisant l'usure de la paroi du four et des échangeurs.

Pour répondre à ces exigences et optimiser le processus de combustion, une répartition homogène de la température dans la chambre de combustion est cruciale. Il faut donc pouvoir mesurer précisément ces différentes températures. Conformément à la réglementation sur le contrôle des émissions polluantes, les incinérateurs industriels doivent maintenir les gaz de combustions au-dessus de 850°C (T2S). Lors de l'incinération de déchets dangereux contenant plus de 1% de substances organiques halogénées, l'opérateur doit s'assurer qu'une température minimale de 1100 ° C est maintenue. Cependant la plage de température optimale pour la réduction NO_x est comprise entre 850 et 1100 ° C.

En fin de compte, l'objectif des exploitants d'incinérateur est d'optimiser la combustion pour produire le moins de cendres tout en limitant les émissions polluantes, en consommant le moins de réducteur et en préservant les équipements et les catalyseurs.

La répartition plus ou moins homogène de la température au cœur du four a un impact significatif sur son usure et sa durée de vie. Lorsque la température est trop élevée, il y a une usure plus rapide des parois du four et des échangeurs thermiques.

La formation de laitier, plus isolant, sur les réfractaires diminue l'efficacité du four et augmente le risque de descellement de briques qui peuvent entraîner des dégâts mécaniques importants lors de leur chute. A l'inverse, si la température est trop basse, la vitesse de réduction des NOx diminue. L'ammoniac n'est pas totalement consommé et l'excédent peut se transformer en composé ammoniacal responsable de la corrosion de la chambre.

Mesure de température dans les chambres de combustion

La mesure de la température dans les incinérateurs est assez complexe. En fonction des conditions de fonctionnement, de la nature du combustible, de l'alimentation en air, des réactifs utilisés, les températures et leur répartitions sont très variables et difficiles à modéliser ou à interpréter même pour les plus experts. Le choix des instruments ainsi que leur position est donc essentiel pour avoir une image vraie des températures au sein de l'installation.

Une bonne partie des connaissances repose sur des acquis empiriques et non sur de véritables mesures. Si une technologie de mesure inadéquate ou peu fiable est utilisée pour enregistrer les différents points, les modèles mathématiques et les contrôles adaptatifs ne peuvent pas vraiment fonctionner.

Il faut une mesure stable et fiable pour pouvoir véritablement modéliser l'incinérateur dans son ensemble.

Mesure avec thermocouples

Les thermocouples sont très utilisés pour contrôler la température. La prise de mesure se fait sur une zone très proche de la paroi qui ne représente pas toujours la température réelle au cœur de la cheminée. Ceci est d'autant plus vrai que la cheminée sera grande ou que des échangeurs thermiques sont en place. La distribution thermique de la chaudière n'est alors pas mesurable.

L'autre inconvénient des thermocouples est leur vieillissement et leur dérive dans le temps. Selon la température du gaz et la teneur en polluants, la valeur mesurée affichée peut dériver lentement en quelques semaines. En équipant les points de mesure redondants et en remplaçant régulièrement les capteurs, on tente de minimiser ce problème. Cela entraîne des coûts de consommation permanents.

De plus, le temps de réponse des thermocouples est généralement de quelques minutes. Il n'est pas possible de réguler rapidement le procédé.

Mesure avec un pyromètre infrarouge

L'utilisation de pyromètres est une autre possibilité pour mesurer la température dans une chaudière. Ceux-ci déterminent la température à partir du rayonnement infrarouge émis par un objet en appliquant les formules de Planck. Le temps de réponse des pyromètres étant de quelques millisecondes, il peut détecter immédiatement la moindre variation dans la combustion. Les instruments modernes n'ont pas de pièces en mouvement ou moteur. En fois installés, ils donnent une mesure fiable pour de nombreuses années.

En fonction du point de mesure, différents modèles de pyromètres seront utilisés. On distinguera donc la mesure sur le feu, de la flamme, des gaz de combustions ou des parois du four (**Fig. 1**).

Mesure sur le feu

Pour mesurer la température du combustible, le pyromètre ne doit pas être perturbé par la flamme. On utilise un détecteur de $3.9 \mu\text{m}$. Dans cette zone, la vapeur d'eau (H_2O) et le dioxyde de carbone (CO_2) sont transparents et n'affectent pas la valeur mesurée (**Fig. 2**).

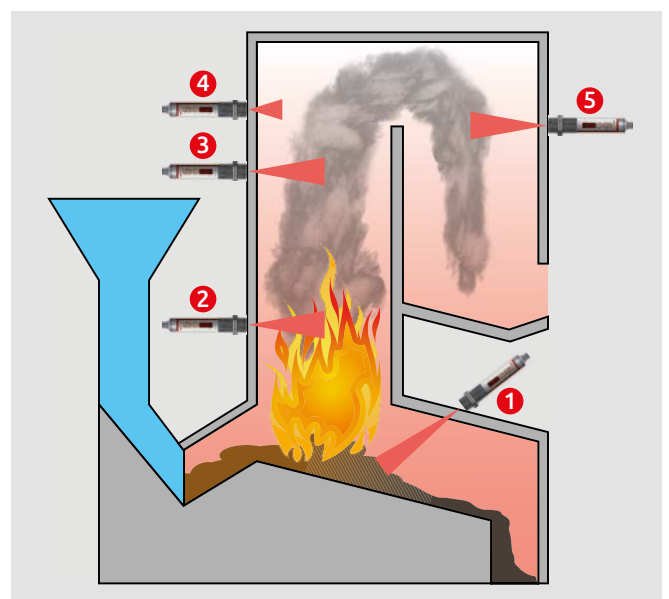


Fig. 1 Figure 1: Principaux points de mesure dans l'incinérateur
 1: Le feu, 2: la flamme, 3: gaz de combustion dans la chaudière, 4: gaz de combustion près des parois, 5: gaz de combustion dans la seconde chambre

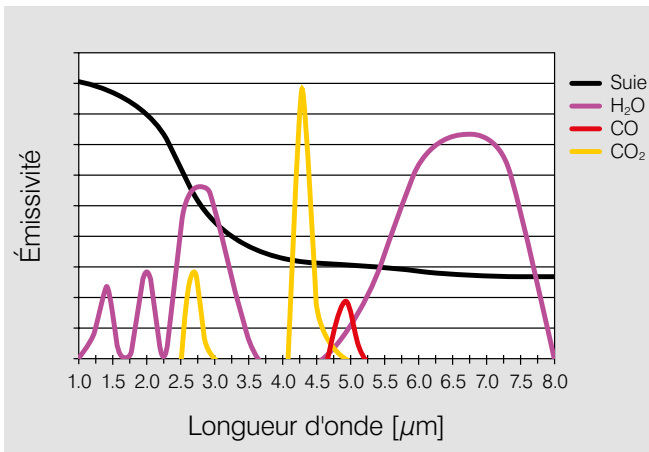


Fig. 2 Réponse spectrale des gaz de combustion

Mesure de la flamme

Pour la mesure sans contact de la température des flammes de suie, on utilise des pyromètres bichromatiques. La mesure est basée sur la méthode du quotient, c'est-à-dire que le rayonnement infrarouge est enregistré à deux longueurs d'onde proches et le rapport de ces 2 signaux détermine la température. Un algorithme complexe permet de compenser les fluctuations de densité de particules et de taille.

Mesure de la température des gaz d'émission

Pour faire une mesure de température sans contact avec un pyromètre infrarouge, il faut tout d'abord que l'objet émette une radiation infrarouge. Dans un gaz de combustions, les particules en suspensions sont en concentration relativement faible et variable. Un pyromètre infrarouge standard ne peut pas faire cette mesure car il reçoit majoritairement le rayonnement provenant des parois du four et non du gaz de combustion. La mesure dépend alors de la densité des particules pour différentes conditions de charge.

Les détecteurs utilisés pour cette mesure ont une plage spectrale comprise entre 4.4 et 4.8 μm. A ces longueurs d'ondes les gaz COx émettent un maximum de radiations infrarouges comme le montre la figure 2.

L'énergie radiative infrarouge émise par les gaz de combustions dépend de la longueur d'onde et de la température. À mesure que la température augmente, la bande d'absorption s'élargit vers la gamme des grandes longueurs d'ondes (Fig. 3). Il convient donc de sélectionner des pyromètres à bande étroite avec une plage spectrale > 4,35 μm afin que le rayonnement infrarouge du CO₂ chaud pour ne pas être perturbé par le CO₂ froid au voisinage de la paroi du four.

La température des gaz est nettement inférieure près des parois du four qu'au centre de la chambre de combustion (Fig. 4). Selon que la température à proximité du mur doit être mesurée comme alternative aux thermocouples ou que la température à l'intérieur du foyer est critique, des pyromètres à faible ou grande profondeur seront installés. Le gaz pouvant être considéré comme un matériau semi-transparent dans l'infrarouge, un pyromètre détermine une valeur moyenne sur la profondeur de son champ de vision. La profondeur de champ dépend de la concentration en CO₂ et de la température du gaz chaud.

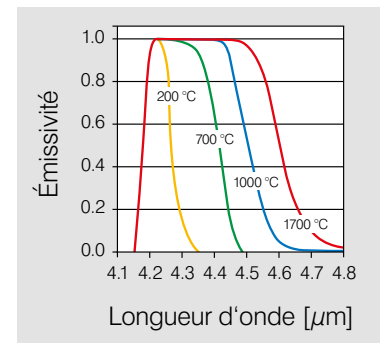


Fig. 3 Émissivité du gaz du CO₂ en fonction de la longueur d'onde et de la température

Choix du pyromètre et installation

Une répartition homogène de la température dans la chambre est déterminante pour une combustion optimale et une usure minimale. Il est possible de faire un profil de température en 2D en installant les instruments en matrice (Fig. 5) et ainsi identifier les points chauds. L'opérateur pourra corriger le profil en ajustant les injections.

La figure 1 montre les points de mesure typiques au sein de l'incinérateur pour la mesure de température sans contact. Lors du choix des pyromètres, il faut s'assurer que les dispositifs ont un cône de vision optique suffisamment étroit pour pouvoir mesurer au travers des ouvertures du four, dont certaines n'ont que

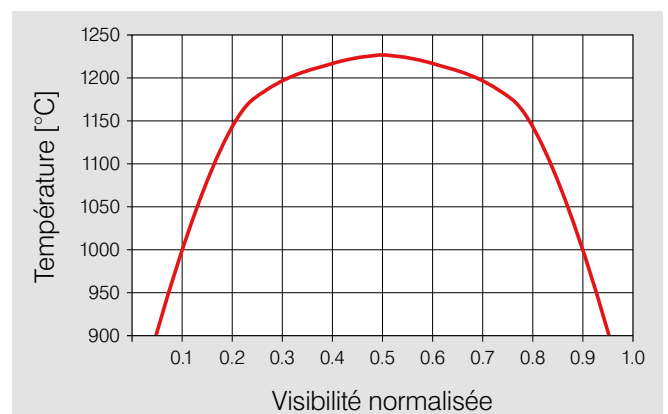


Fig. 4 Profil de température dans la largeur de la chambre

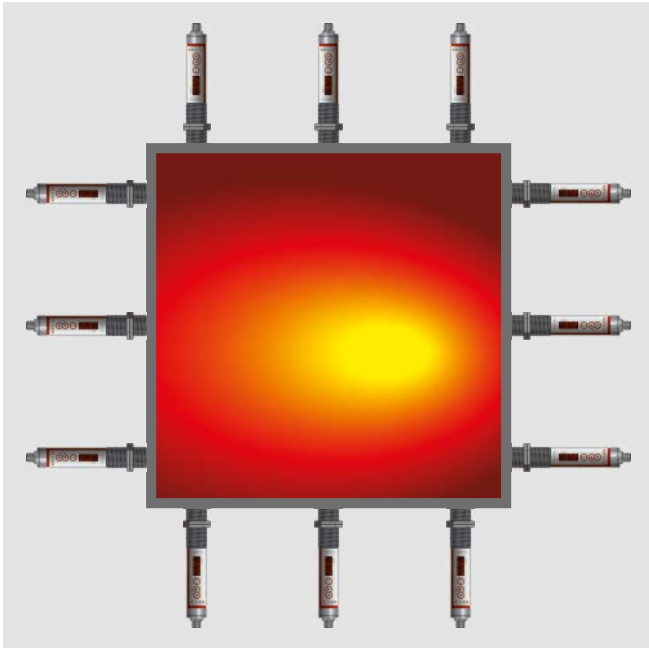


Fig. 5 Distribution thermique asymétrique dans une chambre de combustion

2 pouces de largeur (**Fig. 6**). Récemment, des pyromètres avec une caméra vidéo intégrée ont été utilisés pour transmettre la température mesurée directement sur l'image vidéo afin de pouvoir faire une inspection visuelle depuis la salle de contrôle. Des versions portables existent pour des contrôles rapides sur site.

Pour représenter le profil de température en 2D, jusqu'à 3 pyromètres par mur sont installés sur un seul niveau. On utilise alors la sortie numérique IO-Link pour transmettre les données au réseau.



Fig. 6 Pyromètre compact avec cône étroit et sortie numérique IO-Link

Conclusion

Lorsqu'ils sont correctement sélectionnés et installés, les pyromètres conviennent parfaitement pour mesurer la température des gaz au sein de l'incinérateur. Contrairement aux sondes classiques, ils ne sont pas sujets à l'usure ou au vieillissement et fonctionneront de manière fiable pendant de nombreuses années. Les variations rapides de température sont détectées et peuvent être intégrés au processus de contrôle.

Cependant, en raison de la complexité de la mesure de la température, il est conseillé de faire appel à des experts pour choisir les bons modèles et les intégrer correctement au procédé.



Auteur

Dipl.-Ing. Albert Book
 KELLER HCW GmbH
 Infrared Temperature Solutions (ITS)
 Tel. +49 5451 85320
 albert.book@keller.de
 www.keller.de/its