

Thermosphere

Καυστήρες Φυσικού Αερίου

Επαγγελματικός Τεχνικός Οδηγός

Τόμος 03



Τύποι καυστήρων
και αρχή λειτουργίας



Gas Train
και εξαρτήματα



Αυτοματισμοί
και ασφάλεια



Ρύθμιση καύσης
και απόδοση



Συντήρηση
και διάγνωση βλαβών



Τεχνικοί υπολογισμοί
και πίνακες

Τεχνική Βιβλιοθήκη
Thermosphere

Θέρμανση | Ατμός | Φυσικό Αέριο | Βιομηχανία

Περιεχόμενα

01. Εισαγωγή και πεδίο εφαρμογής
02. Τύποι καυστήρων φυσικού αερίου
03. Κύρια εξαρτήματα καυστήρα
04. Gas Train – γραμμή φυσικού αερίου
05. Φίλτρα και ρυθμιστές πίεσης
06. Ηλεκτροβάνες και απομόνωση αερίου
07. Πρεσοστάτες αερίου και αέρα
08. Ανάφλεξη και επιτήρηση φλόγας
09. Αέρας καύσης και ανάμιξη
10. Αναλογικός έλεγχος και servo
11. Ακολουθία ασφαλούς εκκίνησης
12. Αυτοματισμοί και αλληλομανδαλώσεις
13. Έλεγχος στεγανότητας
14. Ανάλυση καυσασερίων
15. Απόδοση και θερμικές απώλειες
16. Συντήρηση και προληπτικοί έλεγχοι
17. Βλάβες και μεθοδολογία διάγνωσης
18. Υπολογισμός παροχής φυσικού αερίου
19. Υπολογισμός ισχύος καυστήρα
20. Πρακτικό φύλλο μετρήσεων
21. Πρότυπα, συμμόρφωση και όρια
22. Συμπεράσματα και τεχνική βιβλιογραφία

Σημαντική επισήμανση ασφαλείας

Το παρόν αποτελεί εκπαιδευτικό τεχνικό υλικό. Εργασίες σε δίκτυα φυσικού αερίου, ρυθμίσεις καύσης και δοκιμές ασφαλείας εκτελούνται αποκλειστικά από αρμόδιο προσωπικό με βάση εγκεκριμένες διαδικασίες και τις οδηγίες του κατασκευαστή.

01. Εισαγωγή και πεδίο εφαρμογής

Οι καυστήρες φυσικού αερίου μετατρέπουν τη χημική ενέργεια του καυσίμου σε θερμότητα μέσω ελεγχόμενης καύσης. Εφαρμόζονται σε λέβητες ζεστού νερού, ατμολέβητες, αερόθερμα και βιομηχανικούς κλιβάνους.

Η αξιόπιστη λειτουργία εξαρτάται από τη σωστή τροφοδοσία αερίου, την επάρκεια αέρα, την ασφαλή ανάφλεξη και την επιβεβαιωμένη παρουσία φλόγας. Η εγκατάσταση και ρύθμιση εκτελούνται μόνο από κατάλληλα εξουσιοδοτημένο προσωπικό.

Πρακτικός στόχος

Ο χειριστής αναγνωρίζει τη φυσιολογική ακολουθία λειτουργίας, καταγράφει αποκλίσεις και δεν παρακάμπτει ποτέ διάταξη ασφαλείας.

02. Τύποι καυστήρων φυσικού αερίου

Οι καυστήρες διακρίνονται σε μονοβάθμιους, διβάθμιους και αναλογικούς (modulating), ανάλογα με τον τρόπο μεταβολής της θερμικής ισχύος. Άλλη διάκριση αφορά τη διάταξη ανάμιξης αέρα και καυσίμου και τη χρήση ανεμιστήρα.

Ο αναλογικός καυστήρας μπορεί να ακολουθεί το θερμικό φορτίο μέσα σε συγκεκριμένο εύρος ρύθμισης. Το ελάχιστο ασφαλές φορτίο και η μέγιστη επιτρεπόμενη ισχύς καθορίζονται από τον κατασκευαστή και τις συνθήκες εγκατάστασης.

Κριτήρια επιλογής

Εύρος φορτίου, αντίθλιψη θαλάμου, πίεση τροφοδοσίας, εκπομπές, συμβατότητα λέβητα και απαιτήσεις ελέγχου.

03. Κύρια εξαρτήματα καυστήρα

Ένας τυπικός καυστήρας περιλαμβάνει ανεμιστήρα, κινητήρα, διάφραγμα ή κεφαλή καύσης, σύστημα ανάφλεξης, αισθητήριο φλόγας, μηχανισμό ρύθμισης αέρα και ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου.

Τα εξαρτήματα συνεργάζονται ως ενιαίο σύστημα. Αλλαγή κεφαλής, ηλεκτροδίων ή ρυθμίσεων χωρίς τεκμηριωμένη διαδικασία μπορεί να επηρεάσει τη σταθερότητα της φλόγας και τις εκπομπές.

Σημεία επιθεώρησης

Καθαριότητα εισαγωγής αέρα, κατάσταση συνδέσεων, μηχανικές φθορές, καλωδιώσεις και οπτικές ενδείξεις υπερθέρμανσης.

04. Gas Train - γραμμή φυσικού αερίου

Η γραμμή αερίου συνδυάζει εξαρτήματα απομόνωσης, φίλτρα, ρύθμιση πίεσης, ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες ασφαλείας και σημεία μέτρησης. Η ακριβής διάταξη καθορίζεται από τον σχεδιασμό και τα εφαρμοστέα πρότυπα.

Η πτώση πίεσης κάθε εξαρτήματος επηρεάζει τη διαθέσιμη πίεση στον καυστήρα. Δεν αρκεί η ονομαστική πίεση δικτύου: απαιτείται έλεγχος σε πραγματική λειτουργία και στην επιθυμητή μέγιστη παροχή.

Τεχνική επισήμανση

Η λειτουργία της γραμμής αερίου και η ακολουθία των βαλβίδων ελέγχονται μόνο με εγκεκριμένες διαδικασίες.

Ενδεικτική λειτουργική αλληλουχία (όχι σχέδιο εγκατάστασης)

Απομόνωση	Φίλτρο	Ρύθμιση πίεσης	Βαλβίδες ασφαλείας	Καυστήρας
-----------	--------	----------------	--------------------	-----------

05. Φίλτρα και ρυθμιστές πίεσης

Το φίλτρο συγκρατεί σωματίδια που ενδέχεται να επηρεάσουν τη λειτουργία ρυθμιστών και βαλβίδων. Ο ρυθμιστής πίεσης σταθεροποιεί την πίεση εξόδου μέσα στα όρια λειτουργίας του.

Η επιλογή ρυθμιστή απαιτεί στοιχεία ελάχιστης και μέγιστης πίεσης εισόδου, ζητούμενης πίεσης εξόδου, παροχής και επιτρεπτής πτώσης πίεσης. Η υπερδιαστασιολόγηση δεν εξασφαλίζει πάντοτε καλύτερο έλεγχο.

Συντήρηση

Καταγραφή διαφορικής πίεσης φίλτρου, έλεγχος στεγανότητας και παρακολούθηση συμπεριφοράς ρυθμιστή σε μεταβολές φορτίου.

06. Ηλεκτροβάνες και απομόνωση αερίου

Οι αυτόματες βαλβίδες ασφαλείας διακόπτουν την παροχή αερίου όταν η μονάδα ελέγχου δεν επιτρέπει καύση. Η διάταξη μπορεί να περιλαμβάνει δύο βαλβίδες σε σειρά, ανάλογα με την εφαρμογή.

Ο χρόνος απόκρισης, η επιτρεπτή πίεση και η κατηγορία βαλβίδας πρέπει να είναι συμβατά με τη μελέτη. Η χειροκίνητη παράκαμψη ή η μόνιμη τροφοδότηση πηνίου καταργεί κρίσιμη προστασία.

Κανόνες ασφαλείας

Σε επαναλαμβανόμενη αποτυχία εκκίνησης απαιτείται διάγνωση αιτίας και όχι διαδοχικές επαναφορές χωρίς έλεγχο.

07. Πρεσοστάτες αερίου και αέρα

Οι πρεσοστάτες επιβεβαιώνουν ότι συγκεκριμένες πιέσεις βρίσκονται εντός των επιτρεπτών ορίων. Ο πρεσοστάτης χαμηλής πίεσης αερίου προστατεύει από ανεπαρκή τροφοδοσία, ενώ ο πρεσοστάτης αέρα επιβεβαιώνει τις απαιτούμενες συνθήκες αερισμού.

Οι τιμές ρύθμισης εξαρτώνται από τη μελέτη και τις οδηγίες του κατασκευαστή. Δεν είναι σωστό να χρησιμοποιείται μία καθολική τιμή για όλες τις εγκαταστάσεις.

Ενδεικτική διάγνωση

Εάν δεν επιβεβαιώνεται αέρας, εξετάζονται ανεμιστήρας, αεραγωγός, σωληνώσεις λήψης πίεσης και το ίδιο το όργανο.

08. Ανάφλεξη και επιτήρηση φλόγας

Το σύστημα ανάφλεξης δημιουργεί την αρχική πηγή ενέργειας για την έναυση. Το σύστημα επιτήρησης φλόγας χρησιμοποιεί κατάλληλο αισθητήριο, όπως ιονισμό ή οπτική ανίχνευση, ανάλογα με τον καυστήρα.

Η μονάδα ελέγχου απαιτεί επιβεβαίωση φλόγας μέσα σε προκαθορισμένο χρόνο ασφαλείας. Απουσία ή απώλεια σήματος οδηγεί σε διακοπή καυσίμου και κατάσταση ασφαλείας.

Πρακτικός έλεγχος

Επιθεώρηση ηλεκτροδίων, καλωδίων υψηλής τάσης, γείωσης, αισθητηρίου και ενδείξεων μονάδας ελέγχου.

09. Αέρας καύσης και ανάμιξη

Για πλήρη καύση απαιτείται επαρκής ποσότητα οξυγόνου και σωστή ανάμιξη αέρα και αερίου. Πολύ μικρή παροχή αέρα μπορεί να αυξήσει το CO, ενώ υπερβολικός αέρας αυξάνει τις απώλειες με τα καυσαέρια.

Η βέλτιστη ρύθμιση δεν επιτυγχάνεται μόνο από την οπτική εμφάνιση της φλόγας. Απαιτείται μέτρηση O₂, CO, θερμοκρασίας καυσαερίων και άλλων σχετικών παραμέτρων σε κατάλληλες συνθήκες.

Σημαντικό

Οι τιμές στόχου εξαρτώνται από τον εξοπλισμό, το φορτίο και τα όρια εκπομπών.

10. Αναλογικός έλεγχος και servo

Σε αναλογικούς καυστήρες η ισχύς μεταβάλλεται με συντονισμένη ρύθμιση παροχής αερίου και αέρα. Ο έλεγχος μπορεί να χρησιμοποιεί μηχανική σύνδεση ή ηλεκτρονική συσχέτιση θέσεων ενεργοποιητών.

Η καμπύλη καύσης ελέγχεται σε πολλά σημεία φορτίου, όχι μόνο στο μέγιστο. Μεταβολές στην αντίθλιψη, την ποιότητα καυσίμου και την κατάσταση του ανεμιστήρα μπορούν να αλλάξουν τη συμπεριφορά.

Καταγραφή

Για κάθε σημείο φορτίου καταγράφονται πίεση αερίου, O_2 , CO , θερμοκρασία καυσαερίων και θέση ενεργοποιητών.

11. Ακολουθία ασφαλούς εκκίνησης

Η τυπική λογική περιλαμβάνει αίτημα θερμότητας, έλεγχο προϋποθέσεων, προαερισμό, θέση ανάφλεξης, ενεργοποίηση ανάφλεξης, ελεγχόμενη παροχή καυσίμου, επιβεβαίωση φλόγας και μετάβαση σε λειτουργία.

Οι πραγματικοί χρόνοι και τα επιμέρους βήματα διαφέρουν ανά μονάδα ελέγχου και εφαρμογή. Δεν επιτρέπεται η τροποποίηση χρόνων ασφαλείας εκτός εγκεκριμένης διαδικασίας.

Αποτυχία εκκίνησης

Η ένδειξη σφάλματος αποτελεί στοιχείο διάγνωσης. Πριν από επαναφορά εξετάζεται το καταγεγραμμένο στάδιο αστοχίας.

12. Αυτοματισμοί και αλληλομανδαλώσεις

Ο καυστήρας λειτουργεί μόνο όταν ικανοποιούνται οι απαραίτητες συνθήκες, όπως επιτρεπτή πίεση ή θερμοκρασία, επάρκεια αέρα, ασφαλής στάθμη νερού στον λέβητα και διαθεσιμότητα γραμμής αερίου.

Οι αλληλομανδαλώσεις συνδέουν την ασφάλεια του καυστήρα με το υπόλοιπο θερμικό σύστημα. Η απώλεια κρίσιμου σήματος πρέπει να οδηγεί στην προβλεπόμενη ασφαλή κατάσταση.

Πίνακας ελέγχου

Οι ενδείξεις alarm, lockout και reset πρέπει να έχουν σαφή σημασία και να καταγράφονται στο ιστορικό συμβάντων.

13. Έλεγχος στεγανότητας

Η στεγανότητα των συνδέσεων και των βαλβίδων είναι βασική προϋπόθεση ασφαλούς λειτουργίας. Σε κατάλληλες εφαρμογές χρησιμοποιείται αυτοματοποιημένος έλεγχος βαλβίδων πριν από την έναυση.

Οι δοκιμές στεγανότητας εκτελούνται με εγκεκριμένα μέσα, συγκεκριμένη διαδικασία και κατάλληλη απομόνωση. Δεν χρησιμοποιείται ποτέ ανοικτή φλόγα για ανίχνευση διαρροών.

Σε οσμή αερίου

Ακολουθείται το σχέδιο έκτακτης ανάγκης της εγκατάστασης, αποφεύγονται πηγές ανάφλεξης και καλείται το αρμόδιο προσωπικό.

14. Ανάλυση καυσαερίων

Η μέτρηση καυσαερίων αποτελεί κεντρικό εργαλείο αξιολόγησης της καύσης. Συνήθεις παράμετροι είναι O_2 , CO , CO_2 (μετρούμενο ή υπολογιζόμενο), θερμοκρασία καυσαερίων και θερμοκρασία αέρα καύσης.

Το όργανο πρέπει να είναι κατάλληλο για το καύσιμο, συντηρημένο και βαθμονομημένο. Οι μετρήσεις πραγματοποιούνται σε σταθεροποιημένη λειτουργία και αντιπροσωπευτικά σημεία φορτίου.

Ερμηνεία

Υψηλό CO αποτελεί σοβαρή ένδειξη προβληματικής καύσης και απαιτεί άμεση τεχνική αξιολόγηση.

15. Απόδοση και θερμικές απώλειες

Η απόδοση καύσης επηρεάζεται από την περίσσεια αέρα, τη θερμοκρασία καυσαερίων και τις συνθήκες λειτουργίας. Η συνολική απόδοση εγκατάστασης επηρεάζεται επιπλέον από απώλειες ακτινοβολίας, αναμονής και διανομής.

Δεν πρέπει να συγχέεται η απόδοση καύσης με την εποχιακή ή συνολική απόδοση λέβητα. Οι μέθοδοι υπολογισμού πρέπει να αναφέρουν τη βάση θερμογόνου δύναμης, ΚΘΔ ή ΑΘΔ.

Παρακολούθηση

Η συγκρίσιμη καταγραφή αποτελεσμάτων ανά φορτίο και ημερομηνία επιτρέπει την έγκαιρη ανίχνευση υποβάθμισης.

16. Συντήρηση και προληπτικοί έλεγχοι

Η προληπτική συντήρηση περιλαμβάνει οπτική επιθεώρηση, καθαρισμό όπου επιτρέπεται, έλεγχο μηχανικών συνδέσεων, αξιολόγηση φίλτρων, αισθητηρίων, ενεργοποιητών και ηλεκτρικών κυκλωμάτων.

Οι λειτουργικές δοκιμές διατάξεων ασφαλείας πραγματοποιούνται βάσει εγκεκριμένου προγράμματος. Κάθε εργασία τεκμηριώνεται με ημερομηνία, υπεύθυνο, μετρήσεις και παρατηρήσεις.

Αρχείο συντήρησης

Διατηρούνται φύλλα καύσης, συμβάντα ασφάλειας, αντικαταστάσεις ανταλλακτικών και αποτελέσματα ελέγχων.

17. Βλάβες και μεθοδολογία διάγνωσης

Η διάγνωση ξεκινά από το ακριβές σύμπτωμα: μη εκκίνηση, αποτυχία ανάφλεξης, απώλεια φλόγας, χαμηλή ισχύς, αυξημένο CO ή συχνές διακοπές. Ακολουθεί έλεγχος του σταδίου λειτουργίας όπου εμφανίζεται το πρόβλημα.

Η συστηματική προσέγγιση εξετάζει διαδοχικά τροφοδοσία ρεύματος, εντολή λειτουργίας, ασφαλιστικές συνθήκες, πίεση αερίου, αέρα καύσης, ανάφλεξη και σήμα φλόγας.

Αποφυγή σφαλμάτων

Δεν αντικαθιστούμε εξαρτήματα χωρίς μετρήσεις και δεν ακυρώνουμε προστασίες για να διατηρήσουμε τη λειτουργία.

Σύμπτωμα	Πιθανή κατηγορία αιτίας
Δεν ξεκινά	Αλληλομανδάλωση / τροφοδοσία
Αποτυχία ανάφλεξης	Ανάφλεξη / αέριο / αέρας
Απώλεια φλόγας	Επιτήρηση / συνθήκες καύσης
Αυξημένο CO	Ανάμιξη / ρύθμιση / φορτίο

18. Υπολογισμός παροχής φυσικού αερίου

Η ονομαστική παροχή αερίου προσεγγίζεται από τη θερμική ισχύ εισόδου και την κατώτερη θερμογόνο δύναμη του αερίου. Για ωφέλιμη ισχύ λέβητα P και απόδοση η , η απαιτούμενη θερμική είσοδος είναι P/η .

Εάν $P = 1.000 \text{ kW}$, $\eta = 0,90$ και $K\Theta\Delta = 10,5 \text{ kWh/Nm}^3$, η θεωρητική παροχή είναι $1.000/(0,90 \times 10,5) = 105,8 \text{ Nm}^3/\text{h}$. Πρόκειται για ενδεικτικό υπολογισμό και όχι διαστασιολόγηση gas train.

Προσοχή στις μονάδες

Η θερμογόνο δύναμη και ο όγκος πρέπει να αναφέρονται στις ίδιες συνθήκες αναφοράς.

19. Υπολογισμός ισχύος καυστήρα

Η απαιτούμενη θερμική ισχύς καυστήρα προκύπτει από το θερμικό φορτίο του εξοπλισμού, την πραγματική απόδοση και τις συνθήκες λειτουργίας. Η ονομαστική ισχύς δεν ταυτίζεται πάντα με την ωφέλιμη ισχύ.

Για ζητούμενη ωφέλιμη ισχύ 750 kW και εκτιμώμενη απόδοση 92%, η απαιτούμενη θερμική είσοδος είναι περίπου 815 kW. Η τελική επιλογή ελέγχεται με τα τεχνικά στοιχεία λέβητα και καυστήρα.

Έλεγχοι επιλογής

Απαιτούνται επιβεβαίωση αντίθλιψης, εύρους διαμόρφωσης, διαθέσιμης πίεσης αερίου και συμβατότητας κεφαλής καύσης.

20. Πρακτικό φύλλο μετρήσεων

Ένα οργανωμένο φύλλο λειτουργίας περιλαμβάνει ημερομηνία, τύπο καυστήρα, ώρες λειτουργίας, ποσοστό φορτίου, πίεση αερίου πριν και μετά τον ρυθμιστή, O₂, CO και θερμοκρασία καυσαερίων.

Οι καταγραφές πρέπει να συνοδεύονται από τη μονάδα μέτρησης, τη μέθοδο και τυχόν παρατηρήσεις. Οι τάσεις των μετρήσεων έχουν μεγαλύτερη αξία όταν συγκρίνονται υπό παρόμοιες συνθήκες.

Ελάχιστη τεκμηρίωση

Κατάσταση εξοπλισμού, βαθμονόμηση οργάνου, υπογραφή τεχνικού και προγραμματισμένη επόμενη επιθεώρηση.

21. Πρότυπα, συμμόρφωση και όρια

Ο σχεδιασμός, η εγκατάσταση και η λειτουργία συστημάτων καύσης φυσικού αερίου υπάγονται σε εφαρμοστέες ευρωπαϊκές και εθνικές απαιτήσεις, οδηγίες κατασκευαστών και διαδικασίες της εγκατάστασης.

Ενδεικτικά, η σειρά EN 676 αφορά καυστήρες εξαναγκασμένου ελκυσμού για αέρια καύσιμα, ενώ άλλες απαιτήσεις ισχύουν για βαλβίδες, ρυθμιστές, διατάξεις ελέγχου και λέβητες. Η εφαρμοστέα έκδοση και το πεδίο κάθε προτύπου πρέπει να επαληθεύονται.

Περιορισμός

Το εγχειρίδιο δεν αποτελεί μελέτη εγκατάστασης, πιστοποίηση ή εξουσιοδότηση για επέμβαση σε συστήματα αερίου.

22. Συμπεράσματα και τεχνική βιβλιογραφία

Η ασφαλής και αποδοτική λειτουργία καυστήρα φυσικού αερίου απαιτεί συνδυασμό σωστής επιλογής εξοπλισμού, κατάλληλης γραμμής αερίου, αξιόπιστων αυτοματισμών και τεκμηριωμένων ελέγχων καύσης.

Για την τεχνική τεκμηρίωση χρησιμοποιούνται οι οδηγίες του συγκεκριμένου κατασκευαστή, οι εγκεκριμένες μελέτες της εγκατάστασης, τα ισχύοντα πρότυπα και τα φύλλα ελέγχου συντήρησης.

Βασικές αναφορές

EN 676 (έκδοση σε ισχύ), σχετικές σειρές EN για διατάξεις ασφαλείας αερίου, εγχειρίδια κατασκευαστών και εθνικό κανονιστικό πλαίσιο.