


ΦΑΚΕΛΟΣ ΠΕΔΙΟΥ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ, ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 2026

# Πεδίο εφαρμογής: πετροχημικά — πυρίμαχα στην πράξη σε αναμορφωτές, μονάδες πυρόλυσης και κλιβάνους διεργασιών

Αναμορφωτές, μονάδες πυρόλυσης (crackers) και κλίβανοι διεργασιών έχουν άλλες απαιτήσεις από τους κλασικούς βιομηχανικούς κλιβάνους: υψηλές θερμοκρασίες τοιχώματος με μικρή μηχανική φθορά, αλλά ατμόσφαιρες με υδρογόνο και μονοξείδιο του άνθρακα, στενές ανοχές γύρω από τις σερπαντίνες και μεγάλους χρόνους λειτουργίας μεταξύ των μεγάλων στάσεων (turnaround). Γι' αυτό η επένδυση είναι σχεδόν πάντα πολυστρωματική: επένδυση εργασίας στη θερμή όψη και πίσω της διαβαθμισμένες μονωτικές στρώσεις, που κρατούν το χαλύβδινο κέλυφος σε επιτρεπτή θερμοκρασία.

Στις ζώνες ακτινοβολίας των σύγχρονων αναμορφωτών επικρατούν στοιχεία κεραμικών ινών (module) σε οροφή και τοιχώματα: μικρή θερμική μάζα, γρήγορη εκκίνηση και κράτηση, εύκολη τμηματική ανανέωση. Κρίσιμες είναι οι μεταβάσεις — μπλοκ καυστήρα, θυρίδες επιθεώρησης, διελεύσεις σωλήνων και αντισταθμιστές πρέπει να προσαρμόζονται και να στεγανώνονται άρτια, αλλιώς τα θερμά αέρια βρίσκουν παρακάμψεις. Σε κυκλώνες, risers και αγωγούς μετάβασης των μονάδων καταλυτικής πυρόλυσης κυριαρχούν αντίθετα μάζες ανθεκτικές στη διάβρωση με αγκύρωση hexmesh ή αγκύρια, χυτές, κοπανιστές ή ως εκτοξευόμενο πυρίμαχο.

Τη διάρκεια ζωής συχνά την κρίνει ο χειρισμός, όχι το υλικό: αέρια διεργασίας με CO αποθέτουν άνθρακα σε πυρίμαχα που περιέχουν σίδηρο και διαρρηγνύουν τη μικροδομή από μέσα. Μετά από κάθε επισκευή η επένδυση ξηραίνεται ελεγχόμενα και θερμαίνεται κατά την καμπύλη του κατασκευαστή, ώστε το εγκλωβισμένο νερό να μην προκαλέσει αποφλοιώσεις (spalling). Κατά τη λειτουργία η θερμογραφία του κελύφους δείχνει νωρίς τα αδύναμα σημεία — πολύ πριν ένα hot spot γίνει κίνδυνος για την ασφάλεια.

## Δέκα σημεία για αναμορφωτές, μονάδες πυρόλυσης και κλιβάνους διεργασιών

| | |
|---|---|
| ☐ **Πολυστρωματική δομή του τοιχώματος** | Διαβαθμίζετε επένδυση εργασίας και μόνωση κατά θερμοκρασιακό προφίλ και ατμόσφαιρα· τον σχεδιασμό τον ορίζει η θερμοκρασία κελύφους, όχι μόνο η θερμοκρασία του κλιβάνου. |
| ☐ **Στοιχεία κεραμικών ινών** | Μικρή θερμική μάζα και γρήγορη τοποθέτηση· τοποθετείτε τα στοιχεία σφιχτά, προσέχετε τον προσανατολισμό των ινών και προστατεύετε τη θερμή όψη από τη ροή αερίων. |

| | |
|---|---|
| ☐ **Περιοχή σερπαντινών σωλήνων** | Προσαρμόζετε με ακρίβεια διελεύσεις, στηρίγματα και πυρίμαχα μπλοκ καυστήρα· στεγανώνετε τα διάκενα με υλικό ινών, χωρίς να εμποδίζεται η κίνηση των σωλήνων. |
| ☐ **Μάζες ανθεκτικές στη μηχανική διάβρωση** | Σε κυκλώνες και αγωγούς μετάβασης χρησιμοποιείτε μάζες ανθεκτικές σε απότριψη με αγκύρωση hexmesh· τοποθετείτε την κηρήθρα εγκάρσια στη ροή. |
| ☐ **Εκτοξευόμενο πυρίμαχο σκυρόδεμα** | Οικονομικό για επισκευές μεγάλων επιφανειών· αναπήδηση υλικού, προσθήκη νερού και χειρισμός ακροφυσίου κρίνουν την ποιότητα περισσότερο από το φύλλο τεχνικών δεδομένων. |
| ☐ **Προσβολή από CO** | Σε ατμόσφαιρα με μονοξείδιο του άνθρακα επιλέγετε πυκνά ψημένες ποιότητες χαμηλές σε σίδηρο· η απόθεση άνθρακα στη μικροδομή καταστρέφει τα ακατάλληλα προϊόντα από μέσα. |
| ☐ **Ξήρανση και καμπύλη εκκίνησης** | Μετά από νέα επένδυση ή επισκευή τηρείτε την καμπύλη του κατασκευαστή με βαθμίδες παραμονής· η υπερβολικά γρήγορη θέρμανση ωθεί εκρηκτικά τους υδρατμούς μέσα στη μικροδομή. |
| ☐ **Επιτήρηση θερμών σημείων** | Καταγράφετε και τεκμηριώνετε τακτικά τις θερμοκρασίες κελύφους με θερμογραφία· η σύγκριση τάσεων δείχνει τις βλάβες της επένδυσης νωρίτερα από τις μεμονωμένες μετρήσεις. |
| ☐ **Επιθεώρηση στη μεγάλη προγραμματισμένη στάση** | Τεκμηριώνετε φωτογραφικά τα ευρήματα ανά ζώνη και τα συγκρίνετε με τα προηγούμενα· από αυτά προκύπτουν οι ανάγκες σε υλικά και το εύρος επισκευής για την επόμενη στάση. |
| ☐ **Ασφάλεια εργασίας** | Άδεια εισόδου, μέτρηση απουσίας επικίνδυνων αερίων και αερισμός πριν από κάθε είσοδο· σε εργασίες με ίνες πάντα αναπνευστική προστασία και αφαίρεση με λίγη σκόνη. |



*Λόγχες καυστήρων μετά την αποκατάσταση*



*Εκτόξευση συντήρησης σε μεγάλη προγραμματισμένη στάση*

## Συχνά λάθη

- Η καμπύλη εκκίνησης μετά από επισκευή συντομεύεται λόγω πίεσης χρόνου — το εγκλωβισμένο νερό εξατμίζεται απότομα, η νέα επένδυση αποφλοιώνεται και η στάση παρατείνεται αντί να συντομευτεί.
- Σε ατμόσφαιρα με CO τοποθετείται τυποποιημένο προϊόν αντί για ποιότητα χαμηλή σε σίδηρο — η απόθεση άνθρακα στη μικροδομή μένει για καιρό αόρατη και φαίνεται μόνο ως αποσάθρωση σε μεγάλη έκταση.
- Η αγκύρωση και ο προσανατολισμός της κηρήθρας σε ζώνες μηχανικής διάβρωσης αντιμετωπίζονται ως δευτερεύοντα — η ίδια η μάζα αντέχει, αλλά η επένδυση αστοχεί στη σύνδεση και αποκολλώνται ολόκληρα πεδία.

**ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΣΥΜΒΟΥΛΗ**

Είτε στοιχεία ινών στον αναμορφωτή, είτε επένδυση ανθεκτική στη μηχανική διάβρωση στον κυκλώνα, είτε επισκευή με εκτοξευόμενο πυρίμαχο σκυρόδεμα στη μεγάλη στάση: καθοριστικά είναι η άρτια εκτέλεση, η τεκμηριωμένη ξήρανση και ένα σχέδιο εκκίνησης που ταιριάζει στο υλικό. Όποιος συγκρίνει με συνέπεια ευρήματα επιθεωρήσεων και θερμοκρασίες κελύφους διαχρονικά, σχεδιάζει την επόμενη στάση με πολύ λιγότερες εκπλήξεις. Περισσότερα φύλλα πρακτικών οδηγιών θα βρείτε στο sbs-rs.de/fachwissen.