

Ζημιές σε κουζινέτα



Όμιλος Motorservice

Ποιότητα και εξυπηρέτηση από έναν προμηθευτή

Ο Όμιλος Motorservice είναι το δίκτυο διάθεσης για τα παγκόσμια προϊόντα Aftermarket της Rheinmetall Automotive. Είναι ένας κορυφαίος προμηθευτής εξαρτημάτων κινητήρα για την ανεξάρτητη αγορά ανταλλακτικών. Με τις κορυφαίες εταιρείες Kolbenschmidt, Pierburg, TRW Engine Components καθώς και την εταιρεία BF, η Motorservice προσφέρει στους πελάτες της μία πλούσια και αναλυτική γκάμα προϊόντων σε κορυφαία ποιότητα, από έναν προμηθευτή. Ως επίλυση προβλημάτων για το εμπόριο και τα συνεργεία, διαθέτει επιπλέον ένα πλούσιο πακέτο υπηρεσιών. Οι πελάτες της Motorservice επωφελούνται έτσι από την ανταγωνιστική τεχνογνωσία ενός μεγάλου, διεθνούς προμηθευτή της αυτοκινητοβιομηχανίας.

Rheinmetall Automotive

Επώνυμος προμηθευτής της διεθνούς αυτοκινητοβιομηχανίας

Η Rheinmetall Automotive είναι η θυγατρική του τεχνολογικού ομίλου Rheinmetall Group για τεχνολογία οχημάτων. Με τις κορυφαίες εταιρείες Kolbenschmidt, Pierburg και Motorservice, η Rheinmetall Automotive λαμβάνει κορυφαίες θέσεις παγκοσμίως στις εκάστοτε αγορές στους τομείς τροφοδοσία αέρα, μείωση ρύπων και αντλίες καθώς και στην εξέλιξη, κατασκευή και παράδοση ανταλλακτικών εμβόλων, μπλοκ κινητήρων και εδράνων ολίσθησης. Χαμηλές εκπομπές ρύπων, μειωμένη κατανάλωση καυσίμου, αξιοπιστία, ποιότητα και ασφάλεια είναι οι καθοριστικοί παράγοντες εξέλιξης για τα πρωτοποριακά προϊόντα της Rheinmetall Automotive.



KOLBENSCHMIDT



PIERBURG



TRW
EngineComponents

1η έκδοση 05.2017
Αρ. προϊόντος 50 003 859-16

Σύνταξη:
Motorservice, Technical Market Support

Layout και παραγωγή:
Motorservice, Marketing
DIE NECKARPRINZEN GmbH, Heilbronn

Ανατύπωση, αναπαραγωγή και μετάφραση, ακόμη και αποσπασματική, μόνο με την προηγούμενη γραπτή έγκριση της εταιρείας μας και με αναφορά της πηγής.

Με επιφύλαξη αλλαγών και διαφορών στις εικόνες.
Αποκλείεται κάθε ευθύνη.

Εκδότης:
© MS Motorservice International GmbH

Ευθύνη

Όλα τα στοιχεία στο παρόν έντυπο εξετάστηκαν και συντάχθηκαν προσεκτικά. Παρόλα αυτά ενδέχεται να προκύψουν σφάλματα, λάθος μεταφράσεις, έλλειψη πληροφοριών ή τροποποίηση των διατιθέμενων πληροφοριών στο διάστημα που μεσολαβεί. Για την ορθότητα, την πληρότητα, την ενημερότητα ή ποιότητα των διατιθέμενων πληροφοριών δεν μπορούμε συνεπώς να προσφέρουμε εγγύηση ούτε να αναλάβουμε τη νομική ευθύνη. Αποκλείεται κάθε ευθύνη της εταιρείας μας για ζημιές, ιδιαίτερα για άμεσες ή έμμεσες καθώς και υλικές ή μη υλικές, οι οποίες προκύπτουν από τη χρήση ή εσφαλμένη χρήση πληροφοριών ή όχι ολοκληρωμένων ή εσφαλμένων πληροφοριών σε αυτό το έντυπο, εφόσον αυτές δεν προκαλούνται με δόλο ή βαριά αμέλεια της εταιρείας μας.

Ομοίως, δεν ευθυνόμαστε για ζημιές, οι οποίες προκύπτουν, διότι ο επισκευαστής κινητήρων ή ο μηχανικός δεν διαθέτει τις αναγκαίες τεχνικές ειδικές γνώσεις, τις απαιτούμενες γνώσεις επισκευής ή την πείρα.

Το κατά πόσο οι εδώ περιγραφόμενες τεχνικές διαδικασίες και υποδείξεις επισκευής εφαρμόζονται στις επόμενες γενιές κινητήρων, δεν μπορεί να προβλεφθεί και πρέπει να ελέγχεται ανά περίπτωση από τον επισκευαστή κινητήρων ή το συνεργείο.

1 	Εισαγωγή	04
2 	Βασικές αρχές	05
2.1	Σημεία εδράνων στον κινητήρα	05
2.2	Κύρια μπιέλα και κεφαλή μπιέλας στον μηχανισμό κίνησης στροφαλοφόρου	06
2.3	Λειτουργίες των κουζινέτων	07
2.4	Δομή των κουζινέτων	08
2.5	Εξαγωγή κουζινέτων σε περίπτωση βλάβης	10
3 	Φθορά λόγω τριβής μείξης	12
3.1	Εισαγωγή	12
3.2	Φθορά προσαρμογής-ρονταρίσματος	13
3.3	Φθορά αρχικού σταδίου	14
3.4	Φθορά τελικού σταδίου	16
3.5	Ειδικές περιπτώσεις	18
3.5.1	Μονόπλευρη φθορά πλευρικής ακμής εδράνου	20
3.5.2	Μονόπλευρη-εναλλάξ φθορά πλευρικής ακμής εδράνου	22
3.5.3	Αμφίπλευρη φθορά πλευρικής ακμής εδράνου	24
3.5.4	Πlatύ ίχνος φθοράς στο κέντρο του εδράνου στην περιφερειακή κατεύθυνση	26
3.5.5	Φθορά σε μορφή λωρίδων στο κέντρο του εδράνου	28
3.5.6	Φθορά στις απέναντι περιοχές των διαχωριστικών επιφανειών	30
3.5.7	Αμφίπλευρη φθορά στις περιοχές των διαχωριστικών επιφανειών	32
3.5.8	Περιορισμένη ζώνη φθοράς στην κορυφή του κουζινέτου	34
3.5.9	Λεπτές λωρίδες χωρίς φθορά στην περίμετρο του εδράνου	36
4 	Ζημιές λόγω επίδρασης σωματιδίων	38
4.1	Εισαγωγή	38
4.2	Σχηματισμός αυλακώσεων	40
4.3	Εγκλεισμός	42
4.4	Ίχνος μετανάστευσης ρύπων	44
4.5	Υπόστρωμα στη ράχη του εδράνου	46
5 	Διάβρωση και σπηλαιώση	48
5.1	Διάβρωση	48
5.2	Σπηλαιώση	49
6 	Ζημιές λόγω κόπωσης	52
6.1	Εισαγωγή	52
6.2	Απαρχές ρωγμών και σπασίματα στο στρώμα ολίσθησης	54
6.3	Απαρχές ρωγμών και σπασίματα στο μέταλλο του εδράνου	55
7 	Ζημιές λόγω υπερθέρμανσης	56
7.1	Εισαγωγή	56
7.2	Θερμορωγμές	57
7.3	Τήγματα στο στρώμα κύλισης	58
7.4	Αποχρωματισμοί στο στρώμα κύλισης ή/και στη ράχη του εδράνου	59
8 	Οξείδωση	60
8.1	Διάβρωση τριβής/σκουριά συναρμογής	60
8.2	Χημική οξείδωση	62
9 	Ζημιές στις ροδέλες θρος	64
10 	Γλωσσάριο	66

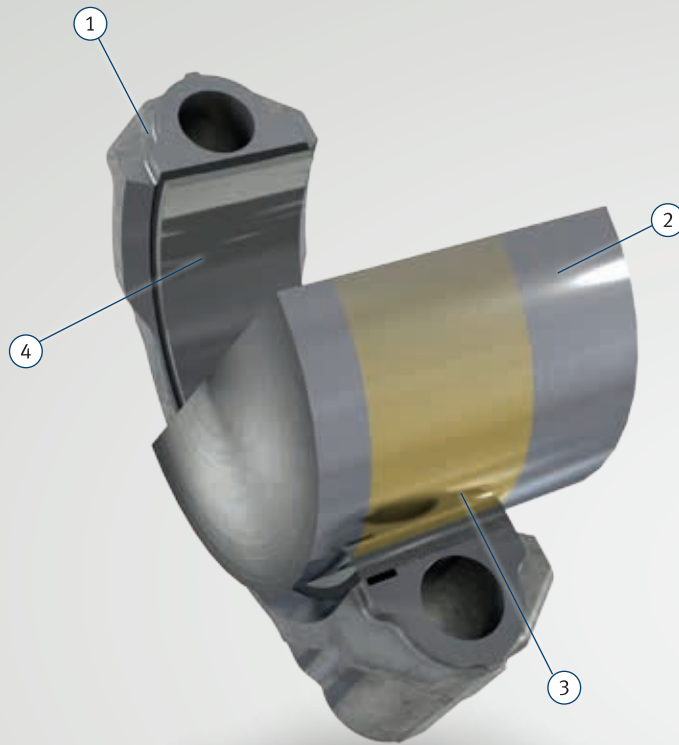
Πληροφορίες για το φυλλάδιο

Στο παρόν φυλλάδιο παρουσιάζεται μια επισκόπηση διαφόρων τύπων ζημιάς σε ημικυλινδρικά κουζινέτα κινητήρων και ροδέλες θροσ. Επιπλέον υποστηρίζει τους τεχνικούς κατά τη διάγνωση και τον προσδιορισμό της αιτίας της ζημιάς.

Για να προσδιοριστούν οι αιτίες της ζημιάς που δεν είναι πάντα σαφείς, απαιτείται κατά την αξιολόγηση των ζημιών κινητήρα πάντα μια ολιστική προσέγγιση. Δεν είναι ασυνήθιστο ακόμα και μετά την επισκευή του κινητήρα να εμφανιστούν εκ νέου διακοπές λειτουργίας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι παρόλο που αντικαταστάθηκαν τα χαλασμένα εξαρτήματα, οι αιτίες της ζημιάς δεν εξαλείφθηκαν.

Λόγω της υψηλής πολυπλοκότητας της αλληλεπίδρασης μεταξύ των μεμονωμένων εξαρτημάτων στην εσωτερική έδραση κινητήρα (βλ. εικόνα), συνήθως δεν είναι εύκολο να προσδιοριστεί η αιτία της ζημιάς. Συχνά η αιτία δεν βρίσκεται στο έδρανο καθεαυτό, αλλά στον γύρω χώρο της έδρασης. Παρόλο που το έδρανο υφίσταται συνήθως τη μεγαλύτερη ζημιά, η αντικατάσταση απλώς των χαλασμένων εδράνων συχνά δεν επιλύει από μόνη της την αιτία της ζημιάς.

Επομένως, κατά την επαγγελματική επισκευή του κινητήρα πρέπει να καθορίζεται πρώτα η πραγματική αιτία της ζημιάς προκειμένου να ληφθούν κατόπιν τα κατάλληλα μέτρα επισκευής.



1 Οπή περιβλήματος (παράδειγμα: Μπιέλα):

- Ακαμψία (ελαστικότητα και σταθερότητα)
- Θερμική στρέβλωση
- Κατασκευαστικές αντοχές
- Επιφανειακή κατάσταση
- Ροπές σύσφιγξης βιδών

2 Φορέας άξονα:

- Υλικό (π.χ. άξονας από χυτοσίδηρο ή χάλυβα)
- Ακαμψία (ελαστικότητα και σταθερότητα)
- Θερμική στρέβλωση
- Κατασκευαστικές αντοχές
- Επιφανειακή κατάσταση

3 Λίπανση:

- Λιπαντικό: Ιξώδες, πρόσθετα
- Τροφοδοσία λαδιού: Στάθμη λαδιού, πίεση λαδιού, αντλία λαδιού, σωλήνες λαδιού, φίλτρο λαδιού
- Βαθμός ρύπανσης

4 Κουζινέτο:

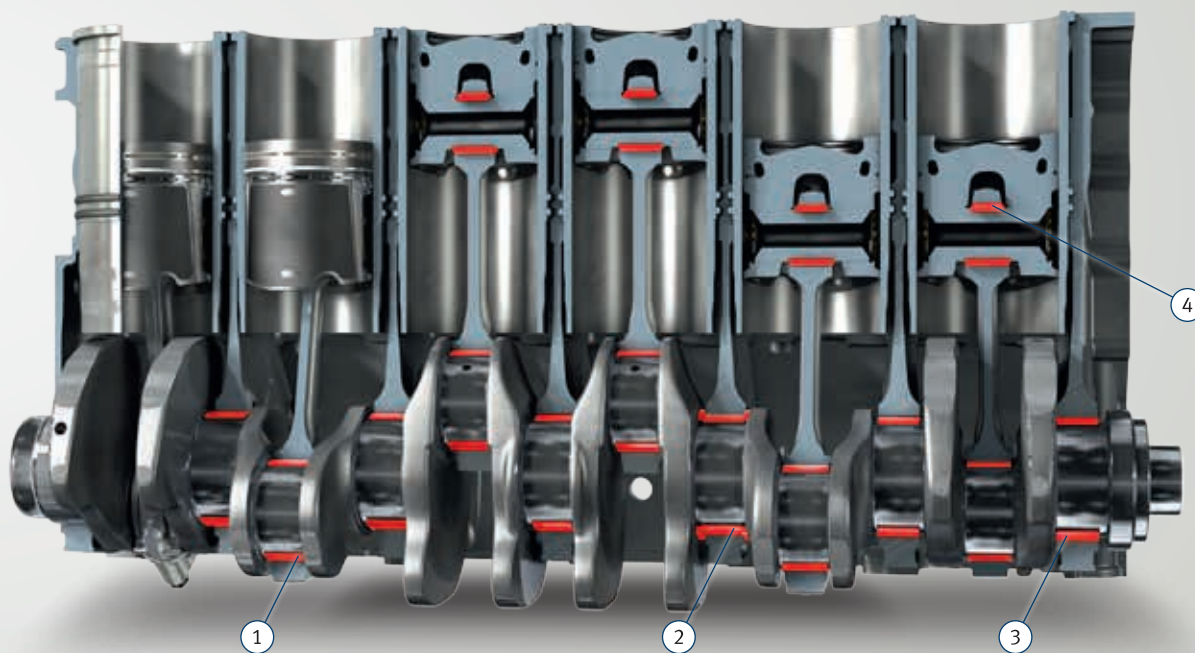
- Υλικό: Επιβαρυνσιμότητα, αντοχή στη φθορά, συμπεριφορά λειτουργίας ανάγκης, ικανότητα εγκλεισμού
- Κατασκευαστικές αντοχές
- Επιφανειακή κατάσταση

2.1 Σημεία εδράνων στον κινητήρα

Η απεικόνιση του εξακύλινδρου κινητήρα δείχνει τα σημεία εδράνων στον κινητήρα. Είναι τοποθετημένα επτά κύρια έδρανα, ένα εκ των οποίων είναι σχεδιασμένο ως αξονικό έδρανο. Μεταξύ των εκάστοτε κυρίων εδράνων βρίσκονται οι κεφαλές μπιέλας – μία κεφαλή μπιέλας ανά κύλινδρο.

Τα άλλα σημεία εδράνων, όπως έδρανα εκκεντροφόρου άξονα, πόδια μπιέλας και έδρανα για αντικραδασμικούς άξονες, κατά κανόνα δεν υλοποιούνται με ημικυλινδρικά κουζινέτα, αλλά με χιτώνια ολίσθησης.

Το παρόν φυλλάδιο επικεντρώνεται στα ημικυλινδρικά κουζινέτα, τα οποία χρησιμοποιούνται στον μηχανισμό κίνησης στροφαλοφόρου για την έδραση της μπιέλας και του στροφαλοφόρου άξονα.



1 Κεφαλή μπιέλας



2 Ροδέλες θρος/κύριο έδρανο
ή έδρανο συναρμογής



3 Κύριο έδρανο



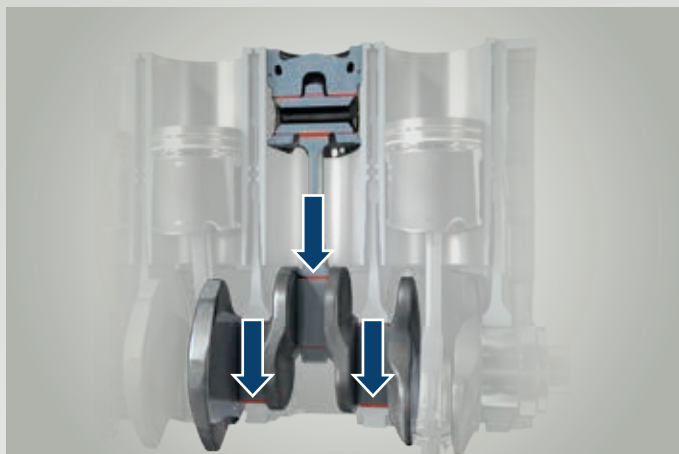
4 Πόδια μπιέλας

2.2 Κύρια μπιέλα και κεφαλή μπιέλας στον μηχανισμό κίνησης στροφαλοφόρου

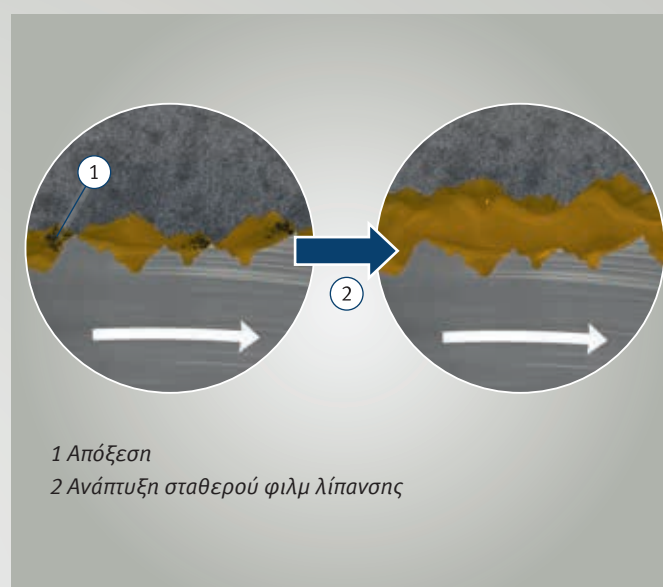
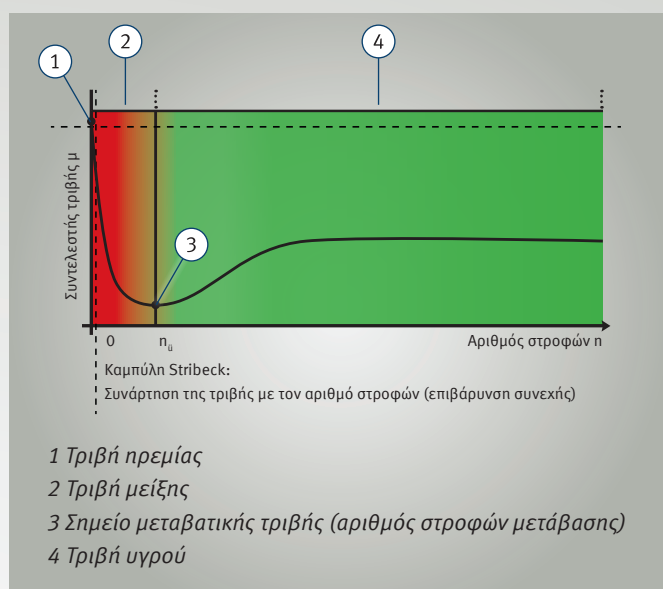
Οι κεφαλές μπιέλας συνδέουν την μπιέλα με τον στροφαλοφόρο άξονα. Τα κουζινέτα ενδέχεται να διαφέρουν στην πλευρά στελέχους μπιέλας και καβαλέτου, καθώς τα κουζινέτα πλευράς στελέχους μπιέλας καταπονούνται πολύ περισσότερο σε σχέση με τα κουζινέτα πλευράς καβαλέτου. Μέσω αυτών η δύναμη ανάφλεξης που δημιουργείται κατά την καύση, οδηγείται στον στροφαλοφόρο άξονα. Στους βενζινοκινητήρες επιβαρύνεται σε μεγάλο βαθμό και το κουζινέτο πλευράς καβαλέτου, επειδή εξαιτίας των υψηλών αριθμών στροφών επιδρούν υψηλές δυνάμεις αδράνειας σε αντίθεση με τους πετρελαιοκινητήρες. Οι κεφαλές μπιέλας τροφοδοτούνται με λάδι μέσω του στροφαλοφόρου άξονα από οπές στο κύριο έδρανο.

Η έδραση του στροφαλοφόρου άξονα πραγματοποιείται μέσω των κύριων εδράνων. Και σε αυτήν τη περίπτωση το έδρανο χωρίζεται σε επάνω και κάτω κουζινέτο. Στα κύρια έδρανα το κάτω κουζινέτο επιβαρύνεται σε μεγαλύτερο βαθμό εξαιτίας της υποδοχής των δυνάμεων ανάφλεξης. Οι δυνάμεις που καθοδηγούνται από την μπιέλα προς τον στροφαλοφόρο άξονα απορροφώνται από περισσότερα κύρια έδρανα, ώστε να επιβαρύνονται λιγότερο από τα κουζινέτα μπιέλας πλευράς στελέχους μπιέλας. Το επάνω κύριο κουζινέτο περιλαμβάνει μια εγκοπή λίπανσης, η οποία τροφοδοτεί το λάδι μέσω οπών στον στροφαλοφόρο άξονα προς τις κεφαλές μπιέλας.

Για να μπορέσουν να απορροφηθούν πρόσθετες αξονικές δυνάμεις, οι οποίες δημιουργούνται π.χ. με το πάτημα του συμπλέκτη, τοποθετούνται ροδέλες θρος ή συνδετικά έδρανα ως αξονικά έδρανα.



2.3 Λειτουργίες των κουζινέτων



Η κύρια λειτουργία των κουζινέτων είναι να απορροφούν και να μεταφέρουν τις δυνάμεις ανάμεσα σε σχετικά κινούμενα μεταξύ τους εξαρτήματα. Επιπλέον η τριβή θα πρέπει να ελαττωθεί, έτσι ώστε να καταστεί δυνατή μια περιστροφική κίνηση χωρίς σχεδόν καθόλου φθορά. Σε κάθε έδρανο υπάρχουν ενεργές δυνάμεις τριβής, οι οποίες αντιτίθενται στην περιστροφική κίνηση και συγχρόνως παράγουν θερμότητα. Για τον περιορισμό αυτών των δυνάμεων και για την απαγωγή της θερμότητας τριβής, απαιτείται ένα φιλμ λίπανσης ανάμεσα στο έδρανο και τον φορέα άξονα. Χωρίς αυτό το φιλμ λίπανσης, προκύπτει απευθείας επαφή με ξηρά τριβή, η οποία προκαλεί φθορά και απόξεση στο έδρανο.

Τα υδροδυναμικά κουζινέτα, στα οποία δημιουργείται από μόνο του ένα φέρον φιλμ λίπανσης μέσω της σχετικής κίνησης μεταξύ κουζινέτου και φορέα, διέρχονται από μια περιοχή τριβής μείξης έως έναν καθορισμένο αριθμό στροφών μεταβατικής τριβής.

Σε χαμηλό αριθμό στροφών δεν επαρκεί η υδροδυναμική ώθηση για να διαχωριστούν πλήρως οι επιφάνειες μεταξύ τους. Πρόκειται για μερική επαφή του στερεού σώματος των επιφανειών ολίσθησης, κάτι που περικλείει τον κίνδυνο ζημιάς στο έδρανο. Μόνο με αυξανόμενο αριθμό στροφών μειώνονται οι δυνάμεις τριβής και

σχηματίζεται ένα μόνιμο φιλμ λιπαντικού. Πρόκειται για τριβή υγρού, κατά την οποία οι δύο επιφάνειες ολίσθησης διαχωρίζονται πλήρως μεταξύ τους. Για να μπορέσει να διασφαλιστεί η ασφαλής λειτουργία των εδράνων, η προκύπτουσα πίεση λιπαντικού στο διάκενο εδράνου πρέπει να είναι αρκετά υψηλή ώστε να απορροφούνται οι δυνάμεις που επιδρούν στο έδρανο χωρίς να γίνεται επαφή των επιφανειών ολίσθησης. Εδώ βρίσκεται το ιδανικό σημείο λειτουργίας των κουζινέτων. Ωστόσο, ακόμα και αυτή η μορφή τριβής παράγει θερμότητα και έτσι απαιτείται επαρκής λίπανση για την απαγωγή της θερμότητας.

2.4 Δομή των κουζινέτων

Σύμφωνα με το πρότυπο DIN 50282 ("Τριβολογική συμπεριφορά των μεταλλικών υλικών ολίσθησης – Χαρακτηριστικοί όροι"), η τριβολογική συμπεριφορά του υλικού ολίσθησης μπορεί να περιγραφεί με όρους όπως συμπεριφορά ρονταρίσματος, ικανότητα εγκλεισμού, συμπεριφορά λειτουργίας ανάγκης, αντοχή στη φθορά και ικανότητα προσαρμογής. Οι απαιτήσεις στο κουζινέτο είναι, επομένως, καθοριστικές για την επιλογή του υλικού.

Υπάρχουν δύο διαφορετικές οικογένειες υλικών ολίσθησης:

Έδρανα δύο υλικών

- Σύνθετα υλικά χάλυβα-αλουμινίου

Τα έδρανα δύο υλικών αποτελούνται από τη χαλύβδινη ράχη, το ενδιάμεσο στρώμα από καθαρό αλουμίνιο και το επιστρωμένο υλικό εδράνου. Στις περισσότερες περιπτώσεις επιλέγεται ως υλικό ένα κράμα αλουμινίου με πρόσθετες ουσίες από κασίτερο, χαλκό και πυρίτιο.

Έδρανα τριών υλικών

- Πυροσυσσωματωμένα/χυτευμένα σύνθετα υλικά χάλυβα-μπρούντζου ή χάλυβα-ορείχαλκου με επίστρωση
- Σύνθετα υλικά χάλυβα-αλουμινίου με επίστρωση

Ανάλογα με την περιοχή χρήσης και τις ειδικές απαιτήσεις η επίστρωση του εδράνου τριών υλικών εφαρμόζεται ως πρόσθετο στρώμα ολίσθησης σε μορφή επίστρωσης μέσω καθοδικού ψεκασμού, γαλβανισμού ή ολισθητικού βερνικιού. Το μέταλλο του εδράνου (κράμα αλουμινίου, μπρούντζου ή ορείχαλκου) επιστρώνεται, χυτεύεται ή πυροσυσσωματώνεται στη χαλύβδινη ράχη. Εφόσον χρειάζεται, εισάγεται ως διάφραγμα διάχυσης ένα ενδιάμεσο στρώμα από νικέλιο ή κράμα νικελίου μεταξύ του υλικού του εδράνου και του στρώματος κύλισης (επίστρωση).

Στα κουζινέτα μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν διαφορετικά υλικά,

ανάλογα με τις απαιτήσεις. Στο κουζινέτο με την υψηλότερη επιβάρυνση επιλέγεται συχνά ένα υλικό διαφορετικό από εκείνο του απέναντι κουζινέτου. Στους κινητήρες V τα κουζινέτα μπίελας, για παράδειγμα, υλοποιούνται από την πλευρά στελέχους μπίελας μέσω ενός ημικυλινδρικού κουζινέτου με επίστρωση καθοδικού ψεκασμού και από την πλευρά καβαλέτου μέσω ενός ημικυλινδρικού κουζινέτου από σύνθετο υλικό χάλυβα-αλουμινίου χωρίς επίστρωση.

Σε κάθε υφιστάμενη περίπτωση βλάβης παρουσιάζεται η χαρακτηριστική εικόνα ζημιάς με τη βοήθεια των κατάλληλων κουζινέτων. Πρέπει να προσέξετε ότι ενδέχεται να εμφανιστούν διαφορετικά μοτίβα ζημιάς σε διαφορετικά υλικά. Λόγω των διαφορετικών μορφών της εικόνας ζημιάς ενδέχεται να υπάρχουν αποκλίσεις από τις εικόνες που εμφανίζονται στο φυλλάδιο.

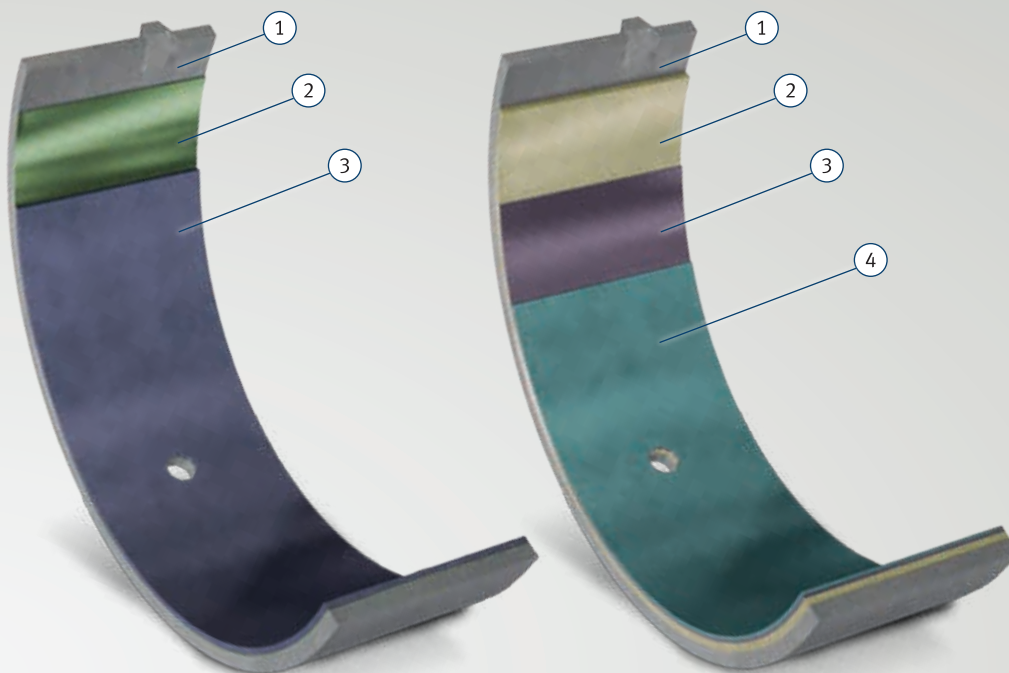


Έδρανα δύο υλικών

Χάλυβας-αλουμίνιο

Ράχη: Χάλυβας
Υλικό εδράνου: Αλουμίνιο

Απεικόνιση δομής εδράνου



Έδρανα δύο υλικών

- 1 Χαλύβδινη ράχη
- 2 Ενδιάμεση επικάλυψη (εφόσον χρειάζεται)
- 3 Υλικό εδράνου

Έδρανα τριών υλικών

- 1 Χαλύβδινη ράχη
- 2 Υλικό εδράνου
- 3 Ενδιάμεσο στρώμα (εφόσον χρειάζεται)
- 4 Στρώμα κύλισης (επίστρωση)

Έδρανα τριών υλικών

Γαλβανισμός

- Ράχη: Χάλυβας
- Υλικό εδράνου: Μπρούντζος
- Ενδιάμεσο στρώμα
- Στρώμα κύλισης: Γαλβανισμός

Έδρανα τριών υλικών

Βερνίκι ολίσθησης

- Ράχη: Χάλυβας
- Υλικό εδράνου: Αλουμίνιο ή μπρούντζος
- Στρώμα κύλισης: Βερνίκι ολίσθησης

Έδρανα τριών υλικών

Καθοδικός ψεκασμός

- Ράχη: Χάλυβας
- Υλικό εδράνου: Ορείχαλκος ή μπρούντζος
- Ενδιάμεσο στρώμα (σε μπρούντζο)
- Στρώμα κύλισης: Καθοδικός ψεκασμός

2.5 Εξαγωγή κουζινέτων σε περίπτωση βλάβης

Τι πρέπει να προσέχετε κατά την εξαγωγή κουζινέτων σε περίπτωση βλάβης:

- Τα κουζινέτα πρέπει να σημειώνονται σύμφωνα με την έδραση και τη θέση στην πύλη του κύριου κουζινέτου, ώστε να μπορεί να εντοπιστεί καλύτερα η προέλευση της ζημιάς. Η έδραση προσφέρει συχνά πληροφορίες σχετικά με την προέλευση της ζημιάς επιπρόσθετα με την εικόνα εμφάνισης του εδράνου. Κατά την κάμψη του στροφαλοφόρου άξονα εμφανίζονται, π.χ. ειδικά στο πρώτο και τελευταίο έδρανο κατά μήκος της πύλης, μονόπλευρα ίχνη φθοράς.
- Οι συνθήκες λειτουργίας (διάρκεια, είδος επιβάρυνσης) και άλλες επιδράσεις, όπως π.χ. το χρησιμοποιημένο λάδι, πρέπει να τεκμηριώνονται για να μπορέσει να γίνει καλύτερη εκτίμηση της ζημιάς.

- Τυχόν ανωμαλίες σε άλλα εξαρτήματα κινητήρα, όπως π.χ. του στροφαλοφόρου άξονα, πρέπει να τεκμηριώνονται. Στις περισσότερες περιπτώσεις αναγνωρίζονται ζημιές στο απέναντι μέρος του κουζινέτου. Οι ζημιές στο έδρανο προκύπτουν συχνά και ως συνέπεια ζημιών σε άλλα εξαρτήματα του κινητήρα.

- Για να είναι δυνατή η υλοποίηση μεταγενέστερων αναλύσεων θα πρέπει να συλλεχθεί δοκίμιο από το μεταχειρισμένο λάδι και φυλαχθεί το φίλτρο λαδιού. Τα υπολείμματα σωματιδίων μπορούν να ανιχνευτούν και να αναλυθούν, γεγονός που μπορεί να προσφέρει περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τα πιθανά αίτια της ζημιάς.

- Οι απαιτούμενες ροπές στρέψης για το λύσιμο των βιδών κινητήρα πρέπει να τεκμηριώνονται. Αν οι βίδες δεν βιδωθούν με τη σωστή ροπή στρέψης μπορεί να προκληθούν σχετικές κινήσεις μεταξύ κουζινέτου και οπής περιβλήματος.



Εικ. 1: Σύσφιξη των βιδών σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή



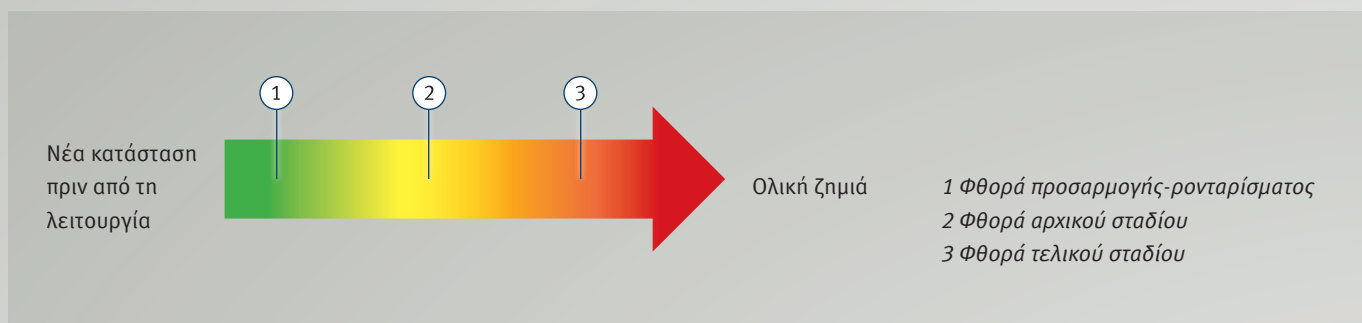
Εικ. 2: Τεκμηρίωση της έδρασης και της θέσης του εδράνου



Εικ. 3: Σύγκριση του παλιού και του νέου φυλλαδίου κουζινέτων

3 | Φθορά λόγω τριβής μείξης

3.1 Εισαγωγή



"Φθορά είναι η προοδευτική απώλεια υλικού από την επιφάνεια ενός στερεού σώματος που προκαλείται από μηχανικές αιτίες, δηλ. επαφή και σχετική κίνηση ενός αντίθετου σώματος που βρίσκεται σε στερεή, υγρή ή αέρια μορφή." (DIN 50320)

Στα κουζινέτα, η φθορά προκαλείται από τη μεταλλική επαφή ως συνέπεια της τριβής μείξης μεταξύ εδράνου και φορέα άξονα.

Αυτό συμβαίνει, για παράδειγμα, σε κάθε εκκίνηση και σβήσιμο του κινητήρα. Τα τοποθετημένα έδρανα διέρχονται από μια περιοχή τριβής μείξης μεταξύ της ακινητοποίησης και του αριθμού στροφών μεταβατικής τριβής του άξονα.

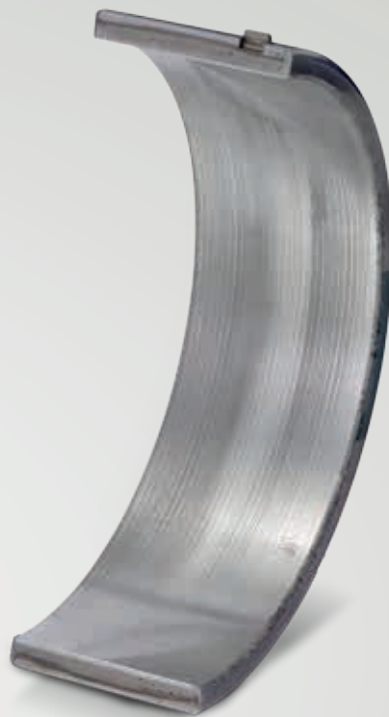
Σε αυτήν την περιοχή δεν επαρκεί πάντα η φέρουσα ικανότητα του φιλμ λιπαντικού για να διαχωριστούν πλήρως τα μέρη ολίσθησης μεταξύ τους (βλέπε κεφάλαιο: "Λειτουργίες των κουζινέτων"). Επομένως, ειδικά σε οχήματα με αυτόματο σύστημα Start-Stop, τα υλικά με αντοχή στη φθορά παίζουν σημαντικό ρόλο. Σε χαμηλό αριθμό στροφών και υψηλή επιβάρυνση ενδέχεται, επίσης, να μην επαρκεί η τριβή υγρού και να προκληθεί φθορά στο έδρανο. Επίσης, οι γεωμετρικές αποκλίσεις ως συνέπεια σφαλμάτων συναρμολόγησης ή παραμορφώσεων του φορέα και της πύλης εδράνου ενδέχεται να οδηγήσουν σε φθορά.

Στις πρώτες ώρες λειτουργίας ενός εδράνου πραγματοποιείται προσαρμογή του μέρους ολίσθησης. Συγχρόνως λειαιώνονται οι προεξοχές τραχύτητας και εξομαλύνεται το προφίλ τραχύτητας. Αυτή η φθορά προσαρμογής-ρονταρίσματος χαρακτηρίζεται αναμφίβολα ως επιθυμητή και δεν αποτελεί περιορισμό της λειτουργίας του εδράνου. Σε περίπτωση που αυξηθεί η επίδραση της τριβής μείξης, η συνήθης φθορά προσαρμογής-ρονταρίσματος συνεχίζει να αναπτύσσεται από φθορά αρχικού σταδίου σε φθορά τελικού σταδίου, και έτσι καταλήγει σε ολική ζημιά.

3.2 Φθορά προσαρμογής-ρονταρίσματος

Περιγραφή

- Γυαλιστερά, λεία ίχνη επαφής στην περιοχή κύριου φορτίου
- Μαλακή εκκίνηση και τερματισμός
- Δομή επεξεργασίας του εδράνου ακόμα αναγνωρίσιμη



Κάτω κύριο κουζινέτο
Σύνθετο υλικό χάλυβα-αλουμινίου
(χωρίς επίστρωση)

Στο κέντρο του εδράνου αναγνωρίζεται μια γυαλιστερή λωρίδα φθοράς, ενώ στην περιοχή της ελευθέρωσης και των ακμών εδράνων δεν υπάρχουν εμφανή ίχνη λειτουργίας. Επίσης, η δομή επεξεργασίας του εδράνου είναι ακόμα αναγνωρίσιμη.

Αξιολόγηση

Στις πρώτες ώρες λειτουργίας ενός εδράνου πραγματοποιείται λείανση των προεξοχών τραχύτητας και εξομάλυνση του προφίλ τραχύτητας μέσω της επαφής του εδράνου με τον φορέα άξονα στην περιοχή τριβής μείξης. Η φθορά εμφανίζεται κυρίως στην περιοχή κύριου φορτίου του εδράνου ή στις θέσεις μακροσκοπικών αποκλίσεων μορφής (βλέπε κεφάλαιο: "Ειδικές περιπτώσεις φθοράς από τριβή μείξης").

Η φθορά προσαρμογής-ρονταρίσματος είναι επιθυμητή και συνεπώς δεν αποτελεί ζημιά στο έδρανο.



Υπόδειξη:

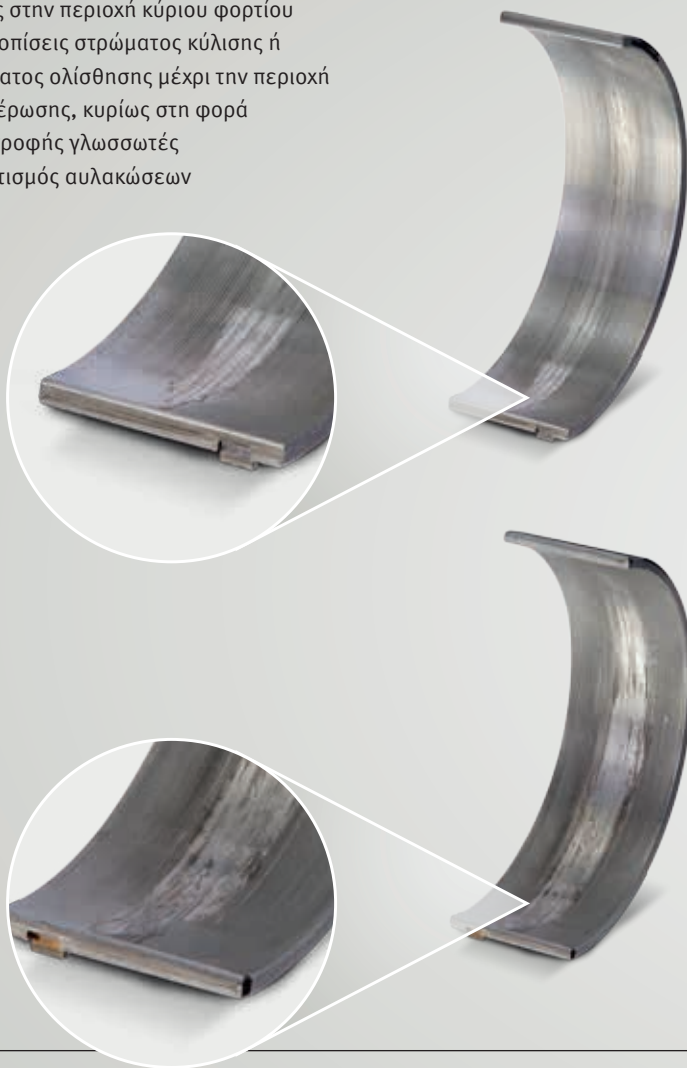
Η λειτουργία του εδράνου δεν επηρεάζεται δυσμενώς.

Σε περίπτωση, ωστόσο, που αυξηθεί η φθορά προσαρμογής-ρονταρίσματος λόγω, π.χ. ενός παραμένουστος σφάλματος ευθυγράμμισης και μορφής, ενδέχεται να προκληθούν φθορές αρχικού σταδίου, φθορές τελικού σταδίου ή ζημιές λόγω κόπωσης.

3.3 Φθορά αρχικού σταδίου

Περιγραφή

- Γυαλιστερά, λεία ίχνη τριβής μείξης κυρίως στην περιοχή κύριου φορτίου
- Μετατοπίσεις στρώματος κύλισης ή στρώματος ολίσθησης μέχρι την περιοχή ελευθέρωσης, κυρίως στη φορά περιστροφής γλωσσωτές
- Σχηματισμός αυλακώσεων



Κουζινέτο μπιέλας πλευράς καβαλέτου από σύνθετο υλικό χάλυβα-αλουμινίου

Στο κέντρο του εδράνου αναγνωρίζεται ένα εμφανές γυαλιστερό ίχνος τριβής μείξης, με επακόλουθο σχηματισμό αυλακώσεων. Πραγματοποιείται μετατόπιση της εικόνας επαφής μέχρι την περιοχή ελευθέρωσης.

Κουζινέτο μπιέλας πλευράς στελέχους μπιέλας από σύνθετο υλικό χάλυβα-ορείχαλκου με επίστρωση καθοδικού ψεκασμού

Αναγνωρίζεται ένα γυαλιστερό ίχνος τριβής μείξης, με επακόλουθο εν μέρει σχηματισμό αυλακώσεων. Η επικάλυψη καθοδικού ψεκασμού έχει μετατοπιστεί μέχρι την περιοχή ελευθέρωσης. Η περιοχή στην οποία υπάρχει ήδη φθορά τελικού σταδίου στην επικάλυψη καθοδικού ψεκασμού έχει τηχθεί.

Αξιολόγηση

Ενδέχεται να προκύψουν φθορές αρχικού σταδίου από ίχνη αμαύρωσης, αν αυξηθεί η επίδραση της τριβής μείξης. Εδώ πρόκειται για μια προσωρινή κατάσταση, μπορούν να εξομαλυνθούν ξανά και η ικανότητα λειτουργίας του εδράνου δεν

περιορίζεται περαιτέρω. Αυτό όμως είναι πολύ δύσκολο να αξιολογηθεί.

Αν η κατάσταση της τριβής μείξης είναι μόνιμη, τότε η φθορά αρχικού σταδίου ενισχύεται και ως εκ τούτου ενδέχεται να

προκληθεί σχηματισμός αυλακώσεων στον φορέα. Η συνέπεια είναι φθορές τελικού σταδίου στα αντίστοιχα κουζινέτα, όπου το κουζινέτο κολλάει στον φορέα λόγω της θερμικής επιβάρυνσης.

Πιθανές αιτίες

- Οι οπές λαδιού δεν είναι ελεύθερες: Αυτό μπορεί να οφείλεται σε λάθος τοποθέτηση των κουζινέτων ή σε έμφραξη των οπών λαδιού – το δεύτερο συμβαίνει συχνά κατά τη χρήση βιολογικών καυσίμων
- Το διάκενο λιπαντικού είναι πολύ μικρό: Δεν μπορεί, επομένως, να σχηματιστεί ένα σταθερό φιλμ λιπαντικού – Αιτία: Αποκλίσεις μορφής και γεωμετρικές αποκλίσεις του άξονα ή του φορέα ή κάμψη του στροφαλοφόρου άξονα
- Το διάκενο λιπαντικού είναι πολύ μεγάλο: Δεν επιτεύχθηκε η υδροδυναμική πίεση για τη δημιουργία του σταθερού φιλμ λίπανσης
- Η στάθμη λαδιού ή η πίεση λαδιού είναι πολύ μικρή
- Φραγμένο φίλτρο λαδιού
- Ελαττωματική αντλία λαδιού
- Διαρροή σε σωλήνες λαδιού
- Υπερβολική επιβάρυνση των εδράνων: Η επιβάρυνση είναι υψηλότερη από αυτήν που προβλέπεται – Αιτίες: Π.χ. tuning κινητήρα με τσιπ ή φάγωμα εμβόλου
- Επίδραση σωματιδίων: Εισέρχονται σωματίδια στο διάκενο εδράνου και προκαλούν φθορά αρχικού σταδίου σε φορέα και έδρανο. Κατά τον εγκλεισμό ή τον σχηματισμό αυλακώσεων δημιουργούνται εξογκώματα στα άκρα – Συνέπεια: Εξαιρετικά αυξημένη τριβή μείξης

Αντιμετώπιση

Οι φθορές αρχικού σταδίου ενδέχεται να αναπτυχθούν περαιτέρω σε φθορές τελικού σταδίου στα έδρανα. Επομένως, είναι σημαντικό να αντικατασταθούν τα κουζινέτα και να αντιμετωπιστεί η αιτία:

- Έλεγχος αν είναι ελεύθερες όλες οι οπές λαδιού και ότι δεν υπάρχει κάποια έμφραξη
- Έλεγχος της πραγματικής ανοχής εδράνου: Αν δεν βρίσκεται στην περιοχή ανοχής, η αιτία είναι συχνά κάποιο σφάλμα μορφής ή γεωμετρίας (βλέπε κεφάλαιο: "Ειδικές περιπτώσεις φθοράς από τριβή μείξης")
- Έλεγχος της λειτουργικότητας του φίλτρου λαδιού και αλλαγή του φίλτρου λαδιού και του λαδιού σύμφωνα πάντα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή
- Έλεγχος της στάθμης λαδιού και της πίεσης λαδιού και ενδεχομένως συμπληρωματική ρύθμιση
- Έλεγχος της λειτουργικότητας της αντλίας λαδιού
- Έλεγχος των σωλήνων λαδιού για τυχόν διαρροές
- Έλεγχος της επιβάρυνσης σε μεμονωμένα έδρανα
- Εξέταση όλου του σετ εδράνων για εγκλεισμούς σωματιδίων ή αυλακώσεις: Αν υπάρχουν, η επίδραση σωματιδίων οδήγησε πιθανότατα στον σχηματισμό φθοράς αρχικού σταδίου (βλέπε κεφάλαιο: "Ζημιές λόγω επίδρασης σωματιδίων")

3.4 Φθορά τελικού σταδίου

Περιγραφή

- Αποφλοιωμένες περιοχές υλικού
- Έντονος σχηματισμός αυλακώσεων και παραμόρφωση
- Ελευθέρωση, τραχιά όψη και σπασίματα
- Η πρόσπτωση διαστολής είναι ορατή με γυμνό μάτι συγκριτικά με τα γειτονικά κουζινέτα χωρίς φθορά τελικού σταδίου
- Ενδείξεις υπερθέρμανσης: Π.χ. τήγματα του υλικού εδράνου και αποχρωματισμοί, συχνά εμφανίζονται σε συνδυασμό με φθορές τελικού σταδίου



Κάτω κύριο κουζινέτο
Σύνθετο υλικό χάλυβα-αλουμινίου

Υπάρχει τήγμα και μετατόπιση του υλικού του εδράνου πάνω από την ακμή του εδράνου καθώς και σπασμένη επιφάνεια με αποφλοιωμένες περιοχές υλικού.

Αξιολόγηση

Οι υψηλές θερμοκρασίες στις περιοχές ισχυρής τριβής μείξης οδηγούν σε τοπικές συγκολλήσεις μεταξύ φορέα και εδράνου. Αυτές οι συγκολλήσεις σπάνε ξανά, και έτσι αποφλοιώνεται το υλικό εδράνου που είναι πιο μαλακό συγκριτικά με τον στροφαλοφόρο άξονα.

Σε αυτήν την περίπτωση αιτία είναι η σημαντική έλλειψη λιπαντικού. Η θερμοκρασία που αναπτύσσεται εξαιτίας αυτού επιφέρει ζημιές λόγω υπερθέρμανσης – μια συχνή παράπλευρη επίπτωση των φθορών τελικού σταδίου στα έδρανα. Σε γειτονικά έδρανα ενδέχεται να

προκύψουν ζημιές λόγω της επίδρασης σωματιδίων ή φθορές αρχικού σταδίου εξαιτίας της απογρέζωσης που εισχωρεί στο κύκλωμα λιπαντικού. Τα πρώτα στάδια φθοράς τελικού σταδίου των εδράνων είναι οι φθορές αρχικού σταδίου.

Πιθανές αιτίες

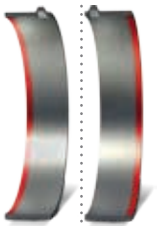
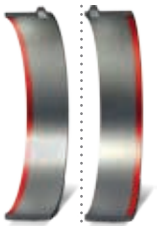
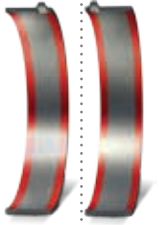
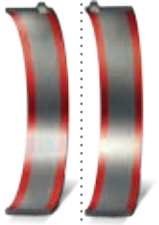
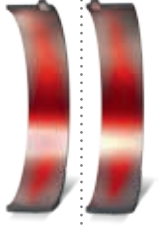
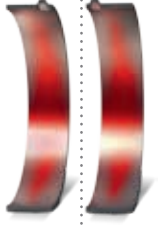
- Οι οπές λαδιού δεν είναι ελεύθερες: Αυτό μπορεί να οφείλεται σε λάθος τοποθέτηση των κουζινέτων ή σε έμφραξη των οπών λαδιού – το δεύτερο συμβαίνει συχνά κατά τη χρήση βιολογικών καυσίμων
- Το διάκενο λιπαντικού είναι πολύ μικρό: Δεν μπορεί, επομένως, να σχηματιστεί ένα σταθερό φιλμ λιπαντικού – Αιτία: Αποκλίσεις μορφής και γεωμετρικές αποκλίσεις του άξονα ή του φορέα ή κάμψη του στροφαλοφόρου άξονα
- Το διάκενο λιπαντικού είναι πολύ μεγάλο: Δεν επιτεύχθηκε η υδροδυναμική πίεση για τη δημιουργία του σταθερού φιλμ λίπανσης
- Η στάθμη λαδιού ή η πίεση λαδιού είναι πολύ μικρή
- Φραγμένο φίλτρο λαδιού
- Ελαττωματική αντλία λαδιού
- Διαρροή σε σωλήνες λαδιού
- Υπερβολική επιβάρυνση των εδράνων: Η επιβάρυνση είναι υψηλότερη από αυτήν που προβλέπεται – Αιτίες: Π.χ. tuning κινητήρα με τσιπ ή φάγωμα εμβόλου
- Επίδραση σωματιδίων: Εισέρχονται σωματίδια στο διάκενο εδράνου και προκαλούν φθορά αρχικού σταδίου σε φορέα και έδρανο. Κατά τον εγκλεισμό ή τον σχηματισμό αυλακώσεων δημιουργούνται εξογκώματα στα άκρα – Συνέπεια: Εξαιρετικά αυξημένη τριβή μείξης

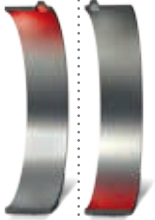
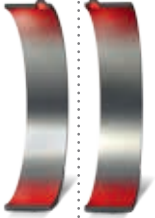
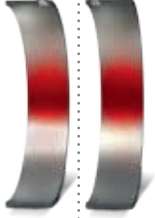
Αντιμετώπιση

- Οι φθορές τελικού σταδίου ανήκουν στις πιο σοβαρές ζημιές εδράνου. Το έδρανο καταστρέφεται και πρέπει να αντικατασταθεί. Αν το έδρανο συνεχίσει να λειτουργεί, ενδέχεται να υποστούν ζημιά περισσότερα εξαρτήματα.
- Έλεγχος αν είναι ελεύθερες όλες οι οπές λαδιού και ότι δεν υπάρχει κάποια έμφραξη
 - Έλεγχος της πραγματικής ανοχής εδράνου: Αν δεν βρίσκεται στην περιοχή ανοχής, η αιτία είναι συχνά κάποιο σφάλμα μορφής ή γεωμετρίας (βλέπε κεφάλαιο: "Ειδικές περιπτώσεις φθοράς από τριβή μείξης")
 - Έλεγχος της λειτουργικότητας του φίλτρου λαδιού και αλλαγή του φίλτρου λαδιού και του λαδιού σύμφωνα πάντα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή
 - Έλεγχος της στάθμης λαδιού και της πίεσης λαδιού και ενδεχομένως συμπληρωματική ρύθμιση
 - Έλεγχος της λειτουργικότητας της αντλίας λαδιού
 - Έλεγχος των σωλήνων λαδιού για τυχόν διαρροές
 - Έλεγχος της επιβάρυνσης σε μεμονωμένα έδρανα
 - Εξέταση όλου του σετ εδράνων για εγκλεισμούς σωματιδίων ή αυλακώσεις: Αν υπάρχουν, η επίδραση σωματιδίων οδήγησε πιθανότατα στον σχηματισμό φθορών αρχικού σταδίου (βλέπε κεφάλαιο: "Ζημιές λόγω επίδρασης σωματιδίων")

3.5 Ειδικές περιπτώσεις

Υπάρχουν ορισμένες περιπτώσεις στις οποίες τα κουζινέτα παρουσιάζουν μια ειδική εικόνα επαφής. Χρησιμοποιώντας τα παρακάτω εικονογράμματα μπορείτε να συσχετίσετε μια πιθανή εικόνα ζημιάς με έναν τύπο ζημιάς.

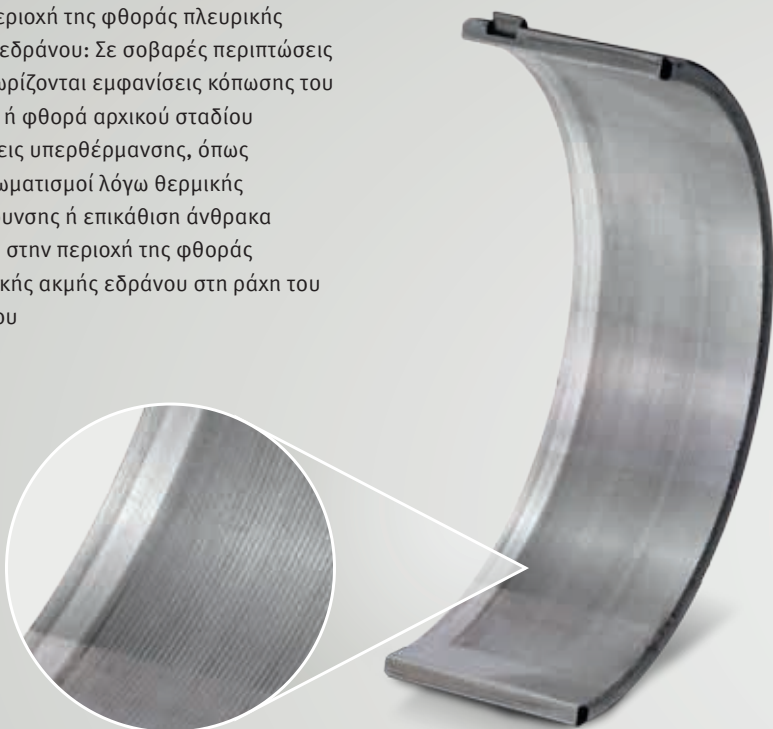
Κάτω κουζινέτο	Επάνω κουζινέτο	Κεφάλαιο
		3.5.1 Μονόπλευρη φθορά πλευρικής ακμής εδράνου Στο επάνω και κάτω τμήμα στις εκάστοτε ίδιες πλευρές
		3.5.2 Μονόπλευρη-εναλλάξ φθορά πλευρικής ακμής εδράνου - Μετατόπιση διαγωνίως στο επάνω και κάτω τμήμα - Οι διάφορες περιοχές ενδέχεται να εμφανίζουν σημαντικές διαφορές
		3.5.3 Αμφίπλευρη φθορά πλευρικής ακμής εδράνου Στο επάνω και κάτω τμήμα αντίστοιχα και αμφίπλευρα
		3.5.4 Πλάτυ ίχνος φθοράς στο κέντρο του εδράνου - Στο επάνω και κάτω τμήμα συνήθως με την ίδια έντονη εμφάνιση - Στα κύρια κουζινέτα δεν εμφανίζεται στα επάνω τμήματα μέσω της εγχοπής λαδιού κάποια έντονη εικόνα φθοράς
		3.5.5 Φθορά σε μορφή λωρίδων στο κέντρο του εδράνου - Στο επάνω και κάτω τμήμα συνήθως με την ίδια έντονη εμφάνιση - Στα κύρια επάνω κουζινέτα με εγχοπή λαδιού δεν εμφανίζεται κάποια έντονη εικόνα φθοράς

Κάτω κουζινέτο	Επάνω κουζινέτο	Κεφάλαιο
		3.5.6 Φθορά στις απέναντι περιοχές των διαχωριστικών επιφανειών
		3.5.7 Αμφίπλευρη φθορά στις περιοχές των διαχωριστικών επιφανειών
		3.5.8 Στενές ζώνες φθοράς στην κορυφή του κουζινέτου
		3.5.9 Λεπτές λωρίδες χωρίς φθορά στην περίμετρο του εδράνου • ενδέχεται να εμφανιστούν είτε μονόπλευρα είτε αμφίπλευρα

3.5.1 Μονόπλευρη φθορά πλευρικής ακμής εδράνου

Περιγραφή

- Γυαλιστερές, ανοιχτόχρωμες λωρίδες φθοράς, μονόπλευρα στην ακμή του εδράνου
- Στην περιοχή της φθοράς πλευρικής ακμής εδράνου: Σε σοβαρές περιπτώσεις αναγνωρίζονται εμφανίσεις κόπωσης του υλικού ή φθορά αρχικού σταδίου
- Ενδείξεις υπερθέρμανσης, όπως αποχρωματισμοί λόγω θερμικής επιβάρυνσης ή επικάλυψη άνθρακα λαδιού στην περιοχή της φθοράς πλευρικής ακμής εδράνου στη ράχη του εδράνου



Κάτω κύριο κουζινέτο από σύνθετο υλικό χάλυβα-αλουμινίου

Ορατή φθαρμένη ακμή εδράνου στη μία πλευρά. Η φθορά εμφανίζεται σε μορφή φθοράς προσαρμογής-ρονταρίσματος. Η λειτουργία του εδράνου δεν επηρεάζεται δυσμενώς.

Αξιολόγηση

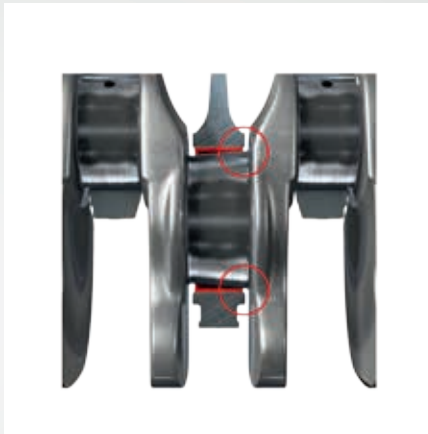
Το διάκενο λιπαντικού στην ακμή εδράνου είναι πολύ μικρό και επομένως το φιλμ λίπανσης δεν είναι εντελώς σταθερό, γεγονός που προκαλεί τοπικά τριβή μείξης. Αν παραμείνει η έλλειψη λιπαντικού, τότε η θερμοκρασία αυξάνεται λόγω της υπάρχουσας θερμότητας τριβής. Οι συνέπειες που ενδέχεται να προκύψουν είναι ζημιές λόγω υπερθέρμανσης, όπως

σκουρόχρωμος αποχρωματισμός της ράχης εδράνου. Λόγω της αυξανόμενης θερμοκρασίας συνεχίζει να αυξάνεται η έλλειψη λιπαντικού και η διαδικασία συνεχίζεται αυτοενισχυόμενα, μέχρι να προκληθούν οι πρώτες φθορές αρχικού σταδίου και οι ζημιές λόγω κόπωσης από το υψηλό επιφανειακό πρεσάρισμα.

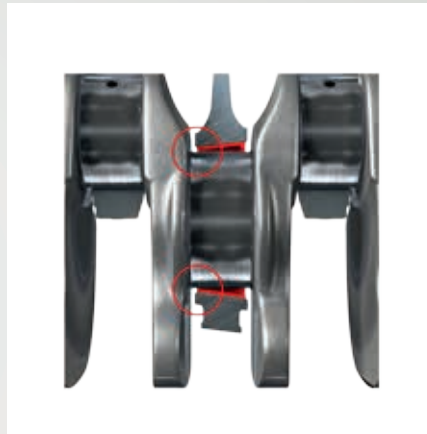
Ανάλογα με το πόσο έντονη είναι η φθορά στις ακμές εδράνων, αυτό μπορεί να θεωρηθεί απόλυτα φυσιολογικό. Κατά τη λειτουργία, ο στροφαλοφόρος άξονας υπόκειται σε κάμψη, η οποία επιδρά κυρίως στα εξωτερικά κύρια έδρανα. Αντίστοιχα, στα εξωτερικά έδρανα εμφανίζεται εντονότερη φθορά πλευρικής ακμής εδράνου.

Πιθανές αιτίες

- Κωνικά λειασμένος φορέας (Εικ. 1)
- Κωνική οπή εδράνου (Εικ. 2)
- Πολύ μεγάλη ακτίνα κατακόρυφης καμπυλότητας μονόπλευρα (Εικ. 3)
- Κάμψη του στροφαλοφόρου άξονα: Δεν είχε ευθυγραμμιστεί ο στροφαλοφόρος άξονας κατά την τοποθέτηση ή παραμορφώθηκε λόγω μηχανικής καταπόνησης
- Όχι ευθυγραμμισμένη οπή εδράνου εξαιτίας εσφαλμένων ροπών σύσφιγξης των βιδών κατά τη συναρμολόγηση του κινητήρα ή υπερβολικής στρέβλωσης της πύλης κύριου εδράνου λόγω ανάπτυξης θερμοκρασίας κατά τη λειτουργία
- Αξονική μετατόπιση ενός τμήματος του κουζινέτου



Εικ. 1



Εικ. 2



Εικ. 3

Αντιμετώπιση

Τα έδρανα που παρουσιάζουν φθορά πλευρικής ακμής εδράνου μπορούν να χρησιμοποιηθούν περαιτέρω ανάλογα με την πρόοδο της φθοράς.

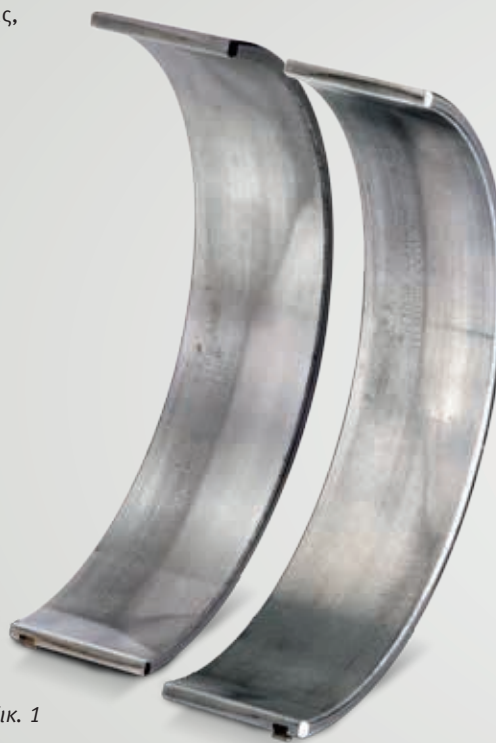
Αν αυτή η εικόνα ζημιάς αυξηθεί περισσότερο μετά από μερικές ώρες λειτουργίας, θα πρέπει να ληφθούν μέτρα για να διαπιστωθούν οι αιτίες:

- Έλεγχος της σωστής γεωμετρίας του στροφαλοφόρου άξονα: Διάσταση, κυκλικότητα, κυλινδρικότητα, κυμάτωση, τραχύτητα επιφάνειας
- Έλεγχος της σωστής βασικής οπής της πύλης εδράνου: Διάσταση, κυκλικότητα, κυλινδρικότητα, επιφάνεια
- Ζυγοστάθμιση του στροφαλοφόρου άξονα κατά την τοποθέτηση και έλεγχος της καταπόνησης του άξονα
- Έλεγχος της ευθυγράμμισης της οπής κύριου εδράνου: Κατά τη συναρμολόγηση ενός κινητήρα τηρείτε πάντα τις προδιαγραφόμενες ροπές σύσφιγξης και τη σειρά σύσφιγξης των βιδών – στη διάρκεια της λειτουργίας ο κινητήρας πρέπει να είναι επαρκώς κρύος, διότι ενδέχεται να προκύψουν επίσης στρεβλώσεις εξαιτίας πολύ υψηλών θερμοκρασιών
- Έλεγχος των μπιελών πριν από την τοποθέτηση για ορθογωνικότητα

3.5.2 Μονόπλευρη-εναλλάξ φθορά πλευρικής ακμής εδράνου

Περιγραφή

- Γυαλιστερές, ανοιχτόχρωμες λωρίδες φθοράς – μονόπλευρα στο επάνω και κάτω τμήμα σε απέναντι σημεία
- Στην περιοχή της φθοράς πλευρικής ακμής εδράνου: Αναγνωρίζονται πιθανώς εμφανίσεις κόπωσης του υλικού ή φθορές αρχικού σταδίου
- Πιθανές παρουσιάσεις υπερθέρμανσης, όπως αποχρωματισμοί λόγω θερμικής επιβάρυνσης ή επικάθιση άνθρακα λαδιού στην περιοχή της φθοράς πλευρικής ακμής εδράνου στη ράχη εδράνου



Εικ. 1

Εικ. 2



Κουζινέτο μπιέλας πλευράς στελέχους μπιέλας από σύνθετο υλικό χάλυβα-ορείχαλκου με επίστρωση καθοδικού ψεκασμού (Εικ. 1)

Κουζινέτο μπιέλας πλευράς καβαλέτου από σύνθετο υλικό χάλυβα-αλουμίνιου (Εικ. 2)

Αναγνωρίζεται διαγωνίως η μετατοπισμένη εικόνα επαφής. Το πόσο έντονη είναι η φθορά στην ακμή εδράνου ποικίλει σημαντικά ανάλογα με τις διάφορες περιοχές στις οποίες εμφανίζεται.

Η λειτουργία του εδράνου δεν επηρεάζεται δυσμενώς.

Αξιολόγηση

Το διάκενο λιπαντικού στην ακμή εδράνου είναι πολύ μικρό και επομένως το φιλμ λίπανσης δεν είναι εντελώς σταθερό, γεγονός που προκαλεί τοπικά τριβή μείξης. Αν παραμείνει η έλλειψη λιπαντικού, τότε η θερμοκρασία αυξάνεται λόγω της

υπάρχουσας θερμότητας τριβής. Οι συνέπειες που ενδέχεται να προκύψουν είναι ζημιές λόγω υπερθέρμανσης, όπως σκουρόχρωμοι αποχρωματισμοί της ράχης εδράνου. Λόγω της αυξανόμενης θερμοκρασίας συνεχίζει να αυξάνεται η

έλλειψη λιπαντικού και η διαδικασία συνεχίζεται αυτοενισχυόμενα, μέχρι να προκληθούν οι πρώτες φθορές αρχικού σταδίου και οι ζημιές λόγω κόπωσης από το υψηλό επιφανειακό πρεσάρισμα.

Πιθανές αιτίες

- Σφάλμα ευθυγράμμισης του φορέα ή του περιβλήματος (Εικ. 3)
- Ελαττωματικές ακτίνες κατακόρυφης καμπυλότητας του άξονα
- "Ασταθής κίνηση" της μπιέλας (κυρτωμένη ή στρεβλωμένη) (Εικ. 4)
- Παραμόρφωση του στροφαλοθαλάμου



Εικ. 3



Εικ. 4

Αντιμετώπιση

Τα έδρανα που παρουσιάζουν φθορά πλευρικής ακμής εδράνου μπορούν να χρησιμοποιηθούν περαιτέρω ανάλογα με την πρόοδο της φθοράς.

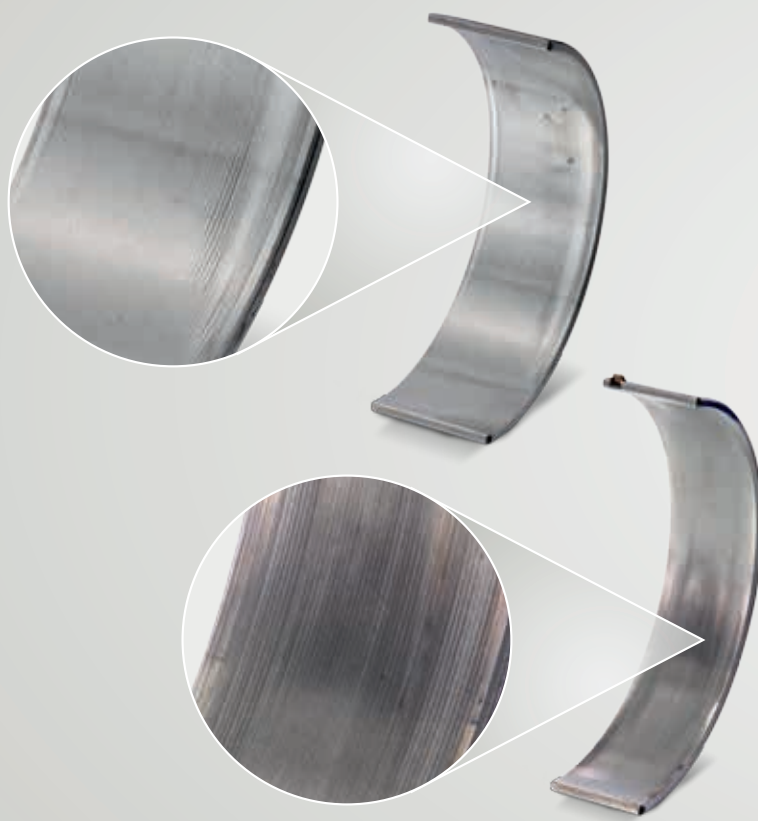
Αν αυτή η εικόνα ζημιάς αυξηθεί περισσότερο μετά από μερικές ώρες λειτουργίας, θα πρέπει να ληφθούν μέτρα για να διαπιστωθούν οι αιτίες:

- Έλεγχος της σωστής γεωμετρίας του στροφαλοφόρου άξονα: Διάσταση, κυκλικότητα, κυλινδρικότητα, κυμάτωση, τραχύτητα επιφάνειας
- Έλεγχος της σωστής βασικής οπής της πύλης εδράνου: Διάσταση, κυκλικότητα, κυλινδρικότητα, επιφάνεια
- Ζυγοστάθμιση του στροφαλοφόρου άξονα κατά την τοποθέτηση και έλεγχος της καταπόνησης του άξονα
- Ευθυγράμμιση της οπής κύριου εδράνου: Κατά τη συναρμολόγηση ενός κινητήρα τηρείτε πάντα τις προδιαγραφόμενες ροπές σύσφιξης και τη σειρά σύσφιξης των βιδών – στη διάρκεια της λειτουργίας ο κινητήρας πρέπει να είναι επαρκώς κρύος, διότι ενδέχεται, επίσης, να προκύψουν στρεβλώσεις εξαιτίας πολύ υψηλών θερμοκρασιών
- Έλεγχος των μπιελών πριν από την τοποθέτηση για ορθογωνικότητα

3.5.3 Αμφίπλευρη φθορά πλευρικής ακμής εδράνου

Περιγραφή

- Γυαλιστερές, ανοιχτόχρωμες λωρίδες φθοράς – αμφίπλευρα στις ακμές εδράνων
- Στην περιοχή της φθοράς πλευρικής ακμής εδράνου: Αναγνωρίζονται πιθανώς εμφανίσεις κόπωσης του υλικού ή φθορές αρχικού σταδίου
- Πιθανές παρουσιάσεις υπερθέρμανσης, όπως αποχρωματισμοί λόγω θερμικής επιβάρυνσης ή επικάλυψη άνθρακα λαδιού στην περιοχή της φθοράς πλευρικής ακμής εδράνου στη ράχη εδράνου



Κουζινέτο μπιέλας πλευράς καβαλέτου
Σύνθετο υλικό χάλυβα-αλουμινίου

Αμφίπλευρη φθορά πλευρικής ακμής εδράνου σε αρχικό στάδιο – φθορά σε μορφή φθοράς προσαρμογής-ρονταρίσματος.

Κουζινέτο μπιέλας πλευράς στελέχους μπιέλας
Σύνθετο υλικό χάλυβα-ορείχαλκου με επίστρωση καθοδικού ψεκασμού

Αμφίπλευρη φθορά πλευρικής ακμής εδράνου σε αρχικό στάδιο – φθορά σε μορφή φθοράς προσαρμογής-ρονταρίσματος.

Αξιολόγηση

Το διάκενο λιπαντικού στην ακμή εδράνου είναι πολύ μικρό και επομένως το φιλμ λίπανσης δεν είναι εντελώς σταθερό, γεγονός που προκαλεί τοπικά τριβή μείξης. Αν παραμείνει η έλλειψη λιπαντικού, τότε η θερμοκρασία αυξάνεται λόγω της υπάρχουσας θερμότητας τριβής. Οι συνέπειες που ενδέχεται να προκύψουν είναι ζημιές λόγω υπερθέρμανσης, όπως

σκουρόχρωμοι αποχρωματισμοί της ράχης εδράνου. Λόγω της αυξανόμενης θερμοκρασίας συνεχίζει να αυξάνεται η έλλειψη λιπαντικού και η διαδικασία συνεχίζεται αυτοενισχυόμενα, μέχρι να προκληθούν οι πρώτες φθορές αρχικού σταδίου και οι ζημιές λόγω κόπωσης από την υψηλή συμπίεση επιφάνειας σε αυτήν την περιοχή.

Αμφίπλευρη φθορά πλευρικής ακμής εδράνου εμφανίζεται πολύ συχνά στην περιοχή κύριου φορτίου ενός εδράνου. Αυτό μπορεί να θεωρηθεί φυσιολογικό ανάλογα με το πόσο έντονη είναι η φθορά και δεν αποτελεί περιορισμό της λειτουργίας.

Πιθανές αιτίες

- Κοίλη μορφή φορέα (Εικ. 1)
- Κοίλη οπή εδράνου (Εικ. 2)
- Πολύ μεγάλη ακτίνα κατακόρυφης καμπυλότητας μεταξύ φορέα άξονα και παρειών στροφαλοφόρου (Εικ. 3)
- Πολύ μεγάλη αξονική ανοχή, "ασταθής κίνηση" της μπιέλας
- Λοξά λειασμένοι φορέας (Εικ. 4)



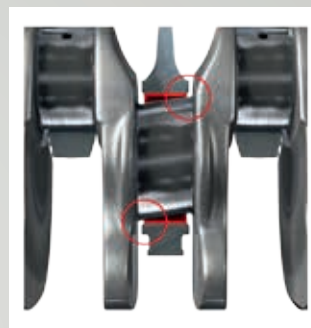
Εικ. 1



Εικ. 2



Εικ. 3



Εικ. 4

Αντιμετώπιση

Τα έδρανα που παρουσιάζουν φθορά πλευρικής ακμής εδράνου μπορούν να χρησιμοποιηθούν περαιτέρω ανάλογα με την πρόοδο της φθοράς.

Αν αυτή η εικόνα ζημιάς αυξηθεί περισσότερο μετά από μερικές ώρες λειτουργίας, θα πρέπει να ληφθούν μέτρα για να διαπιστωθούν οι αιτίες:

- Έλεγχος της σωστής γεωμετρίας του στροφαλοφόρου άξονα: Διάσταση, κυκλικότητα, κυλινδρικότητα, κυμάτωση, τραχύτητα επιφάνειας

- Έλεγχος της σωστής βασικής οπής της πύλης εδράνου: Διάσταση, κυκλικότητα, κυλινδρικότητα, επιφάνεια
- Ζυγοστάθμιση του στροφαλοφόρου άξονα κατά την τοποθέτηση και έλεγχος της καταπόνησης του άξονα
- Έλεγχος της ευθυγράμμισης της οπής κύριου εδράνου: Κατά τη συναρμολόγηση ενός κινητήρα τηρείτε πάντα τις προδιαγραφόμενες ροπές σύσφιγξης και τη σειρά σύσφιγξης των βιδών – στη διάρκεια της λειτουργίας ο κινητήρας πρέπει να είναι επαρκώς κρύος, διότι

ενδέχεται να προκύψουν επίσης στρεβλώσεις εξαιτίας πολύ υψηλών θερμοκρασιών

- Έλεγχος των μπιελών πριν από την τοποθέτηση για ορθογωνικότητα

3.5.4 Πλατύ ίχνος φθοράς στο κέντρο του εδράνου στην περιφερειακή κατεύθυνση

Περιγραφή

- Έντονο ίχνος φθοράς στο κέντρο του εδράνου στην περιφερειακή κατεύθυνση
- Λιγότερα φθαρμένα περιθώρια εδράνων
- Εντοπισμένες μετατοπίσεις υλικού στην περιφερειακή κατεύθυνση
- Σε σοβαρές περιπτώσεις: Ορατές ενδείξεις κόπωσης του υλικού και φθορά αρχικού σταδίου



Κάτω κύριο κουζινέτο
Σύνθετο υλικό χάλυβα-αλουμινίου

Αναγνωρίζονται εμφανή ίχνη φθοράς στο κέντρο του εδράνου με έξοδο προς την ελευθέρωση. Αναγνωρίζονται ήδη ως φθορά αρχικού σταδίου στο στρώμα κύλισης.

Κάτω κύριο κουζινέτο
Σύνθετο υλικό χάλυβα-αλουμινίου

Σε αυτήν την περίπτωση αναγνωρίζεται μια έντονη εικόνα επαφής στο κέντρο του εδράνου με έξοδο προς την ελευθέρωση. Ως προς τη μορφή η εικόνα επαφής αντιστοιχεί σε φθορά προσαρμογής-ρονταρίσματος.



Αξιολόγηση

Το διάκενο λιπαντικού είναι πολύ μικρό στο κέντρο του εδράνου και επομένως το φιλμ λίπανσης δεν είναι εντελώς σταθερό, γεγονός που προκαλεί εντοπισμένη τριβή μείξης. Αν παραμείνει η έλλειψη

λιπαντικού, τότε η θερμοκρασία αυξάνεται λόγω της υπάρχουσας θερμότητας τριβής. Λόγω της αυξανόμενης θερμοκρασίας αυξάνεται η έλλειψη λιπαντικού. Αυτή η διαδικασία συνεχίζεται αυτοεπισχυόμενα,

μέχρι να προκληθούν οι πρώτες φθορές αρχικού σταδίου και οι ζημιές λόγω κόπωσης από την υψηλή συμπίεση επιφάνειας σε αυτήν την περιοχή.

Πιθανές αιτίες

- Πολύ έντονα κοίλη μορφή φορέα (Εικ. 1)
- Κοίλη οπή εδράνου (Εικ. 2)
- Έλλειψη λιπαντικού



Εικ. 1



Εικ. 2

Αντιμετώπιση

Τα έδρανα μπορούν να χρησιμοποιηθούν περαιτέρω ανάλογα με την πρόοδο της φθοράς. Μόλις σχηματιστούν οι φθορές αρχικού σταδίου ή γίνουν εμφανή τα σημάδια κόπωσης υλικού, τα έδρανα θα πρέπει να αντικατασταθούν ενώ θα πρέπει να ληφθούν μέτρα για να διαπιστωθούν οι αιτίες:

- Έλεγχος της σωστής γεωμετρίας του στροφαλοφόρου άξονα: Διάσταση, κυκλικότητα, κυλινδρικότητα, κυμάτωση, τραχύτητα επιφάνειας

- Έλεγχος της σωστής βασικής οπής της πύλης εδράνου: Διάσταση, κυκλικότητα, κυλινδρικότητα, επιφάνεια
- Ζυγοστάθμιση του στροφαλοφόρου άξονα κατά την τοποθέτηση και έλεγχος της καταπόνησης του άξονα
- Έλεγχος της ευθυγράμμισης της οπής κύριου εδράνου: Κατά τη συναρμολόγηση ενός κινητήρα τηρείτε πάντα τις προδιαγραφόμενες ροπές σύσφιγξης και τη σειρά σύσφιγξης των βιδών – στη διάρκεια της λειτουργίας ο κινητήρας

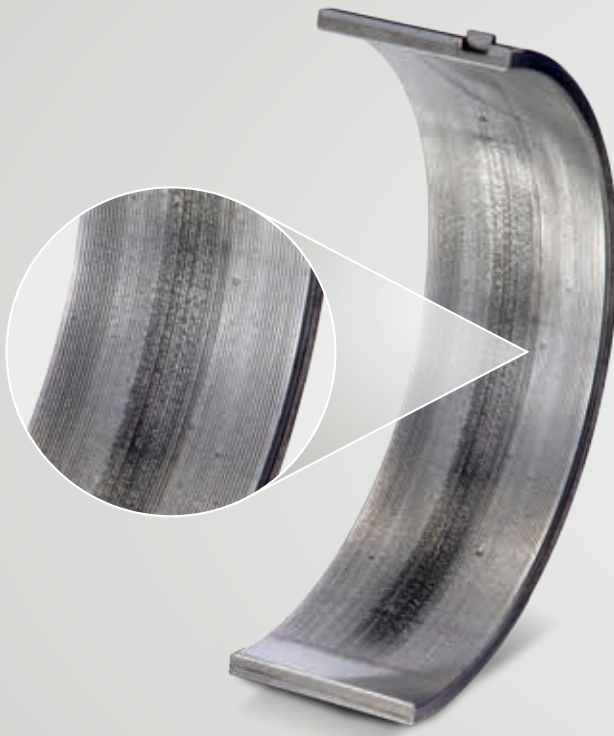
πρέπει να είναι επαρκώς κρύος, διότι ενδέχεται να προκύψουν, επίσης, στρεβλώσεις εξαιτίας πολύ υψηλών θερμοκρασιών

- Έλεγχος των μπιελών πριν από την τοποθέτηση για ορθογωνικότητα
- Έλεγχος συστήματος λιπαντικού (βλέπε κεφάλαιο: "Βοήθεια για φθορά αρχικού σταδίου")

3.5.5 Φθορά σε μορφή λωρίδων στο κέντρο του εδράνου

Περιγραφή

- Φθορά σε μορφή λωρίδων στο κέντρο του εδράνου στη συνέχεια της εγκοπής λαδιού – στην κεφαλή μπιέλας και στα δύο κουζινέτα στην περιοχή της οπής λαδιού στον φορέα
- Εν μέρει με περιμετρικές γρατζουνιές
- Λιγότερα φθαρμένα περιθώρια εδράνων
- Στενή περιορισμένη ζώνη φθοράς
- Σε σοβαρές περιπτώσεις: Ορατές ενδείξεις κόπωσης του υλικού και φθορά αρχικού σταδίου



Κάτω κύριο κουζινέτο
Σύνθετο υλικό χάλυβα-αλουμινίου

Αναγνωρίζονται έντονα εντοπισμένες λωρίδες στο κέντρο του εδράνου. Αντιστοιχεί στη μορφή της εγκοπής λαδιού που βρίσκεται στο επάνω κύριο κουζινέτο. Τα ίχνη φθοράς εμφανίζονται σε μορφή φθοράς προσαρμογής-ρονταρίσματος.

Αξιολόγηση

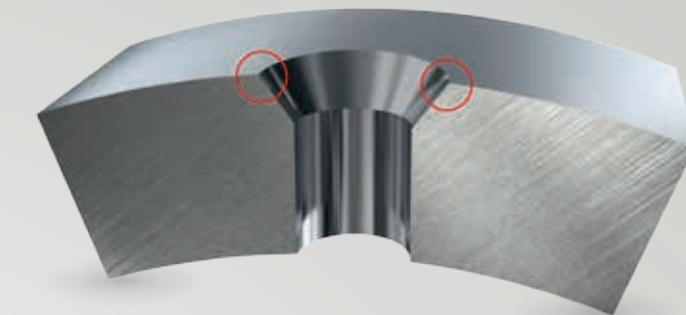
Αυτή η μορφή φθοράς ενδέχεται να προέρχεται από απουσίαζουσα ή μη επαρκώς στρογγυλεμένη οπή λαδιού (Εικ. 1). Συγχρόνως εμφανίζεται έντονη φθορά στο κάτω κουζινέτο στα κύρια έδρανα ή και στα δύο κουζινέτα στις κεφαλές μπιέλας στην περιοχή της οπής λαδιού στον φορέα.

Μια δεύτερη πηγή προέλευσης φθοράς που μπορεί να οδηγήσει στην ίδια εικόνα ζημιάς, είναι η λεγόμενη φθορά σε μορφή χτενιού (Εικ. 2). Αυτή η φθορά προκαλείται από τη μικρότερη φθορά του φορέα στην περιοχή της εγκοπής λαδιού. Επειδή μέσω της εγκοπής λαδιού δεν υπάρχει καμία μεταλλική επαφή μεταξύ φορέα και εδρά-

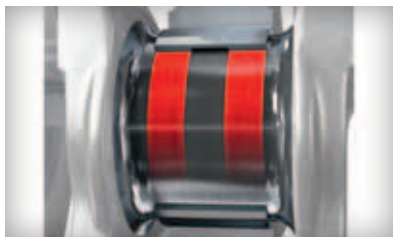
νου, σε αυτήν την περίπτωση δεν πραγματοποιείται αφαίρεση υλικού και δημιουργείται μια προβολή στον φορέα. Αυτή η προβολή οδηγεί σε φθορά μορφής λωρίδων στο κουζινέτο χωρίς εγκοπή λαδιού. Και οι δύο διαδικασίες ενδέχεται να προξενήσουν φθορές αρχικού σταδίου και ζημιές λόγω κόπωσης.

Πιθανές αιτίες

- Απουσιάζουν ή μη επαρκές στρογγύλεμα της οπής λαδιού (Εικ. 1)
- Ο δυσμενής συνδυασμός υλικών εδράνου και φορέα οδηγεί σε περιορισμένη φθορά του φορέα στην περιοχή της εγκοπής λαδιού (Εικ. 2)



Εικ. 1



(1) Στην περιοχή της εγκοπής λαδιού στο επάνω κύριο κουζινέτο δεν προκύπτει καμία μεταλλική επαφή. Η φθορά του φορέα είναι μικρότερη από εκείνη στις περιοχές που βρίσκονται σε επαφή με την επιφάνεια του εδράνου.



(2) Λόγω της μικρότερης φθοράς του φορέα στην περιοχή της εγκοπής λαδιού δημιουργείται μια ελάχιστη προβολή (η παρουσίαση εδώ γίνεται με κάποια υπερβολή για καλύτερη κατανόηση).



(3) Στο κάτω κύριο έδρανο, το οποίο δεν διαθέτει καμία εγκοπή λαδιού, η προβολή αυτή προκαλείται από αυξημένη φθορά στο κέντρο του εδράνου. Αυτό προκαλεί την τυπική εικόνα φθοράς σε μορφή χτενιού.

Εικ. 2

Αντιμετώπιση

Τα έδρανα μπορούν να χρησιμοποιηθούν περαιτέρω ανάλογα με την πρόοδο της φθοράς. Μόλις σχηματιστούν οι φθορές αρχικού σταδίου ή γίνουν εμφανή τα σημάδια κόπωσης υλικού, τα έδρανα θα πρέπει να αντικατασταθούν ενώ θα πρέπει να ληφθούν μέτρα για να διαπιστωθούν οι αιτίες:

- Έλεγχος και μετακατεργασία της εξόδου οπής λαδιού
- Έλεγχος του φορέα άξονα για προβολή στην περιοχή της εγκοπής λαδιού
- Έλεγχος του συνδυασμού υλικών του φορέα και του εδράνου (σκληρότητα άξονα/εδράνου)
- Έλεγχος της τραχύτητας του φορέα

3.5.6 Φθορά στις απέναντι περιοχές των διαχωριστικών επιφανειών

Περιγραφή

- Έντονα ίχνη φθοράς στην περιοχή των διαγώνιων απέναντι ελευθερώσεων
- Κορυφή του κουζινέτου εμφανώς λιγότερο φθαρμένη
- Σε σοβαρές περιπτώσεις: Ορατές ενδείξεις κόπωσης του υλικού και φθορά αρχικού σταδίου



Κάτω κύριο κουζινέτο
Σύνθετο υλικό χάλυβα-αλουμινίου

Μια έντονη φορά είναι ορατή στην ελευθέρωση, ενώ η κορυφή του εδράνου είναι λιγότερο φθαρμένη.

Αξιολόγηση

Αν τα κουζινέτα φέρουν φορτίο σε αυτήν την περιοχή, υπάρχει σοβαρό σφάλμα. Η αιτία για την φθορά που παρουσιάζεται ενδέχεται να είναι η μετατόπιση των κουζινέτων μεταξύ τους εξαιτίας κάποιου σφάλματος συναρμολόγησης. Η ανοχή εδράνου είναι τοπικά πολύ μικρή λόγω

μετατόπισης καβαλέτου και επομένως το φιλμ λίπανσης δεν είναι εντελώς σταθερό, γεγονός που προκαλεί τριβή μείξης κατά περιοχές. Αν παραμείνει η έλλειψη λιπαντικού, τότε η θερμοκρασία αυξάνεται λόγω της υπάρχουσας θερμότητας τριβής. Λόγω της αυξανόμενης θερμοκρασίας

συνεχίζει να αυξάνεται η έλλειψη λιπαντικού και η διαδικασία συνεχίζεται αυτοενισχυόμενα, μέχρι να προκληθούν οι πρώτες φθορές αρχικού σταδίου και οι ζημιές λόγω κόπωσης από το υψηλό επιφανειακό πρεσάρισμα.

Πιθανές αιτίες

- Λάθος τοποθετημένο καβαλέτο
- Τοποθετημένο καβαλέτο περιστρεμμένο κατά 180 μοίρες
- Χρήση ακατάλληλου εργαλείου ή λάθος βιδών συναρμογής
- Λάθος σειρά σύσφιγξης ή λάθος ροπή σύσφιγξης των βιδών



Αντιμετώπιση

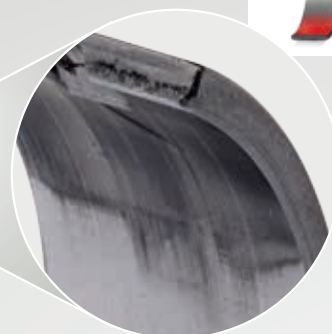
Το έδρανο πρέπει να αντικατασταθεί και οι αιτίες πρέπει να εξαλειφθούν, διότι το έδρανο δεν έχει σχεδιαστεί για να φέρει φορτία σε αυτήν την περιοχή.

- Προσοχή στην αντιστοιχία των κουζινέτων προς τον κύλινδρο
- Συναρμολόγηση κατάλληλων βιδών μόνο με κατάλληλο εργαλείο
- Εκτέλεση της σύσφιγξης βιδών σύμφωνα με τις ροπές σύσφιγξης και τη σειρά σύσφιγξης βάσει των στοιχείων του κατασκευαστή
- Έλεγχος βασικής οπής: Η διάσταση, η κυκλικότητα, η κυλινδρικότητα και η επιφάνεια πρέπει να βρίσκονται εντός των καθορισμένων προδιαγραφόμενων ανοχών

3.5.7 Αμφίπλευρη φθορά στις περιοχές των διαχωριστικών επιφανειών

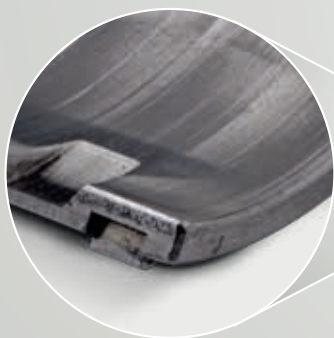
Περιγραφή

- Έντονα ίχνη φθοράς στην περιοχή των δύο ελευθερώσεων στο επάνω και κάτω τμήμα
- Κορυφή των κουζινέτων εμφανώς λιγότερο φθαρμένη
- Σε σοβαρές περιπτώσεις: Ορατές ενδείξεις κόπωσης του υλικού και φθορά αρχικού σταδίου



Κάτω κύριο κουζινέτο
Σύνθετο υλικό χάλυβα-αλουμινίου

Αναγνωρίζεται η έντονη εμφάνιση ιχνών φθοράς αμφίπλευρα στην περιοχή των διαχωριστικών επιφανειών. Η κορυφή/ περιοχή κύριου φορτίου του κουζινέτου είναι συγκρόνως εμφανώς λιγότερο φθαρμένη.



Αξιολόγηση

Αν τα κουζινέτα φέρουν φορτίο σε αυτήν την περιοχή, υπάρχει σοβαρό σφάλμα. Η εικόνα εμφάνισης ενδέχεται να προκλήθηκε από πολύ οβάλ βασική οπή. Η ανοχή εδράνου σε αυτήν την περίπτωση είναι πολύ μικρή στην περιοχή της επιμέρους επιφάνειας και επομένως το

φιλμ λίπανσης δεν είναι εντελώς σταθερό, γεγονός που προκαλεί τριβή μείξης στις ελευθερώσεις. Αν παραμείνει η έλλειψη λιπαντικού, τότε η θερμοκρασία αυξάνεται λόγω της υπάρχουσας θερμότητας τριβής. Λόγω της αυξανόμενης θερμοκρασίας συνεχίζει να αυξάνεται η έλλειψη

λιπαντικού και η διαδικασία συνεχίζεται αυτοενισχυόμενα, μέχρι να προκληθούν οι πρώτες φθορές αρχικού σταδίου και οι ζημιές λόγω κόπωσης από την υψηλή συμπίεση επιφάνειας σε αυτήν την περιοχή.

Πιθανές αιτίες

- Οβάλ παραμόρφωση της οπής εδράνου λόγω θερμικής ή μηχανικής επιβάρυνσης
- Μπιέλα με οβάλ μάτι μπιέλας: Η μπιέλα που χρησιμοποιείται ήδη επανατοποθετήθηκε χωρίς την απαραίτητη μετακατεργασία
- Λάθος σύσφιγξη βιδών κατά τη διάτρηση της βασικής οπής



Αντιμετώπιση

- Έλεγχος της επιβάρυνσης στην οπή εδράνου
- Έλεγχος βασικής οπής: Η διάσταση, η κυκλικότητα, η κυλινδρικότητα και η επιφάνεια πρέπει να βρίσκονται εντός των καθορισμένων ανοχών – ενδεχομένως συμπληρωματική εργασία στα μεταχειρισμένα μέρη πριν από τη νέα τοποθέτηση
- Εκτέλεση της σύσφιγξης βιδών σύμφωνα με τις ροπές σύσφιγξης και τη σειρά σύσφιγξης βάσει των στοιχείων του κατασκευαστή

3.5.8 Περιορισμένη ζώνη φθοράς στην κορυφή του κουζινέτου

Περιγραφή

- Περιορισμένες ζώνες φθοράς στην κορυφή του τμήματος του κουζινέτου
- Έντονη εμφάνιση στο τμήμα κουζινέτου της κύριας επιβάρυνσης
- Σε σοβαρές περιπτώσεις: Ορατές ενδείξεις κόπωσης του υλικού και φθορά αρχικού σταδίου



Επάνω κύριο κουζινέτο
Σύνθετο υλικό χάλυβα-αλουμινίου

Αναγνωρίζονται ίχνη φθοράς στην περιοχή της κορυφής σε μορφή φθοράς προσαρμογής-ρονταρίσματος. Στο υπόλοιπο μέρος της επιφάνειας κύλισης του εδράνου δεν είναι ορατά ίχνη λειτουργίας.



Αξιολόγηση

Η εικόνα εμφάνισης προκαλείται εξαιτίας μιας εγκάρσιας οβάλ βασικής οπής. Η ανοχή εδράνου σε αυτήν την περίπτωση είναι πολύ μικρή στην κορυφή και επομένως το φιλμ λίπανσης δεν είναι εντελώς σταθερό, γεγονός που προκαλεί τριβή μείξης κατά περιοχές.

Αν παραμείνει η έλλειψη λιπαντικού, τότε η θερμοκρασία αυξάνεται λόγω της υπάρχουσας θερμότητας τριβής. Λόγω της αυξανόμενης θερμοκρασίας συνεχίζει να αυξάνεται η έλλειψη λιπαντικού και η διαδικασία συνεχίζεται αυτοενισχυόμενα, μέχρι να προκληθούν οι πρώτες φθορές

αρχικού σταδίου και οι ζημιές λόγω κόπωσης από την υψηλή συμπίεση επιφάνειας σε αυτήν την περιοχή.

Πιθανές αιτίες

- Τοποθέτηση της μπιέλας ή των επιφανειών συναρμογής περιβλήματος
- Λάθος σύσφιγξη βιδών κατά τη διάτρηση της βασικής οπής
- Υπερβολική επιβάρυνση πίεσης της μπιέλας



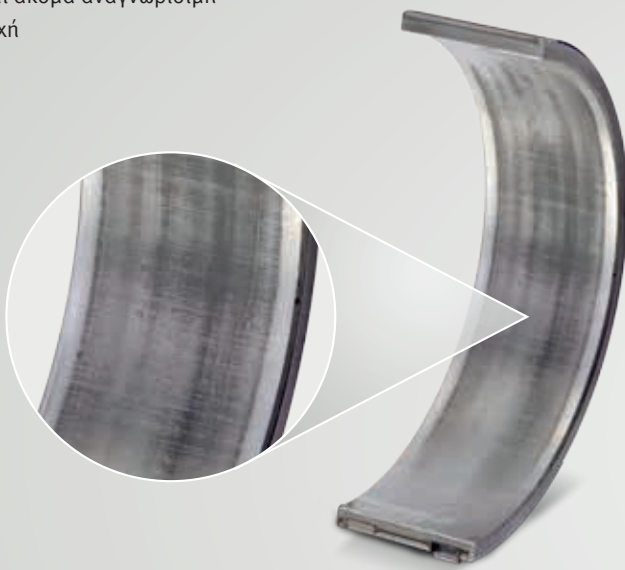
Αντιμετώπιση

- Έλεγχος της σωστής βασικής οπής της πύλης εδράνου: Διάσταση, κυκλικότητα, κυλινδρικότητα, επιφάνεια
- Εκτέλεση της σύσφιγξης βιδών σύμφωνα με τις ροπές σύσφιγξης και τη σειρά σύσφιγξης βάσει των στοιχείων του κατασκευαστή
- Έλεγχος της επιβάρυνσης στην μπιέλα

3.5.9 Λεπτές λωρίδες χωρίς φθορά στα περιθώρια του εδράνου

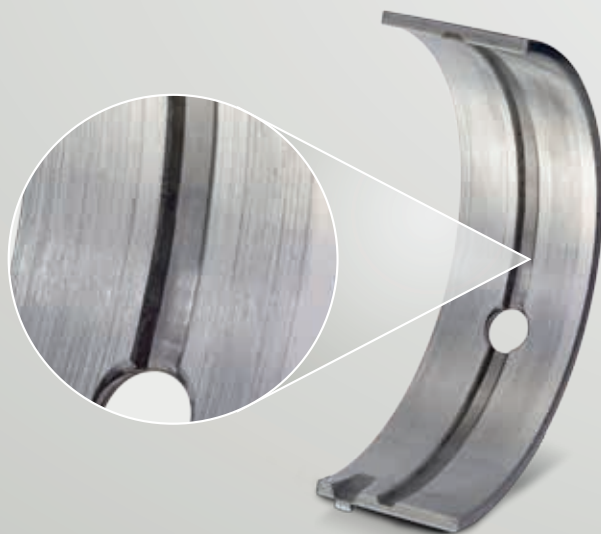
Περιγραφή

- Λεπτές λωρίδες χωρίς φθορά στις ακμές του εδράνου
- Δεν είναι ορατά ίχνη αμαύρωσης σε αυτήν περιοχή
- Η δομή επεξεργασίας του εδράνου από την κατασκευή είναι ακόμα αναγνωρίσιμη σε αυτήν την περιοχή
- Αναγνωρίζεται εμφανής οριοθέτηση μεταξύ λωρίδων χωρίς φθορά και φθαρμένης περιοχής



Κάτω κύριο κουζινέτο
Σύνθετο υλικό χάλυβα-αλουμινίου

Αναγνωρίζονται δύο λωρίδες χωρίς φθορά στις ακμές εδράνου χωρίς ορατά ίχνη επαφής. Το υπόλοιπο μέρος του εδράνου παρουσιάζει έναν ελαφρά υπόμαυρο αποχρωματισμό, πιθανή συνέπεια οξείδωσης ή φθοράς.

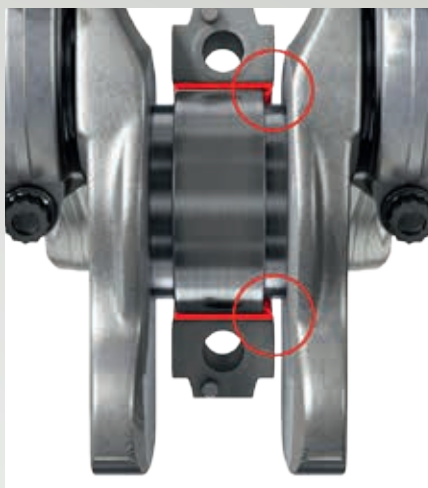


Επάνω κύριο κουζινέτο
Σύνθετο υλικό χάλυβα-αλουμινίου

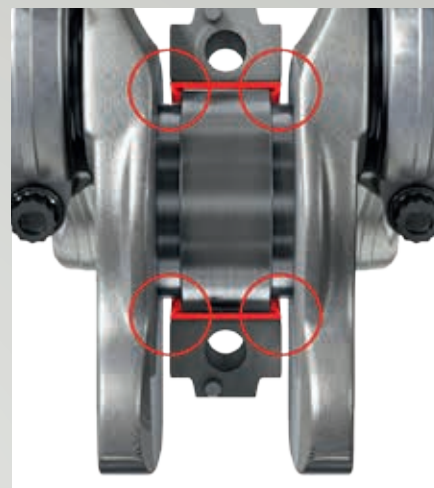
Αναγνωρίζεται μια λωρίδα χωρίς φθορά στην ακμή εδράνου χωρίς εμφανή ίχνη επαφής. Το υπόλοιπο μέρος του εδράνου παρουσιάζει μια έντονη εμφάνιση σχηματισμού αυλακώσεων.

Αξιολόγηση

Λόγω μονόπλευρης (Εικ. 1) ή αμφίπλευρης (Εικ. 2) αξονικής προβολής του κουζινέτου υπάρχουν λεπτές λωρίδες χωρίς φθορά στις ακμές εδράνου, οι οποίες δεν παρουσιάζουν κάποια τυπική φθορά προσαρμογής-ρονταρίσματος. Σε αυτές τις περιοχές δεν προκύπτει ποτέ μεταλλική επαφή ανεξάρτητα από τον αριθμό στροφών του φορέα.



Εικ. 1



Εικ. 2

Πιθανές αιτίες

- Γεωμετρική απόκλιση του φορέα
- Έχει επιλεχθεί λάθος πλάτος εδράνου
- Ανοχή τοποθέτησης
(μετατόπιση άξονα/φορέα)

Αντιμετώπιση

Τα έδρανα μπορούν να χρησιμοποιηθούν περαιτέρω ανάλογα με την πρόοδο της φθοράς. Μόλις σχηματιστεί η φθορά αρχικού σταδίου ή γίνουν εμφανή τα σημάδια κόπωσης υλικού, τα έδρανα θα πρέπει να αντικατασταθούν ενώ θα πρέπει να ληφθούν μέτρα για να διαπιστωθούν οι αιτίες:

- Έλεγχος της σωστής γεωμετρίας του στροφαλοφόρου άξονα πριν από την τοποθέτηση: Διάσταση, η κυκλικότητα
- Αντικατάσταση στροφαλοφόρου άξονα ή τοποθέτηση νέου εδράνου, που να ταιριάζει στη γεωμετρία του στροφαλοφόρου άξονα

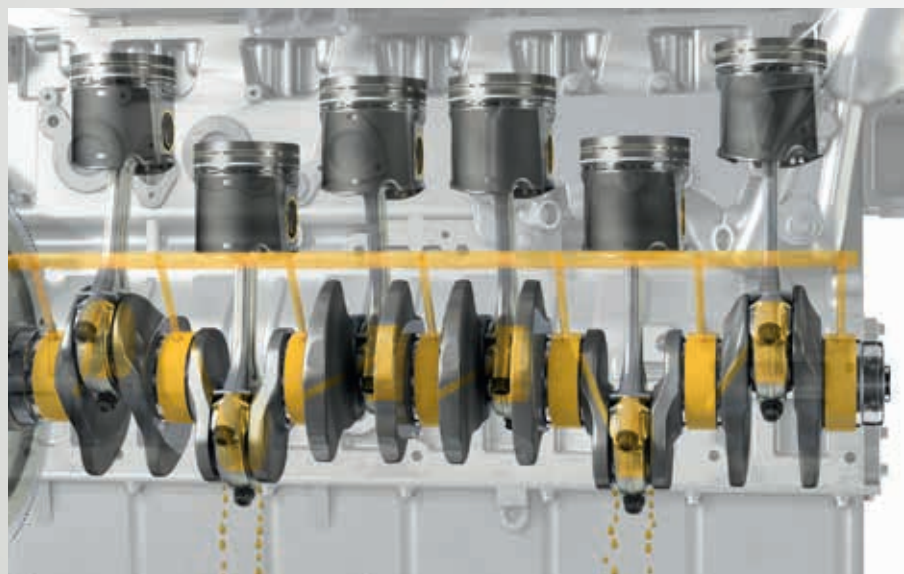
4 | Ζημιές λόγω επίδρασης σωματιδίων

4.1 Εισαγωγή

Αν εισχωρήσουν ξένα σωματίδια στο διάκενο λίπανσης μεταξύ εδράνου και φορέα άξονα, ο κίνδυνος για ζημιά εδράνου είναι μεγάλος. Λόγω του πολύ μικρού πάχους του φιλμ λίπανσης, μικρά σωματίδια ενδέχεται να διαταράξουν τη λειτουργία και να επιφέρουν τριβή μείξης. Μπορούν να εγκλειστούν στο στρώμα ολίσθησης ή κύλισης και με αυτόν τον τρόπο να παραμείνουν "άθικτα". Τα περιθώρια που προκύπτουν ως εξογκώματα γίνονται πλακέ κατά την επαφή με τον άξονα. Τα σωματίδια, των οποίων το μέγεθος υπερβαίνει το πάχος του στρώματος ολίσθησης ή κύλισης, δεν μπορούν να εγκλειστούν πλήρως. Το μέρος που προεξέχει προκαλεί φθορά στον φορέα άξονα, η οποία εμφανίζεται σε μορφή αυλακώσεων. Οι έντονες αυλακώσεις που σχηματίζονται μειώνουν τον αναμενόμενο χρόνο ζωής και μπορούν να ευνοήσουν την εμφάνιση φθοράς τελικού σταδίου στο έδρανο.

Μπορεί να εισχωρήσουν σωματίδια στο μπλοκ κινητήρα και να συσσωρευτούν εκεί ακόμα και κατά την κατασκευή ή την επισκευή του κινητήρα. Αυτό μπορεί, για παράδειγμα, να συμβεί σε αμμοβολή ή υαλοβολή του μπλοκ κινητήρα. Ενδέχεται ακόμα και κατά τη λειτουργία να προκύψουν ή να εισχωρήσουν σωματίδια ρύπων (π.χ. αιθάλη ή άνθρακας λαδιού).

Η ανεπαρκής συντήρηση του συστήματος λίπανσης ή οι ακραίες εξωτερικές επιδράσεις ενισχύουν επίσης την είσοδο ρύπων στο κύκλωμα λιπαντικού. Επίσης, χαλασμένα γειτονικά έδρανα ή άλλα χαλασμένα εξαρτήματα κινητήρα ενδέχεται να εισάγουν σωματίδια στο κύκλωμα λαδιού.



Γενικά ο κίνδυνος ζημιών λόγω επίδρασης σωματιδίων είναι μεγαλύτερος στο κεντρικό έδρανο από ό,τι στην κεφαλή μπίελας. Οι κεφαλές μπίελας τροφοδοτούνται με λάδι από τα κύρια έδρανα μέσω των οπών στον στροφαλοφόρο άξονα, έτσι ώστε να διέρχεται λάδι πρώτα από το κύριο έδρανο

(βλέπε εικ.). Μεγαλύτερα σωματίδια είναι ήδη εγκλειστα στο κύριο έδρανο και έτσι τις περισσότερες φορές δεν εισέρχονται μέχρι την κεφαλή της μπίελας.

Για να μπορέσετε να συγκεντρώσετε πληροφορίες σχετικά με την προέλευση των σωματιδίων, μια ανάλυση του εδράνου και ένα δοκίμιο του λαδιού μπορεί να φανούν χρήσιμα.

Πιθανές αιτίες

- Ακάθαρτη συναρμολόγηση: Λόγω απροσεξίας ή ανεπαρκούς καθαρισμού των εξαρτημάτων κινητήρα κατά τη συναρμολόγηση ενδέχεται να εισέλθουν ρύποι στο μπλοκ κινητήρα
- Υπολείμματα, όπως μεταλλικά ρινίσματα ή εναπομένον υλικό ψεκασμού από την κατασκευή ή τη γενική επισκευή, ενδέχεται να δημιουργήσουν επικαθίσεις στο μπλοκ κινητήρα, οι οποίες διαλύονται κατά τη λειτουργία – συχνά είναι και επικαθίσεις από παρελκόμενα, όπως π.χ. το ψυγείο λαδιού, τα οποία δεν είχαν καθαριστεί επαρκώς κατά την επισκευή του κινητήρα
- Ζημιές σε στεγανοποιήσεις στην περιοχή κινητήρα: Μια στεγανοποίηση έχει επιβαρυνθεί υπερβολικά ή έχει υποστεί ζημιά κατά την τοποθέτηση, δεν εκπληρώνει πλέον τη λειτουργία της και ενδέχεται να εισέλθουν σωματίδια
- Ελλιπής συντήρηση του συστήματος λιπαντικού: Υπέρβαση των διαστημάτων επιθεώρησης ή φραγμένα φίλτρα λαδιού ενδέχεται να οδηγήσουν σε συσσώρευση ρύπων στο λάδι
- Σππλαιώση: Σωματίδια αποσπώνται από το υλικό του εδράνου και συνεχίζουν να μεταφέρονται μέσω του λαδιού – αυτά ενδέχεται, ανάλογα με το μέγεθος, να οδηγήσουν στον σχηματισμό αυλακώσεων ή σε μικρούς εγκλεισμούς σε έδρανα ή γειτονικά έδρανα
- Φθορά τελικού σταδίου: Τα φαγωμένα εξαρτήματα κινητήρα (έμβολο, κουζινέτα) εισάγουν διάφορα σωματίδια στο κύκλωμα λιπαντικού, τα οποία ενδέχεται να οδηγήσουν πάλι σε ζημιές άλλων εξαρτημάτων
- Ζημιές λόγω κόπωσης: Υπάρχουν σπασίματα υλικού σε εξαρτήματα κινητήρα, ενδέχεται να συνεχίζει να μεταφέρεται υλικό που έχει αποσπαστεί στο έδρανο μέσω του λαδιού και σε αυτήν την περίπτωση να προκαλέσει ζημιές

Αντιμετώπιση

Γενικά, τα έδρανα μπορούν να χρησιμοποιηθούν περαιτέρω παρά τον σχηματισμό αυλακώσεων ή τα εγκλεισμένα σωματίδια. Ωστόσο, αυτό εξαρτάται από την έκταση της ζημιάς. Αν υπάρχουν, για παράδειγμα, πολύ μεγάλα αποτυπώματα σωματιδίων με ήδη έντονα ίχνη τριβής μείζης λόγω εξογκωμάτων υλικού, συνιστάται να αλλάξετε το έδρανο. Τα μικρά αποτυπώματα σωματιδίων δεν περιορίζουν τη λειτουργία του εδράνου. Ωστόσο και στις δύο περιπτώσεις θα πρέπει να διευκρινιστούν οι αιτίες:

- Καθαρισμός όλων των εξαρτημάτων πριν από τη συναρμολόγηση: Είναι σημαντικό να εκπλυθούν όλες οι οπές λαδιού στον άξονα και στο περίβλημα και να

καθαριστούν οι επιφάνειες έδρασης του εδράνου, ώστε να απομακρυνθούν μικρά ρινίσματα και σωματίδια από την κατασκευή ή την επισκευή – επίσης, πρέπει να καθαριστούν σχολαστικά τα κανάλια λαδιού των παρελκόμενων, όπως π.χ. ψυγείο λαδιού και υπερσυμπιεστής turbo

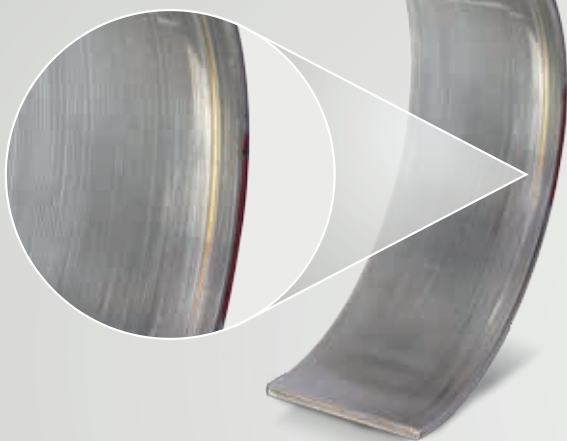
- Έλεγχος στεγανοποιήσεων ως προς λειτουργικότητα
- Αλλαγή του φίλτρου λαδιού και του λαδιού σύμφωνα πάντα με τα στοιχεία του κατασκευαστή: Προσέξτε να τηρείτε τα διαστήματα επιθεώρησης και να χρησιμοποιείτε μόνο ικανοποιητικά ποιοτικό λάδι και φίλτρο λαδιού
- Διήθηση του αέρα εισαγωγής: Τακτική συντήρηση φίλτρου, ενδεχομένως αντικατάσταση

- Έλεγχος άλλων εξαρτημάτων κινητήρα για ζημιές, όπως σππλαιώση, κόπωση ή φθορές τελικού σταδίου – οι ζημιές κουζινέτου λόγω επίδρασης σωματιδίων είναι συχνά επακόλουθες ζημιές
- Αν δεν μπορεί να καθοριστεί κάποια επίδραση σωματιδίων, τότε μια ανάλυση των κουζινέτων που έχουν υποστεί ζημιά και ένα δοκίμιο λαδιού μπορεί να δώσει πληροφορίες: Αν είναι ακόμα σωματίδια εγκλωβισμένα στο έδρανο ή βρίσκονται στο λάδι, μπορεί να προσδιοριστεί η χημική τους σύνθεση – αν πρόκειται, για παράδειγμα, για υλικό από τον στροφαλοφόρο άξονα, τότε σε αυτήν την περίπτωση μπορεί να γίνει ακριβέστερος έλεγχος για ζημιές

4.2 Σχηματισμός αυλακώσεων

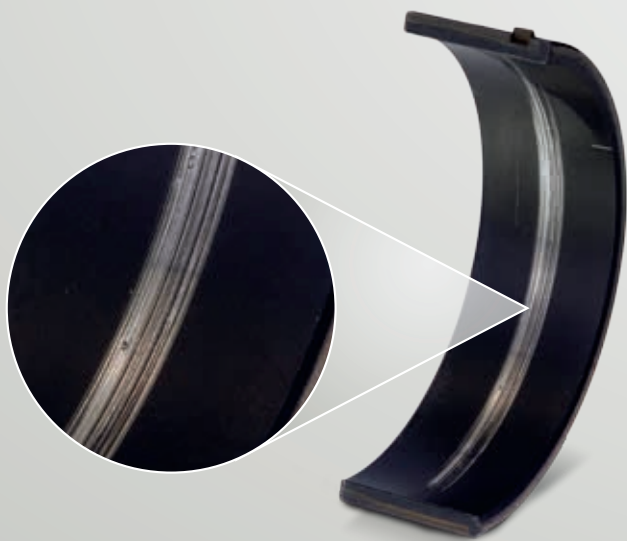
Περιγραφή

- Εσοχές σε μορφή ραβδώσεων στην κατεύθυνση ολίσθησης με εξογκώματα υλικού στα περιθώρια
- Εξομάλυνση προεξοχών εν μέρει ξανά λόγω φθοράς, ανοιχτόχρωμη γυαλάδα
- Συνήθως μαζί με τον σχηματισμό αυλακώσεων ή εγκλεισμένων σωματιδίων στον στροφαλοφόρο άξονα ή σε γειτονικά έδρανα



Κουζινέτο μπιέλας πλευράς στελέχους μπιέλας
Σύνθετο υλικό χάλυβα-ορείχαλκου με επίστρωση καθοδικού ψεκασμού

Η αυλάκωση φτάνει μέχρι το στρώμα ορείχαλκου. Υπάρχουν ανοιχτόχρωμα ίχνη φθοράς κοντά στις αυλακώσεις λόγω προεξοχών που έχουν εξομαλυνθεί.



Κάτω κύριο κουζινέτο
Σύνθετο υλικό χάλυβα-αλουμινίου με επίστρωση πολυμερούς

Οι αυλακώσεις έχουν φθαρεί έως το στρώμα κράματος αλουμινίου.

Αξιολόγηση

Τα σωματίδια που καταλήγουν στο διάκενο λιπαντικού και είναι έγκλειστα στο υλικό του εδράνου, παγιδεύονται πολλές φορές μέσω του διακένου και προκαλούν συγχρόνως αυλακώσεις. Ανάλογα με το πάχος των δημιουργημένων εξογκωμάτων

στα περιθώρια, δεν γίνονται πλακέ κατά την περαιτέρω λειτουργία και υλοποιείται αύξηση της θερμοκρασίας κατά την επαφή με τον άξονα λόγω υψηλής τριβής μείξης. Αυτό προκαλεί φθορές αρχικού σταδίου και φθορές τελικού σταδίου.

Ο σχηματισμός αυλακώσεων μπορεί να είναι συνέπεια των επιδράσεων της τριβής μείξης. Σε αυτήν την περίπτωση εμφανίζονται, ωστόσο, στα δύο μέρη ολίσθησης λεπτές αυλακώσεις με δημιουργία motibou.

Αντιμετώπιση

Αν υπάρχουν αυλακώσεις με έντονες προεξοχές στα περιθώρια, το έδρανο πρέπει να αντικατασταθεί. Αν υπάρχουν, ωστόσο, ακόμα αυλακώσεις, των οποίων οι προεξοχές έχουν εξομαλυνθεί και δεν αναμένεται πλέον περαιτέρω επίδραση σωματιδίων, τα έδρανα μπορούν να χρησιμοποιηθούν περαιτέρω.

4.3 Εγκλεισμός

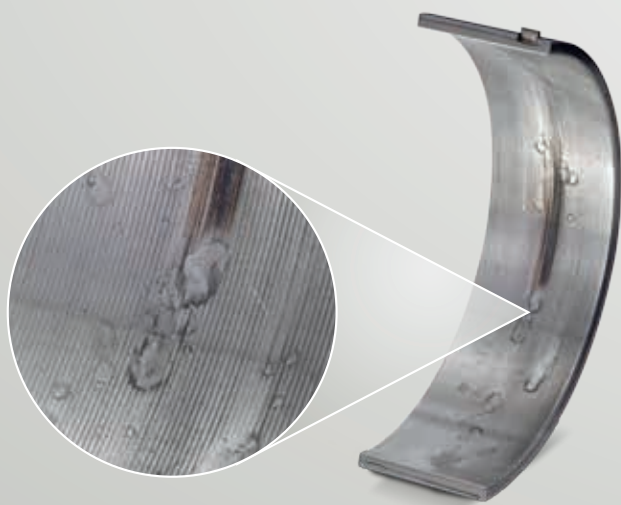
Περιγραφή

- Χαραγμένη επιφάνεια
- Αποτυπώματα σωματιδίων (περιέχονται ακόμα σωματίδια εν μέρει) γύρω από μια προεξοχή, η οποία είναι ορατή λόγω φθοράς ως ανοιχτόχρωμο γυαλιστερό σημείο
- Συχνά συνοδεύεται από σχηματισμό αυλακώσεων στον φορέα και στο έδρανο
- Σε σοβαρές περιπτώσεις είναι ορατές φθορές αρχικού σταδίου από τους εγκλεισμούς



Κουζινέτο μπιέλας πλευράς καβαλέτου
Σύνθετο υλικό χάλυβα-αλουμινίου

Είναι ορατά μικρά αποτυπώματα
σωματιδίων και μεμονωμένοι σχηματισμοί
αυλακώσεων.



Κάτω κύριο κουζινέτο
Σύνθετο υλικό χάλυβα-αλουμινίου

Είναι ορατά μεγάλα αποτυπώματα
σωματιδίων χωρίς έγκλειστα σωματίδια. Τα
σωματίδια οδήγησαν σε προεξοχές υλικού
που έχουν προκαλέσει φθορές αρχικού
σταδίου στο κέντρο του εδράνου.

Αξιολόγηση

Τα σωματίδια που καταλήγουν στο διάκενο λιπαντικού ενδέχεται να εγκλειστούν στο υλικό του εδράνου. Ανάλογα με το πάχος του στρώματος ολίσθησης/κύλισης γίνεται διάκριση σε βαθύ και σε επιφανειακό εγκλεισμό. Κατά τον βαθύ εγκλεισμό τα σωματίδια ενσωματώνονται πλήρως μέσα στο στρώμα ολίσθησης ή κύλισης. Αυτό είναι εφικτό μόνο όταν το μέγεθος σωματιδίων είναι μικρότερο από το πάχος του στρώματος. Το υλικό εδράνου που έχει εξογκωθεί κατά τον εγκλεισμό εξομαλύνεται στις ακόλουθες επαφές με τον άξονα λόγω φθοράς.

Επιφανειακός εγκλεισμός υλοποιείται όταν το μέγεθος του σωματιδίου υπερβαίνει το πάχος του στρώματος. Τα σωματίδια δεν έχουν εγκλειστεί τελείως και προεξέχουν από την επιφάνεια του εδράνου. Δημιουργούν φθορά και σχηματισμό αυλακώσεων στην επιφάνεια του φορέα.

Λόγω των εξογκωμάτων στα περιθώρια ή των προβολών από σωματίδια που δεν έχουν εγκλειστεί τελείως καταστρέφεται η δομή του φιλμ λιπαντικού και μπορούν να προκληθούν καταστάσεις τριβής μείξης. Πιθανή αιτία είναι επίσης και η λεγόμενη

ινοειδής απόξεση. Σε αυτήν τα έγκλειστα σωματίδια σκίζουν την επιφάνεια του άξονα και απομακρύνουν το υλικό (ινώσεις). Τα απελευθερωμένα σωματίδια που εγκλείονται ξανά, προξενούν ζημιά στο έδρανο και συχνά δεν μπορεί να αποτραπεί η ολική ζημιά στον φορέα και στο έδρανο.

Οι φθορές αρχικού και τελικού σταδίου μπορούν επίσης να είναι συνέπεια των εγκλεισμών σωματιδίων.

Αντιμετώπιση

Αν υπάρχουν μεγάλοι εγκλεισμοί σωματιδίων σε συνδυασμό με φθορά του φορέα και του εδράνου σε αρχικό στάδιο, τότε πρέπει να αντικατασταθεί το έδρανο. Αν υπάρχουν, ωστόσο, ακόμα εγκλεισμοί σωματιδίων, των οποίων τα εξογκώματα έχουν εξομαλυνθεί και δεν αναμένεται πλέον περαιτέρω επίδραση σωματιδίων, τότε δεν επηρεάζεται δυσμενώς η λειτουργία του εδράνου.

4.4 Ίχνος μετανάστευσης ρύπων

Περιγραφή

- Μεμονωμένα, διαδοχικά αποτυπώματα σε σειρές, στις άκρες των οποίων ενδέχεται να υπάρχουν ακόμα έγκλειστα σωματίδια
- Κατά κανόνα διέρχονται λοξά προς την ακμή του εδράνου
- Ξεκινούν από τις εγχοπές λαδιού ή τις οπές λίπανσης
- Συχνά συνοδεύονται από σχηματισμό αυλακώσεων στον φορέα και σχηματισμό αυλακώσεων/εγκλεισμό σωματιδίων στο έδρανο



Κάτω κύριο κουζινέτο
Σύνθετο υλικό χάλυβα-αλουμινίου

Έχει εμφανιστεί ένα ίχνος μετανάστευσης ρύπων που ξεκινά από την επιμέρους επιφάνεια. Είναι ορατά πολλά μεγάλα αποτυπώματα σωματιδίων διαδοχικά – λοξά διατεταγμένα. Εν μέρει υπάρχουν ακόμα έγκλειστα σωματίδια.

Αξιολόγηση

Πολύ μεγάλα και σκληρά σωματίδια που καταλήγουν στο διάκενο λιπαντικού δεν μπορούν να εγκλειστούν στο υλικό του εδράνου. Καθοδηγούνται στο διάκενο λιπαντικού και παραμένουν συνεχώς εκεί. Συχνά προκύπτει εικόνα εμφάνισης εγχοπών ή οπών λαδιού, επειδή σε αυτήν την περίπτωση είχαν εισχωρήσει σωματίδια. Τα έντονα εξογκώματα κατά μήκος του ίχνους μετανάστευσης οδηγούν σε φθορές αρχικού σταδίου και φθορές τελικού σταδίου.

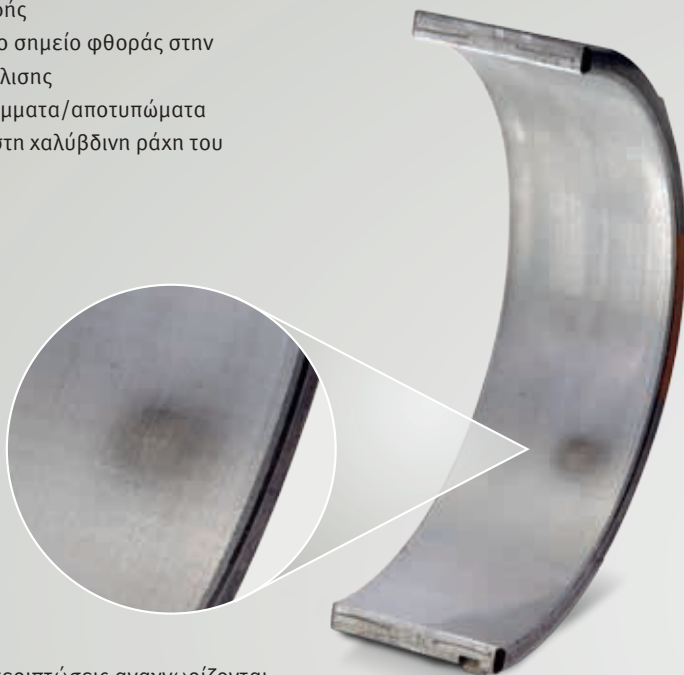
Αντιμετώπιση

Αν υπάρχουν έντονα εξογκώματα κατά μήκος του ίχνους μετανάστευσης ή σημάδια φθοράς αρχικού σταδίου, τότε το έδρανο πρέπει να αντικατασταθεί. Ωστόσο, το έδρανο μπορεί να χρησιμοποιηθεί περαιτέρω, αν έχουν εξομαλυνθεί τα εξογκώματα και δεν υπάρχει φόβος για περαιτέρω επίδραση σωματιδίων.

4.5 Υπόστρωμα στη ράχη του εδράνου

Περιγραφή

- Τοπικά περιορισμένη απόκλιση της εικόνας επαφής
- Ανοιχτόχρωμο σημείο φθοράς στην επιφάνεια κύλισης
- Συχνά υπολείμματα/αποτυπώματα σωματιδίων στη χαλύβδινη ράχη του εδράνου



- Σε σοβαρές περιπτώσεις αναγνωρίζονται έντονα ίχνη τριβής μείξης σε μορφή φθοράς αρχικού σταδίου και ενδείξεων κόπωσης στην επιφάνεια κύλισης του εδράνου

Κάτω κύριο κουζινέτο
Σύνθετο υλικό χάλυβα-αλουμινίου

Αναγνωρίζεται μια εμφανής απόκλιση της εικόνας επαφής καθώς και σημειακή φθορά στην επιφάνεια κύλισης. Υπάρχει σημείο πίεσης στη ράχη εδράνου λόγω σωματιδίων.



Εικόνα ράχης εδράνου

Αξιολόγηση

Λόγω ρύπων ή υπολειμμάτων λαδιού (άνθρακας λαδιού) στη ράχη εδράνου υπάρχουν εντοπισμένα αποτυπώματα, τα οποία μπορούν να αναγνωριστούν στην επιφάνεια κύλισης του εδράνου. Στο εσωτερικό σημείο του εδράνου η φθορά είναι μεγαλύτερη λόγω της πίεσης συγκριτικά με την υπόλοιπη περιοχή του εδράνου. Αναγνωρίζεται κυρίως από μια εμφανή ανοιχτόχρωμη γυαλιστερή απόκλιση του ίχνους επαφής. Ανάλογα με την έκταση των σημείων πίεσης οι συνέπειες μπορεί να είναι φθορά αρχικού σταδίου και τελικού σταδίου καθώς και ζημιές λόγω κόπωσης.

**Αντιμετώπιση**

Αν μπορεί να χρησιμοποιηθεί περαιτέρω το έδρανο εξαρτάται από την πρόοδο της φθοράς στο στρώμα κύλισης. Μόλις εμφανιστούν φθορές αρχικού σταδίου ή σημάδια κόπωσης, όπως ρωγμές ή σπασίματα στην περιοχή του σημείου πίεσης, το έδρανο θα πρέπει να αντικατασταθεί, διαφορετικά υπάρχει κίνδυνος για ολική ζημιά. Το σπασμένο υλικό ενδέχεται να προκαλέσει επακόλουθες ζημιές στο ίδιο ή σε κάποιο γειτονικό έδρανο.

5.1 Διάβρωση

Περιγραφή

- Ήπιος σχηματισμός αυλακώσεων στην κατεύθυνση της ροής λαδιού
- Τραχιά όψη και ρήγματα στο στρώμα κύλισης/στρώμα ολίσθησης



Αξιολόγηση

Η διάβρωση είναι μια μορφή διαβρωτικής αφαίρεσης υλικού που προκαλείται από τις δυνάμεις ροής του λαδιού. Αυτή η επίδραση υποστηρίζεται από μικρά σωματίδια στο λάδι, όπως π.χ. υπολείμματα καύσης ή απόξεση. Η διάβρωση είναι συχνά συνέπεια της σπηλαιώσης, διότι σε αυτήν την περίπτωση αποκολλώνται σωματίδια από το υλικό και εισχωρούν στο σύστημα λιπαντικού.

Η διάβρωση προσβάλλει την επιφάνεια υλικού και επιδρά σε αυτήν με χημικό τρόπο, κάτι ευνοεί τη δημιουργία οξειδωσης. Επίσης επηρεάζεται αρνητικά η αντοχή του υλικού, διότι το ρήγμα στην επιφάνεια ενδέχεται να προκαλέσει απαρχές ρωγμών. Προκαλούνται ζημιές λόγω κόπωσης.

Η διάβρωση προκύπτει όλο και συχνότερα από τη χρήση λεπτόρρευστων ελαίων.

Πιθανές αιτίες

- Υψηλοί αριθμοί στροφών και χαμηλές ανοχές εδράνων
- Χρήση λάθος λαδιών κινητήρα με π.χ. ελλιπή ή λάθος πρόσθετα
- Μικρά σωματίδια στη ροή λαδιού: Τα σωματίδια μπορεί να προέρχονται από διαφορετικές περιοχές του κινητήρα, π.χ. να έχουν προκύψει λόγω ατελούς καύσης ή σπηλαιώσης

Αντιμετώπιση

- Διατήρηση χαμηλής θερμοκρασίας του λαδιού μέσω επαρκούς ψύξης
- Αντικατάσταση του φίλτρου λαδιού και του λαδιού σύμφωνα πάντα με τα στοιχεία του κατασκευαστή: Προσέξτε να τηρείτε τα διαστήματα επιθεώρησης και να χρησιμοποιείτε μόνο ικανοποιητικά ποιοτικό λάδι και φίλτρο λαδιού

5.2 Σπηλαίωση

Η σπηλαίωση προκαλείται λόγω της ροής του λιπαντικού μέσα από το διάκενο του εδράνου. Η πίεση ατμού του χρησιμοποιούμενου λαδιού παίζει σε αυτήν την περίπτωση αποφασιστικό ρόλο.

Η σωστή εξήγηση είναι ότι η σπηλαίωση είναι απλά η φυσική διαδικασία του σχηματισμού φυσαλίδων ατμού ενός υγρού που από μόνη της δεν προκαλεί κάποια ζημιά στο έδρανο. Αρχικά η διάβρωση σπηλαίωσης περιγράφει τη σχετική εικόνα ζημιάς από την τυπική αποκόλληση υλικού, η οποία προέκυψε από την κατάρρευση των φυσαλίδων ατμού σε περιοχές κάτω από την πίεση του ατμού (σπηλαίωση → διάβρωση σπηλαίωσης).

Σε ορισμένες εικόνες ζημιάς είναι δύσκολο να γίνει διάκριση μεταξύ σπηλαίωσης, διάβρωσης και οξειδωσης, λόγω των διαφορετικών προελεύσεων της φθοράς. Συχνά εμφανίζονται πολύπλοκες συνδυαστικές μορφές, όπως διάβρωση σπηλαίωσης ή οξείδωση διάβρωσης.

Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι τόσο η σπηλαίωση και η διάβρωση προσβάλλουν αντιδιαβρωτικά στρώματα με χημικό τρόπο και ως συνέπεια προκαλείται οξείδωση.

Σπηλαίωση

Αν γίνει αρνητική υπέρβαση της πίεσης ατμού του χρησιμοποιούμενου λαδιού, τότε σχηματίζονται φυσαλίδες αερίου και ατμού, οι οποίες μεταφέρονται μέσω της ροής. Αυτό ορίζεται ως σπηλαίωση. Μόλις αυξηθεί ξανά η στατική πίεση, οι φυσαλίδες καταρρέουν και προξενούνται πλήγματα πίεσης – ονομάζονται και micro-jet – καθώς και υψηλές θερμοκρασίες. Τα πλήγματα πίεσης προκαλούν σπασίματα και αφαίρεση υλικού, δηλ. διάβρωση σπηλαίωσης.



Δημιουργία και ενίσχυση φυσαλίδας σπηλαίωσης



Έναρξη κατάρρευσης



Ανάπτυξη micro-jet



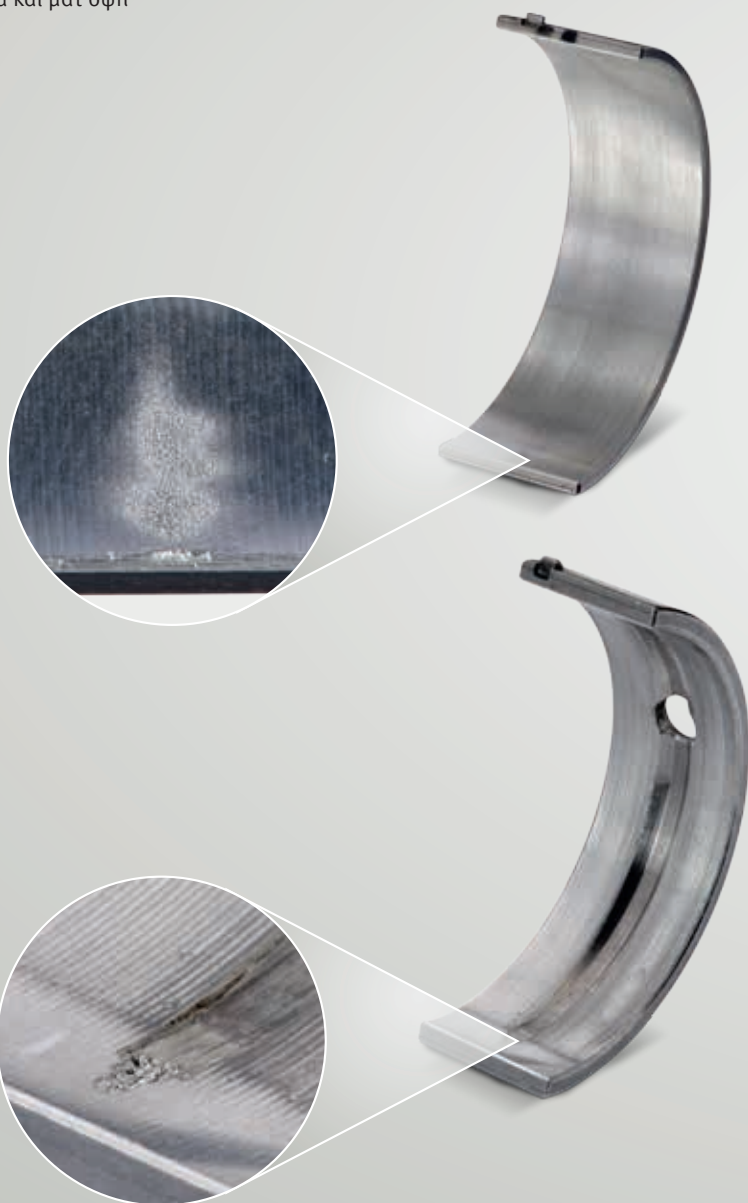
Το micro-jet σπάει από τη φυσαλίδα σπηλαίωσης και πέφτει στην επιφάνεια

Περιγραφή

- Σπηλαίωση στην ελευθέρωση: Σημειακό σπάσιμο ή σπάσιμο σε σχήμα μανιταριού στην ελευθέρωση προς την επιμέρους επιφάνεια, σημείο με τραχιά και ματ όψη
- Σπηλαίωση στην έξοδο της εγκοπής λαδιού: Σπάσιμο σε σχήμα μανιταριού στην έξοδο της εγκοπής λαδιού, σημείο με τραχιά και ματ όψη

Σπηλαίωση ενδέχεται να εμφανιστεί και σε άλλες περιοχές του εδράνου, όπως π.χ. στην κορυφή. Ωστόσο, αυτές οι μορφές είναι εμφανώς δυσκολότερο να διαχωριστούν από τη διάβρωση και την οξειδωση.

Συνήθως δεν εντοπίζονται σπασίματα υλικού όπως στις παραπάνω αναφερόμενες μορφές, αλλά ματ και ελαφρώς τραχιά σημεία, τα οποία ενδέχεται και αυτά να είναι συνέπεια διάβρωσης ή οξειδωσης.



Κουζινέτο μπιέλας πλευράς καβαλέτου
Σύνθετο υλικό χάλυβα-αλουμινίου

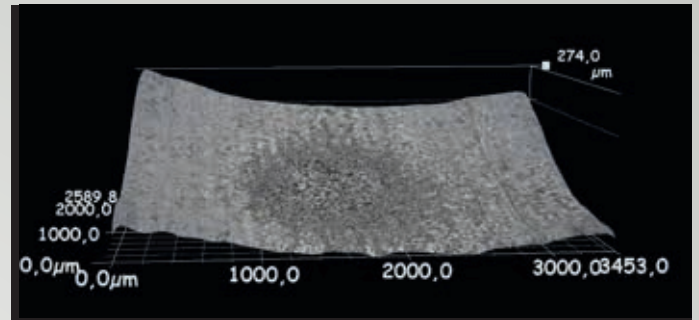
Σπηλαίωση στην ελευθέρωση:
Αναγνωρίζεται εμφανής αποκόλληση υλικού – η περιοχή φαίνεται ματ συγκριτικά με το υλικό που την περιβάλλει.

Επάνω κύρια κουζινέτα
Σύνθετο υλικό χάλυβα-αλουμινίου

Σπηλαίωση στην έξοδο της εγκοπής λαδιού:
Είναι ορατό ένα σπάσιμο σε σχήμα μανιταριού του υλικού του εδράνου. Η περιοχή είναι εμφανώς πιο ματ και πιο τραχιά συγκριτικά με το υλικό που την περιβάλλει.

Αξιολόγηση

Τα πλήγματα πίεσης που υπάρχουν λόγω της κατάρρευσης φυσαλίδων αερίου και ατμού κοντά στην επιφάνεια εδράνου προκαλούν σπασίματα του υλικού (βλέπε κεφάλαιο: "Διάβρωση και σπνλαίωση – Εισαγωγή"). Η σπνλαίωση συνοδεύεται συνήθως από διάβρωση και οξείδωση και ενδέχεται να οδηγήσει σε μικρό σχηματισμό αυλακώσεων στα ίδια ή σε γειτονικά έδρανα.



Μέτρηση 3D – Σπνλαίωση

Πιθανές αιτίες

Υψηλές θερμοκρασίες και προσμείξεις χαμηλού σημείου ζέσεως ενδέχεται να οδηγήσουν σε σπνλαίωση.

- Προσμείξεις στο λάδι: Νερό, καύσιμο ή απόξεση και ρύποι
- Πολύ χαμηλή πίεση λαδιού: Υπάρχουν απρόβλεπτες απώλειες πίεσης (π.χ. λόγω χαλασμένης αντλίας λαδιού) ή έχει ρυθμιστεί πολύ χαμηλή πίεση λαδιού
- Πολύ χαμηλή πίεση ατμού του χρησιμοποιούμενου λαδιού
- Αύξηση θερμοκρασίας στο έδρανο (π.χ. λόγω έλλειψης λαδιού)
- Τα λάδια χαμηλού ιξώδους αυξάνουν τον κίνδυνο σπνλαίωσης

- Κοίλα στρώματα/υποστρώματα (π.χ. επικαθίσεις άνθρακα λαδιού) στη ράχη εδράνου ενδέχεται να δημιουργήσουν ταλαντώσεις/δονήσεις στο κουζινέτο και έτσι να προκαλέσουν σπνλαίωση

Σπνλαίωση ταλαντώσεων ή αναρρόφησης:

- Το διάκενο λιπαντικού είναι πολύ μεγάλο και για αυτό το λόγο μειώνεται η υδροδυναμική πίεση στο διάκενο εδράνου
- Ταλαντώσεις του στροφαλοφόρου άξονα: Η κίνηση φορέα προκαλεί μονόπλευρη μείωση της πίεσης λόγω της υπάρχουσας επίδρασης αναρρόφησης

- Ταλαντώσεις της οπής εδράνου (συνήθως στα μάτια μπιέλας) λόγω παραμόρφωσης ή κάμψης – προκαλείται μείωση της πίεσης στο φιλμ λαδιού

Σπνλαίωση ροής:

- Οι διακοπές στις επιφάνειες (οπές λαδιού, εγχοπές λαδιού) και οι ανακατευθύνσεις της ροής λαδιού ενδέχεται να οδηγήσουν σε μείωση της πίεσης

Αντιμετώπιση

Τα έδρανα που παρουσιάζουν σπνλαίωση δεν χρειάζεται να αντικατασταθούν. Ανάλογα με την έκταση της σπνλαίωσης ενδέχεται να μειωθεί η διάρκεια ζωής εξαιτίας της επίδρασης της δυναμικής του εδράνου. Ωστόσο, δεν υπάρχει κίνδυνος για ολική ζημιά.

- Χρήση ποιοτικών λαδιών και εκτέλεση τακτικής αλλαγής λαδιού και φίλτρου σύμφωνα με τα στοιχεία του κατασκευαστή

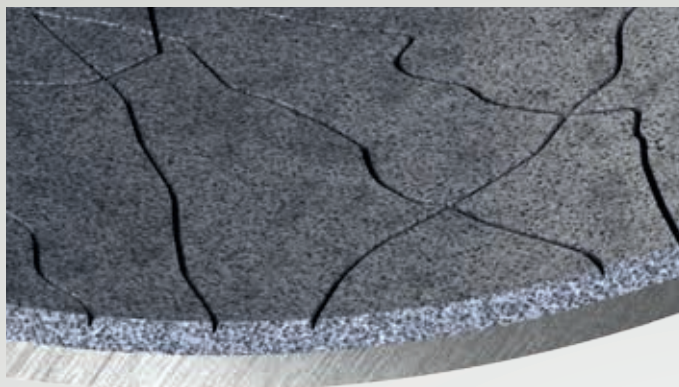
- Έλεγχος της πίεσης λαδιού και ενδεχομένως επαναρρύθμιση
- Χρήση λαδιού με υψηλή πίεση ατμού: Το λάδι πρέπει να είναι συμβατό με όλα τα εξαρτήματα του κινητήρα, ενδεχομένως συμβουλευτείτε τον κατασκευαστή
- Έλεγχος του διακενου λιπαντικού και ενδεχομένως επαναρρύθμιση της ανοχής εδράνου

- Έλεγχος της επιβάρυνσης του κινητήρα για καταπόνηση ταλαντώσεων (δονήσεις)
- Έλεγχος της αραίωσης λαδιού και καυσίμου

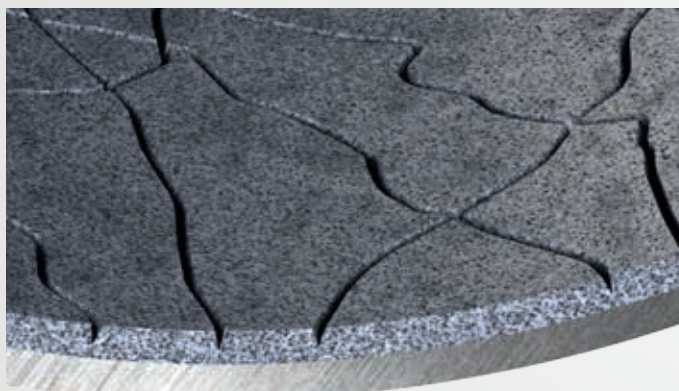
6.1 Εισαγωγή

Αν ξεπεραστεί τοπικά η αντοχή του υλικού, τότε προκαλείται κόπωση. Δημιουργούνται οι πρώτες απαρχές ρωγμών που αναπτύσσονται περαιτέρω ως συνέπεια της επίδρασης εγχοπής (Εικ. 1), και σχηματίζουν ένα δίκτυο ρωγμών (Εικ. 2). Στην πορεία προξενούνται σπασίματα (Εικ. 3) στο μέταλλο του εδράνου. Το δίκτυο ρωγμών και τα σπασίματα μειώνουν την ανθεκτικότητα του εδράνου, γεγονός που ενδέχεται να οδηγήσει σε μόνιμη θραύση σε περίπτωση επιβάρυνσης. Το κουζινέτο χάνει έπειτα τη λειτουργικότητά του και υφίσταται ολική ζημιά.

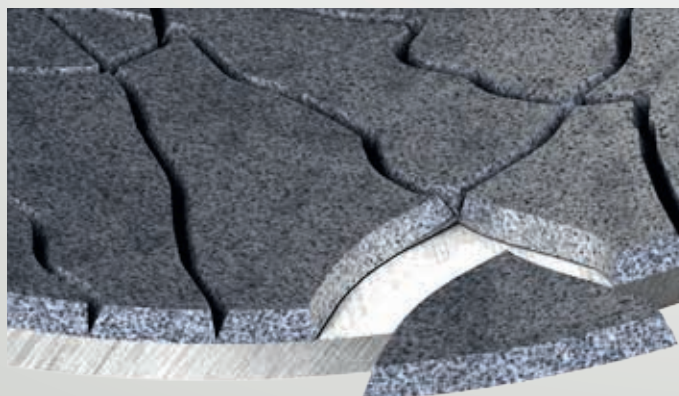
Λόγω των σπασιμάτων του υλικού εισχωρούν σωματίδια στο σύστημα λιπαντικού. Ενδέχεται να προκληθεί σχηματισμός αυλακώσεων ή εγκλεισμός σωματιδίων στα ίδια ή σε γειτονικά κουζινέτα. Επίσης, ενδέχεται να προκληθεί φθορά αρχικού σταδίου και τελικού σταδίου στα ίδια ή σε γειτονικά έδρανα.



Εικ. 1



Εικ. 2



Εικ. 3

Πιθανές αιτίες

Οι εμφανίσεις κόπωσης, όπως ρωγμές και σπασίματα στο μέταλλο του εδράνου προκαλούνται λόγω δυναμικής υπερβολικής καταπόνησης. Οι αιτίες για αυτό μπορεί να ποικίλουν:

- Υπερβολική επιβάρυνση: Επιδρούν μεγαλύτερες δυνάμεις από ό,τι επιτρέπει ο σχεδιασμός και προκαλείται κόπωση του υλικού – τα προβλήματα καύσης, όπως π.χ. η κρουστική καύση, αυξάνουν την πίεση στο έμβολο και επομένως και στην κεφαλή μπιέλας
- Το διάκενο λιπαντικού έχει διαστασιοποιηθεί πολύ μικρό – δεν μπορεί να σχηματιστεί σταθερό φιλμ λιπαντικού: Η πίεση φιλμ λίπανσης αυξάνεται σε αυτά τα σημεία και προκαλούνται υψηλές επιφανειακές πιέσεις – αυτό ενδέχεται να προκληθεί από σφάλμα ευθυγράμμισης και μορφής, σφάλμα γεωμετρίας ή σφάλμα συναρμολόγησης (βλέπε κεφάλαιο: "Ειδικές περιπτώσεις φθοράς από τριβή μείξης") και η εξέταση του γειτονικού εδράνου μπορεί να δώσει πληροφορίες
- Ανεπαρκής ποιότητα λαδιού ή γήρανση του λαδιού: Χρησιμοποιείται ακατάλληλο λάδι ή το λάδι δεν έχει επαρκή ποιότητα λόγω γήρανσης και ενδέχεται να προκύψουν αρνητικές επιδράσεις στον σχηματισμό του φιλμ λιπαντικού
- Ταλαντώσεις: Το έδρανο επιβαρύνεται επιπλέον από εναλλασσόμενες μηχανικές τάσεις εξαιτίας των ταλαντώσεων και αυξάνεται ο κίνδυνος για κόπωση του υλικού.
- Υψηλές θερμοκρασίες: Η κόπωση του υλικού ευνοείται από τις υψηλές θερμοκρασίες, διότι μειώνουν την ανθεκτικότητα του υλικού του εδράνου

Αντιμετώπιση

- Έλεγχος της επιβάρυνσης του εδράνου – ενδεχομένως να πρέπει να τοποθετηθεί έδρανο με μεγαλύτερη αντοχή στην κόπωση
- Έλεγχος της σωστής γεωμετρίας του στροφαλοφόρου άξονα: Διάσταση, κυκλικότητα, κυλινδρικότητα, κυμάτωση, τραχύτητα επιφάνειας
- Έλεγχος της σωστής βασικής οπής της πύλης εδράνου: Διάσταση, κυκλικότητα, κυλινδρικότητα, επιφάνεια
- Έλεγχος της ευθυγράμμισης της οπής κύριου εδράνου (τηρήστε την προδιαγραφόμενη ροπή σύσφιγξης των βιδών, ο κινητήρας πρέπει να είναι επαρκώς κρύος)
- Έλεγχος των μπιελών πριν από την τοποθέτηση για ορθογωνικότητα
- Ζυγοστάθμιση του στροφαλοφόρου άξονα κατά την τοποθέτηση
- Χρήση μόνο του λαδιού που συνιστάται από τον κατασκευαστή και τήρηση των διαστημάτων αλλαγής λαδιού
- Διασφάλιση επαρκούς ψύξης του κινητήρα

6.2 Απαρχές ρωγμών και σπασίματα στο στρώμα ολίσθησης

Αυτό το είδος ζημιάς εμφανίζεται μόνο σε κουζινέτα με στρώμα ολίσθησης από επίστρωση πολυμερούς/βερνικιού ολίσθησης, γαλβανισμού ή καθοδικού ψεκασμού.

Περιγραφή

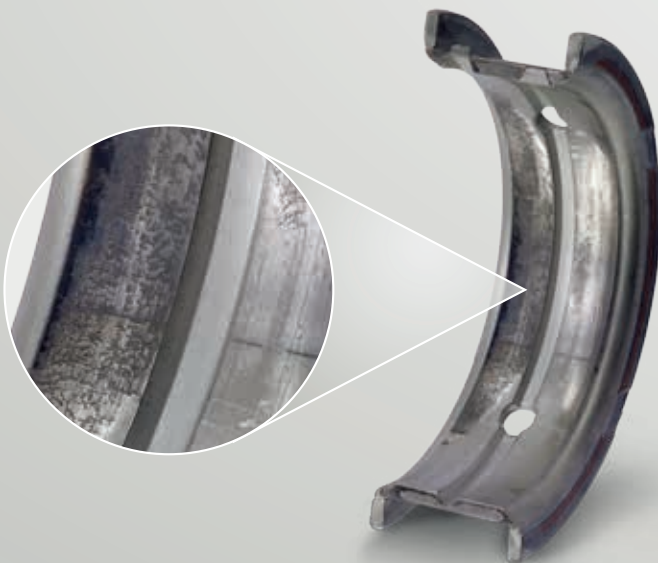
- Αναγνωρίζονται μικρές ρωγμές στο στρώμα ολίσθησης: Κυρίως εγκάρσια προς την κατεύθυνση κύλισης – ονομάζεται συχνά και "σκαθάρι", διότι η εικόνα ζημιάς παραπέμπει στο σχήμα σκαθαριού

- Συχνά συνοδεύεται από φθορά ακμής και αποχρωματισμούς της επιφάνειας εδράνου



Κουζινέτο μπιέλας πλευράς στελέχους μπιέλας
Σύνθετο υλικό χάλυβα-ορείχαλκου με επίστρωση καθοδικού ψεκασμού

Το κουζινέτο παρουσιάζει εμφανίσεις κόπωσης στην ελευθέρωση σε μορφή απαρχών ρωγμών ή αρχικών σπασιμάτων μέχρι το στρώμα ορείχαλκου.



Κύριο κουζινέτο
Σύνθετο υλικό χάλυβα-μπρούντζου με επίστρωση γαλβανισμού

Η μονόπλευρη φθορά πλευρικής ακμής εδράνου στα δύο κουζινέτα οδήγησε σε κόπωση του στρώματος γαλβανισμού και δημιουργήθηκε η τυπική εικόνα ζημιάς σε σχήμα σκαθαριού.



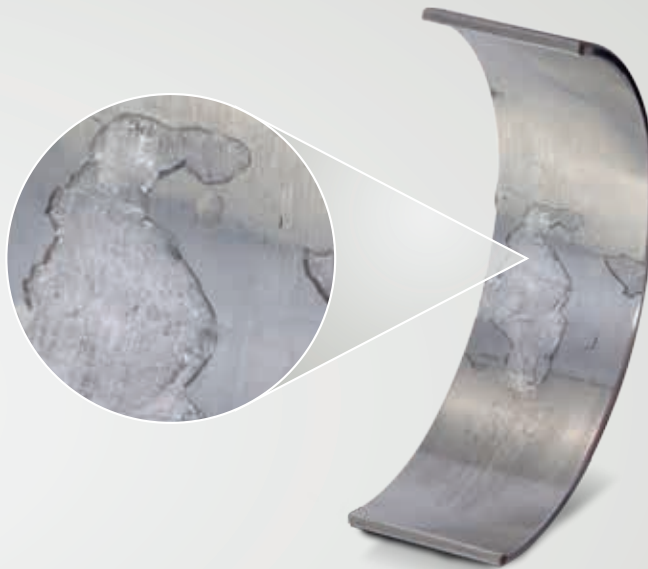
Υπόδειξη:

Για πιθανές αιτίες και βοήθεια, βλέπε κεφάλαιο "6.1 Εισαγωγή"

6.3 Απαρχές ρωγμών και σπασίματα στο μέταλλο του εδράνου

Περιγραφή

- Ραγίσματα και σπασίματα σε μορφή κυβόλιθων μέχρι το υλικό του εδράνου
- Ακμές του σπασίματος στρογγυλεμένες ανάλογα με τον περαιτέρω χρόνο κύλισης



Κουζινέτο μπιέλας πλευράς στελέχους
μπιέλας
Σύνθετο υλικό χάλυβα-αλουμινίου

Αναγνωρίζονται σπασίματα και ρωγμές σε
ευρεία επιφάνεια.



Υπόδειξη:

Για πιθανές αιτίες και βοήθεια,
βλέπε κεφάλαιο "6.1 Εισαγωγή"

7 | Ζημιές λόγω υπερθέρμανσης

7.1 Εισαγωγή

Οι ζημιές λόγω υπερθέρμανσης είναι αποτέλεσμα υπερβολικής ανάπτυξης θερμοκρασίας στο κουζινέτο ολίσθησης, η οποία συνοδεύεται από ισχυρή τριβή μείξης. Ως εκ τούτου, εμφανίζονται πάντα και θερμωγμές, αποχρωματισμοί και τήγματα σε περιπτώσεις φθορών αρχικού σταδίου ή τελικού σταδίου.

Η απαγωγή θερμότητας μέσω του λιπαντικού παίζει σε αυτήν την περίπτωση κεντρικό ρόλο. Αν δεν παρέχεται πλέον απαγωγή θερμότητας, τότε προκαλείται ολική ζημιά.

Ήδη από τις πρώτες παρουσιάσεις υπερθέρμανσης προξενούνται τοπικά αλλαγές στη δομή και μειώνεται η αντοχή του υλικού. Στα σχετικά σημεία σχηματίζονται θερμωγμές.

Πιθανές αιτίες

- Επακόλουθη ζημιά λόγω υψηλής θερμοκρασίας εξαιτίας φθοράς αρχικού σταδίου, φθοράς τελικού σταδίου ή φθοράς ακμών
- Ανεπαρκής απαγωγή θερμότητας μέσω του λιπαντικού (βλέπε κεφάλαιο: "Πιθανές αιτίες – Φθορά αρχικού σταδίου")

Αντιμετώπιση

Αν εμφανίζονται ζημιές λόγω υπερθέρμανσης, τότε το έδρανο πρέπει να αντικατασταθεί και πρέπει να αναζητηθούν οι αιτίες. Σε περίπτωση επακόλουθης ζημιάς πρέπει να αντιμετωπιστεί η αιτία της αρχικής ζημιάς. Αν δεν είναι ορατή κάποια περαιτέρω ζημιά στο έδρανο, τότε πρέπει να εξεταστεί το κύκλωμα του λιπαντικού (βλέπε κεφάλαιο: "Βοήθεια – Φθορά αρχικού σταδίου") και η επιβάρυνση του εδράνου.

7.2 Θερμωγμές

Περιγραφή

- Ορατές ρωγμές σε μορφή δικτύου
- Τήγματα και αποχρωματισμοί του κουζινέτου



Κουζινέτο μπιέλας πλευράς καβαλέτου και στελέχους μπιέλας
Σύνθετο υλικό χάλυβα-μπρούντζου με επίστρωση γαλβανισμού

Στο στρώμα κύλισης των κουζινέτων με φθορά τελικού σταδίου είναι εμφανώς ορατοί αποχρωματισμοί και τήγματα. Ο σχηματισμός ρωγμών αναγνωρίζεται κυρίως στην περιοχή των ακμών.



Υπόδειξη:

Για πιθανές αιτίες και βοήθεια
βλέπε κεφάλαιο "7.1 Εισαγωγή"

7.3 Τήγματα στο στρώμα κύλισης

Περιγραφή:

- Ορατές μετατοπίσεις υλικού και λεκέδες στην επιφάνεια κύλισης
- Συνοδεύονται από θερμωγμές και αποχρωματισμούς του κουζινέτου



Κουζινέτο μπιέλας πλευράς καβαλέτου
Σύνθετο υλικό χάλυβα-μπρούντζου με
επίστρωση γαλβανισμού

Στο στρώμα γαλβανισμού είναι ορατά λευκά
τήγματα.



Υπόδειξη:

Για πιθανές αιτίες και βοήθεια
βλέπε κεφάλαιο "7.1 Εισαγωγή"

7.4 Αποχρωματισμοί στο στρώμα κύλισης ή/και στη ράχη του εδράνου

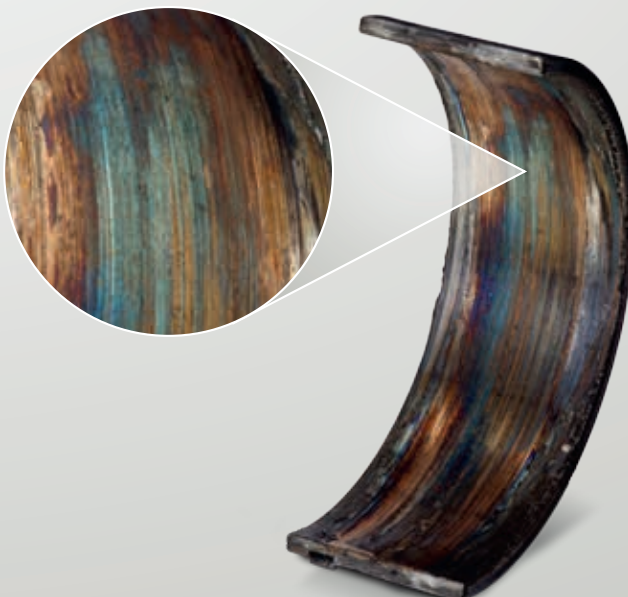
Περιγραφή

- Υποκύανοι ή υπόμαυροι αποχρωματισμοί στο στρώμα κύλισης ή στη ράχη εδράνου
- Συνοδεύονται από τήξεις και αποκολλήσεις/μετατοπίσεις υλικού



Κουζινέτο μπιέλας πλευράς στελέχους μπιέλας
Σύνθετο υλικό χάλυβα-μπρούντζου με επίστρωση γαλβανισμού

Η ράχη εδράνου παρουσιάζει υπόμαυρο αποχρωματισμό μετά από φθορά τελικού σταδίου.



Κουζινέτο μπιέλας πλευράς καβαλέτου
Σύνθετο υλικό χάλυβα-μπρούντζου με επίστρωση γαλβανισμού

Αναγνωρίζεται το επίχρυσμα χρώματος στο στρώμα κύλισης.



Υπόδειξη:

Για πιθανές αιτίες και βοήθεια βλέπε κεφάλαιο "7.1 Εισαγωγή"

8.1 Διάβρωση τριβής/σκουριά συναρμογής

Περιγραφή

- Χαραγμένη επιφάνεια της ράχης εδράνου ή στην περιοχή της επιμέρους επιφάνειας
- Σημεία με τραχιά και ματ όψη

Κάτω κύριο κουζινέτο
Σύνθετο υλικό χάλυβα-αλουμινίου

Επίσης στην περιοχή της επιμέρους επιφάνειας ενδέχεται να φαίνονται σημάδια κινήσεων του κουζινέτου με τη μορφή διάβρωσης τριβής. Η επιφάνεια του υλικού είναι εμφανώς αλλαγμένη (Εικ. 1).

Εικ. 1

Επάνω κύρια κουζινέτα
Σύνθετο υλικό χάλυβα-αλουμινίου

Αναγνωρίζονται εμφανή ίχνη διάβρωσης τριβής – εν μέρει με αποφλοιωμένες περιοχές υλικού (Εικ. 2).

Σε αυτήν την περίπτωση αναγνωρίζονται εμφανή σημάδια πλεκτικής διάβρωσης τριβής: Με αποφλοιωμένες περιοχές υλικού και χαραγές στην επιφάνεια (Εικ. 3).

Εικ. 2

Εικ. 3

Αξιολόγηση

Αν το κουζινέτο δεν εφαρμόζει σωστά στη βάση εδράνου, τότε προκαλείται διάβρωση τριβής λόγω των σχετικών κινήσεων που προκύπτουν (κινήσεις μικροολίσθησης). Η θερμότητα τριβής που αναπτύσσεται από την κίνηση του εδράνου δεν μπορεί να απαχθεί μέσω του λιπαντικού όπως στο εσωτερικό του εδράνου και προκαλεί έτσι τοπικές υπερθερμάνσεις της χαλύβδινης ράχης. Αυτές οι υπερθερμάνσεις οδηγούν

σε τήγματα καθώς και στην τυπική χαραγμένη επιφάνεια. Προκαλούνται μεταφορές υλικού μεταξύ της ράχης εδράνου και της οπής.

Το περιβάλλον μέσο ενδέχεται να εισέλθει στις ήδη χημικά προσβεβλημένες επιφάνειες με τραχιά όψη και να επιταχύνει την οξείδωση.

Η διάβρωση τριβής μειώνει την αντοχή του υλικού, δεδομένου ότι ευνοείται ο σχηματισμός μικρορωγμών. Ενδέχεται να προκληθούν ζημιές λόγω κόπωσης, όπως απαρχές ρωγμών ή μόνιμες θραύσεις.

Πιθανές αιτίες

- Ανεπαρκής αρχική σύσφιξη εξαιτίας πολύ μεγάλης βασικής οπής ή πολύ μικρού κουζινέτου
- Πολύ μικρή προβολή κουζινέτου: Η προβολή του κουζινέτου διασφαλίζει τη σταθερή έδραση μέσω επαρκούς συναρμογής πρεσαρίσματος
- Παραμόρφωση περιβλήματος: Σε περιβλήματα κινητήρα από αλουμίνιο τα περιβλήματα και τα κουζινέτα

ενδέχεται σε ακραίες θερμοκρασίες να παραμορφωθούν διαφορετικά, με αποτέλεσμα να μην επαρκεί πλέον η σταθερή έδραση του εδράνου

- Κάμψη του στροφαλοφόρου άξονα: Η κάμψη του στροφαλοφόρου άξονα αφήνει πάνω στην επιφάνεια κύλισης του εδράνου μια ειδική εικόνα επαφής (βλέπε κεφάλαιο: "Ειδικές περιπτώσεις φθοράς από τριβή μείξης")

- Πολύ μικρή σύσφιξη των βιδών
- Ταλαντώσεις ή δονήσεις του περιβλήματος ή του στροφαλοφόρου άξονα που οδηγούν σε μικροκινήσεις (οι ταλαντώσεις και οι δονήσεις ενδέχεται επίσης να προωθηθούν μέσω του υποστρώματος ή των κοίλων στρωμάτων)

Αντιμετώπιση

Αν αναγνωρίζονται σημάδια της σκουριάς συναρμογής, τότε το έδρανο πρέπει να αντικατασταθεί, διότι ενδέχεται να έχει ήδη μειωθεί η αντοχή του υλικού.

- Η οπή υποδοχής και η εξωτερική διάμετρος του κουζινέτου πρέπει να βρίσκονται στην περιοχή ανοχής για να διατηρείται η προδιαγραφόμενη ανοχή εδράνου

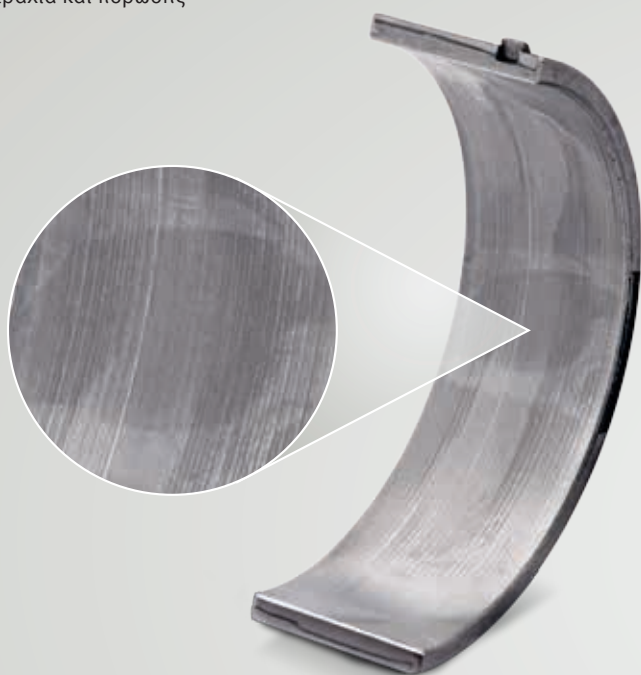
- Προβολή: Για να αναπτύσσεται η επιθυμητή συναρμογή πρεσαρίσματος στη σταθερή έδραση, το κουζινέτο πρέπει να έχει μια επαρκή προβολή
- Έλεγχος της οπής υποδοχής και του περιβλήματος για τυχόν παραμορφώσεις
- Ζυγοστάθμιση του στροφαλοφόρου άξονα κατά την τοποθέτηση και έλεγχος της καταπόνησης του άξονα

- Εκτέλεση της σύσφιξης βιδών σύμφωνα με τις ροπές σύσφιξης και τη σειρά σύσφιξης βάσει των στοιχείων του κατασκευαστή
- Έλεγχος του κινητήρα για δονήσεις και ταλαντώσεις

8.2 Χημική οξείδωση

Περιγραφή

- Αποχρωματισμοί της επιφάνειας υλικού, συνήθως στην περιοχή κύριου φορτίου
- Επιφάνεια κύλισης τραχιά και πορώδης



Κάτω κύριο κουζινέτο
Σύνθετο υλικό χάλυβα-αλουμινίου

Είναι ορατή η επικάλυψη προϊόντων οξείδωσης στην επιφάνεια κύλισης εδράνου και εμφανίζονται ιδιαίτερα στο κέντρο του εδράνου. Η επικάλυψη εμφανίζεται μέσω του σχηματισμού λεκέδων. Αναγνωρίζεται μια τραχύτητα στην επιφάνεια κύλισης εδράνου μέσω μικροσκοπικής εξέτασης στην οξειδωμένη περιοχή.

Αξιολόγηση

Οι χημικές οξειδώσεις προκαλούνται λόγω αντιδράσεων μεταξύ του κουζινέτου και του λαδιού του κινητήρα. Οι επιθετικές πρόσθετες ουσίες στο λάδι ή οι ρυπάνσεις του λαδιού κατά τη λειτουργία προκαλούν τη χημική αντίδραση.

Η αντοχή του υλικού μειώνεται λόγω της χημικής προσβολής και έτσι επιταχύνονται οι ζημιές λόγω κόπωσης ακόμα και σε ελάχιστη επιβάρυνση.

Πιθανές αιτίες

- Η φθορά, η σπηλαίωση και η διάβρωση ενδέχεται να ευνοήσουν την οξείδωση, διότι πλήττονται και ενεργοποιούνται χημικά οι επιφάνειες του υλικού
- Σχηματισμός οξέων και μεταλλικών αλάτων ως συνέπεια της γήρανσης του λαδιού
- Μη επιτρεπόμενες, επιθετικές πρόσθετες ουσίες λαδιού
- Επιθετικά προϊόντα από την καύση (θείο, υδρόθειο)
- Ρύπανση του λαδιού με νερό ή μέσα αντιπαγωτικής προστασίας
- Οι υψηλές θερμοκρασίες λειτουργίας επιταχύνουν τις χημικές διαδικασίες, όπως τη γήρανση του λαδιού

Αντιμετώπιση

Τα οξειδωμένα έδρανα πρέπει να αντικατασταθούν.

- Εκτέλεση της αλλαγής λαδιού σύμφωνα πάντα με τα στοιχεία του κατασκευαστή
- Χρήση μόνο ποιοτικών λαδιών χωρίς επιθετικές πρόσθετες ουσίες
- Επαρκής ψύξη κινητήρα

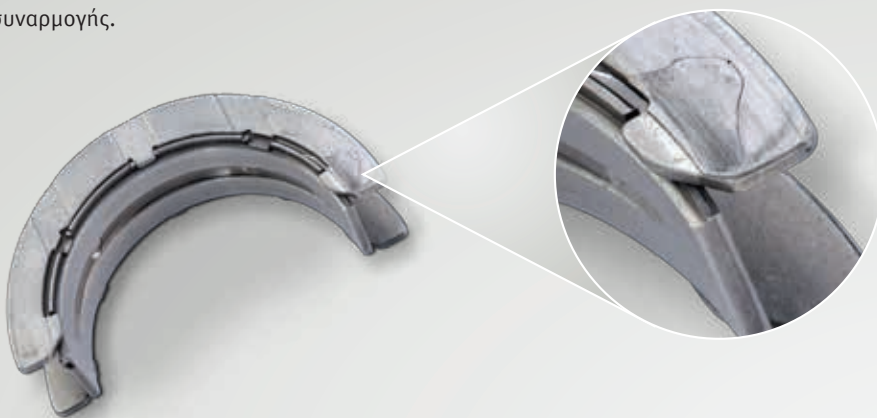
9 | Ζημιές στις ροδέλες θρος

9 Ζημιές στις ροδέλες θρος

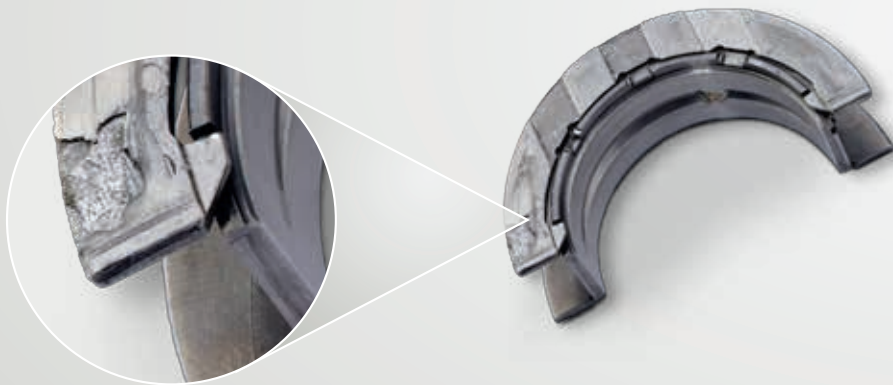
Οι ροδέλες θρος επιτρέπουν την απορρόφηση των αξονικών δυνάμεων, οι οποίες αναπτύσσονται π.χ. κατά με το πάτημα του συμπλέκτη. Στο σετ κύριων εδράνων υποστηρίζεται συνεπώς πάντα ένα σημείο εδράνου αξονικά.

Αυτό πραγματοποιείται μέσω των τοποθετημένων ροδελών θρος ή μέσω προσυναρμολογημένων εδράνων κολάρου έτοιμων για τοποθέτηση ή κουζινέτων συναρμογής.

Σχηματισμός ρωγμών από εξωτερική ακμή προς εξωτερική ακμή



Σπάσιμο του υλικού σε ευρεία επιφάνεια στην εξωτερική ακμή της ροδέλας θρος



Πιθανές αιτίες

- Η αξονική ανοχή είναι πολύ μικρή και έτσι συμπιέζεται η ροδέλα θρος έναντι του μέρους ολίσθησης
- Πολύ υψηλή αξονική επιβάρυνση
- Διαρκής αξονική επιβάρυνση
- Πολύ τραχιά παρειά του άξονα

Αντιμετώπιση

- Έλεγχος της αξονικής ανοχής του στροφαλοφόρου άξονα και διατήρηση της προδιαγραφόμενης περιοχής ανοχής – ενδεχομένως τοποθέτηση μιας ροδέλας θρος με βαθμίδα αρνητικής διάστασης
- Έλεγχος αξονικής επιβάρυνσης στη ροδέλα θρος

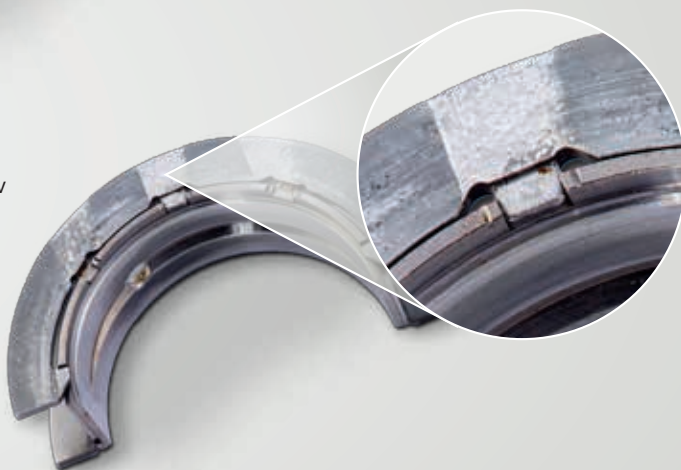
Φθορά ολίσθησης:

Ορατά ίχνη επαφής στην επιφάνεια τριβής κύλισης της ροδέλας θρος



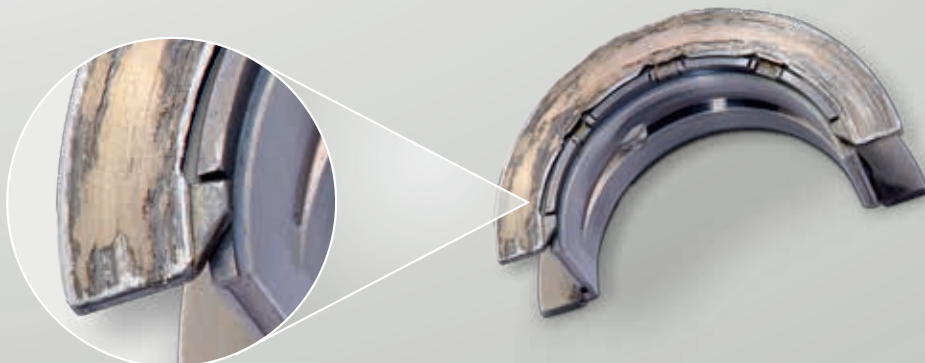
Προχωρημένη φθορά ολίσθησης:

Μετατόπιση και αποκόλληση υλικού, δεν υπάρχουν σχεδόν καθόλου εγχοπές λίπανσης



Φθορά τελικού σταδίου:

Αποφλοιωμένες περιοχές υλικού, έντονος σχηματισμός αυλακώσεων, οι εγχοπές λίπανσης δεν είναι πλέον ορατές

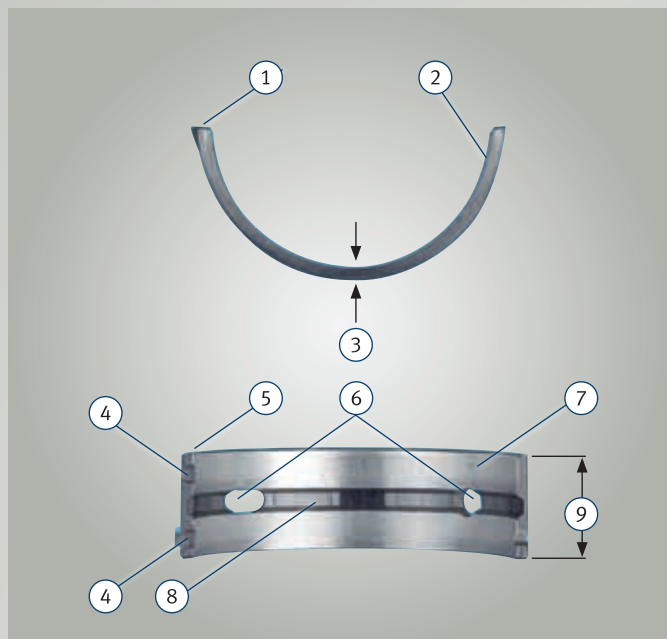


Νέα κατάσταση πριν από τη λειτουργία

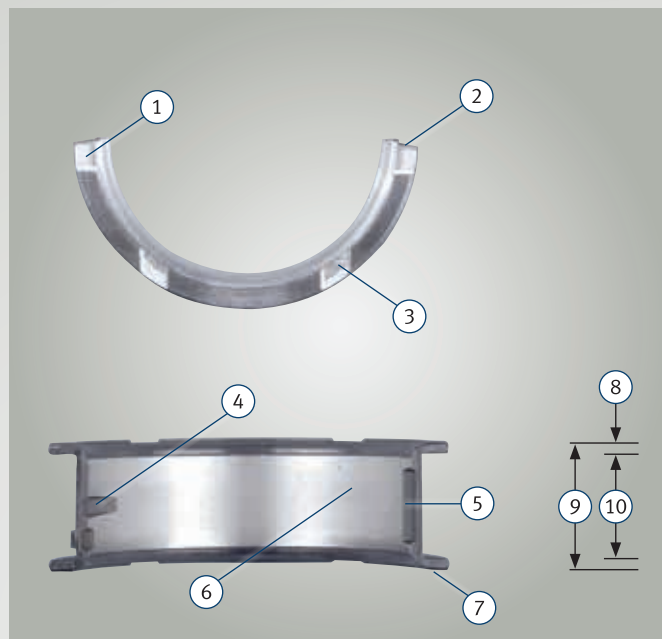


Ολική ζημιά

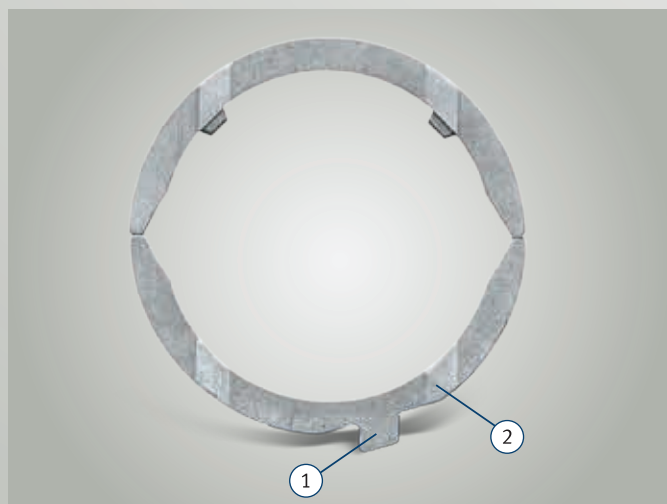
Τεχνικοί όροι και ονομασίες στο κουζινέτο



- 1 Επιμέρους επιφάνεια
- 2 Ελευθέρωση της επιφάνειας κύλισης
- 3 Πάχος τοιχώματος
- 4 Έκκεντρα σταθεροποίησης αριστερά και δεξιά
- 5 Μετωπική επιφάνεια
- 6 Οπή λαδιού
- 7 Επιφάνεια κύλισης
- 8 Εγκοπή λαδιού εσωτερικά
- 9 Πλάτος εδράνου



- 1 Ελευθέρωση στη μετωπική επιφάνεια
- 2 Ελευθέρωση στην επιμέρους επιφάνεια κολάρου
- 3 Εγκοπή λίπανσης στη μετωπική επιφάνεια
- 4 Ημικυκλική εγκοπή
- 5 Θύλακας λίπανσης
- 6 Επιφάνεια κύλισης
- 7 Μετωπική επιφάνεια
- 8 Πάχος κολάρου
- 9 Πλάτος εδράνου
- 10 Απόσταση κολάρου



- 1 Έκκεντρο συγκράτησης
- 2 Εγκοπή λίπανσης

Εξήγηση τεχνικών όρων

Αριθμός στροφών μεταβατικής τριβής

Περιγράφει το σημείο μεταβατικής τριβής – την περιοχή, στην οποία πραγματοποιείται η μετάβαση από τριβή μείξης σε τριβή υγρού εξαιτίας της υψηλότερης ταχύτητας ολίσθησης. Στα υδροδυναμικά κουζινέτα – όπως αυτά που χρησιμοποιούνται σε κινητήρες εσωτερικής καύσης – το λεπτό φιλμ λίπανσης σχηματίζεται μόνο σε υψηλές ταχύτητες ολίσθησης. Στις χαμηλές ταχύτητες ολίσθησης τα κουζινέτα αυτά δέχονται την τριβή μείξης με υψηλά ποσοστά τριβής στερεού σώματος. Για αυτόν το λόγο πρέπει πάντα να επιδιώκεται να διατηρείται όσο το δυνατόν πιο σύντομη η λειτουργία κατά την τριβή μείξης.

Αξονική δύναμη

Η δύναμη που επιδρά στην κατεύθυνση άξονα ενός σώματος περιστροφής.

Αυτόματο σύστημα Start-Stop

Στους κινητήρες εσωτερικής καύσης είναι πολύ σημαντικός ο εξαναγκασμός της λειτουργίας Start-Stop για την απαιτούμενη μείωση των εκπομπών CO₂. Η λειτουργία Start-Stop σβήνει τον κινητήρα κατά το σταμάτημα του οχήματος και τον εκκινεί ξανά αυτόματα κατά το ξεκίνημα. Αυτό προκαλεί αυξημένη αντίσταση τριβής μείξης από τα κουζινέτα που βρίσκονται στο εσωτερικό του κινητήρα. Σε κάθε διαδικασία Start-Stop τα έδρανα αφήνουν την υδροδυναμική περιοχή λειτουργίας και διέρχονται από την περιοχή της τριβής μείξης μέχρι το μηδενικό σημείο της ταχύτητας ολίσθησης. Μόνο τα ειδικά βελτιωμένα στρώματα ολίσθησης εξασφαλίζουν επαρκή ανθεκτικότητα σε φθορά υπό αυτές τις τριβολογικά εξαιρετικά κρίσιμες συνθήκες.

Γαλβανισμός

Ηλεκτροχημική διεργασία επίστρωσης – γαλβανικά στρώματα εφαρμόζονται ηλεκτροχημικά σε κατεργασμένα κουζινέτα και επιτρέπουν ειδικές επιβαρύνσεις έως περ. 100 MPa. Μέσω των γαλβανικών στρωμάτων διευκολύνονται οι διαδικασίες προσαρμογής κατά το ροντάρισμα και βελτιώνεται η συμβατότητα των κουζινέτων καθώς και οι ιδιότητες λειτουργίας ανάγκης.

Διάβρωση

Αφαίρεση υλικού λόγω κινητικής ενέργειας στερεών, υγρών ή αέριων υλικών, τα οποία επιδρούν στην επιφάνεια.

Διαβρωτικό

Τρόχισμα/λείανση

Διαστολή

Η διάσταση δηλώνει την απόκλιση της εξωτερικής διαμέτρου από την ιδανική μορφή κύκλου στην περιοχή της επιμέρους επιφάνειας. Αντιπροσωπεύει την ελαστική επαναφορά αναλόγως της μορφής και μετρείται σε μη τοποθετημένη κατάσταση. Η προφόρτιση που προκύπτει στο κουζινέτο διευκολύνει τη συναρμολόγηση μέσω της καλής εφαρμογής στο τοίχωμα της οπής και εμποδίζει την πτώση ή την συμπεριστροφή.

Διάφραγμα διάχυσης

Το διάφραγμα διάχυσης είναι ένα λεπτό στρώμα συνήθως από νικέλιο (Ni) ή νικέλιο-χρώμιο (NiCr), το οποίο παρεμποδίζει τη διάχυση κασσίτερου μεταξύ του στρώματος ολίσθησης sputter ή του γαλβανικού στρώματος ολίσθησης (άνωτερο στρώμα εδράνου) και του υλικού μπρούντζου του εδράνου. Η διάχυση κασσίτερου θα άλλαζε τις μηχανικές ιδιότητες του στρώματος ολίσθησης και του μετάλλου του εδράνου.

Έκκεντρα σταθεροποίησης

Τα έκκεντρα σταθεροποίησης βρίσκονται στα κουζινέτα στην περιοχή της επιμέρους επιφάνειας. Εμποδίζουν σφάλματα κατά τη συναρμολόγηση μέσω της αξονικής τοποθέτησής τους.

Ελευθέρωση

Η περιοχή ενός κουζινέτου, στην οποία το πάχος τοιχώματος μειώνεται στην κατεύθυνση της επιμέρους επιφάνειας. Αντισταθμίζει ανακρίβειες στη συναρμολόγηση.

Επιμέρους επιφάνεια

Οι επιμέρους επιφάνειες ενός κουζινέτου είναι τα ελεύθερα άκρα του τμήματος κοίλου κυλίνδρου. Αυτές οι επιφάνειες προκύπτουν κατά τον διαχωρισμό της πλάκας από την γραμμή παραγωγής ή σε αντίστοιχη συμπληρωματική εργασία. Κατά τη συναρμολόγηση το επάνω και το κάτω τμήμα συγκρατούνται στο περίβλημα μέσω των επιμέρους επιφανειών, για να δημιουργήσουν την πρεσαριστή έδραση μέσω της προβολής.

Επίστρωση πολυμερούς

Επίσης πολυμερές-βερνίκι ολίσθησης. Αποτελείται από πολυαμιδική ρητίνη ανθεκτική σε θερμοκρασία και ρύπους με υψηλή περιεκτικότητα σε πληρωτικά υλικά που μειώνουν την τριβή και τη φθορά. Το αποτέλεσμα του νέου συνδυασμού μετάλλου και πολυμερούς έχει υψηλότερη επιβαρυνσιμότητα κατά 20% συγκριτικά με τα συμβατικά κουζινέτα δύο υλικών, υψηλότερη ανθεκτικότητα στη φθορά και λιγότερη τριβή.

Ίχνος επαφής/εικόνα επαφής

Εικόνα εμφάνισης της επιφάνειας κύλισης εδράνου, η οποία προκαλείται λόγω της επαφής με τον φορέα στη διάρκεια της λειτουργίας.

Καθοδικός ψεκασμός

Η μεγάλη ισχύς του κινητήρα, ιδιαίτερα για τις κεφαλές μπιέλας, απαιτεί υλικά με εμφανώς υψηλότερη ανθεκτικότητα στην κόπωση, χαμηλότερο ποσοστό φθοράς στην περιοχή τριβής μείξης και καλή αντοχή στην οξειδωση σε υψηλές θερμοκρασίες. Αυτό το πολύπλοκο προφίλ απαιτήσεων ικανοποιείται με τη βοήθεια του φυσικού διαχωρισμού ατμών (PVD). Σε συνθήκες μεγάλης υποπίεσης τα μικρά σωματίδια απωθούνται από έναν διανομέα. Με τη βοήθεια ηλεκτρομαγνητικών πεδίων εφαρμόζονται ομοιόμορφα στο μέρος προς επικάλυψη. Τα στρώματα μαγνητρονίου χαρακτηρίζονται από εξαιρετικά λεπτή κατανομή των μεμονωμένων δομικών στοιχείων.

Η βάση είναι το γνωστό έδρανο τριών υλικών. Η βασική δομή διατηρείται. Το γαλβανικό στρώμα ολίσθησης έχει αντικατασταθεί από ένα στρώμα ολίσθησης καθοδικού ψεκασμού. Τα κουζινέτα καθοδικού ψεκασμού χρησιμοποιούνται κυρίως στην πλευρά πίεσης των κεφαλών μπιέλας. Τα αντίθετα τμήματα είναι συμβατικά έδρανα δύο ή τριών υλικών. Η σωστή θέση τοποθέτησης των κουζινέτων καθοδικού ψεκασμού αποτελεί προϋπόθεση για την ασφάλεια λειτουργίας.

Κυκλικότητα

Η κυκλικότητα ενός στοιχείου περιστροφής σε μια τομή (κατακόρυφα προς τον πραγματικό άξονα) είναι όμοια με το ελάχιστο πλάτος του δαχτυλιδιού μεταξύ δύο κύκλων με ένα κοινό κέντρο. Σε αυτήν την τομή το κέντρο μπορεί να κινείται ελεύθερα, ώστε το πλάτος του δαχτυλιδιού να φτάσει την ελάχιστη τιμή. Συγχρόνως όλα τα σημεία του στοιχείου βρίσκονται μεταξύ αυτών των δύο κύκλων.

Πάχος τοιχώματος

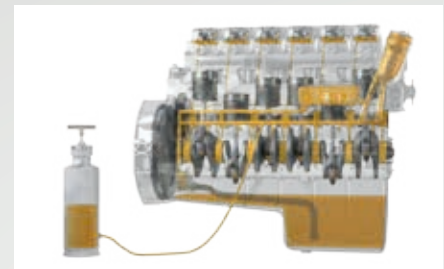
Η ανοχή εδράνου ρυθμίζεται από το πάχος τοιχώματος του κουζινέτου. Επειδή η εξωτερική διάμετρος προδιαγράφεται από τη συναρμογή πρεσαρίσματος, η ανοχή εδράνου μπορεί να προσαρμοστεί στη διάμετρο του άξονα ανάλογα με το πάχος του τοιχώματος. Για τους επισκευασμένους άξονες διατίθενται μεγαλύτερα κουζινέτα (μεγαλύτερο πάχος τοιχώματος).

Πλευρά στελέχους μπιέλας/πλευρά καβαλέτου

Για να μπορεί να γίνει συναρμολόγηση της μπιέλας στον στροφαλοφόρο άξονα, η κεφαλή μπιέλας αποτελείται από ένα κουζινέτο στην πλευρά στελέχους μπιέλας και ένα κουζινέτο στην πλευρά καβαλέτου. Σε συναρμολογημένη κατάσταση οι βίδες μπιέλας συγκρατούν το ζεύγος κουζινέτων σε ένα έδρανο που είναι επακριβώς σφραγισμένο. Το κουζινέτο από την πλευρά στελέχους μπιέλας επιβαρύνεται μηχανικά εμφανώς περισσότερο σε σχέση με το αντίστοιχο στην πλευρά καβαλέτου, διότι μέσω αυτού καθοδηγείται προς τον στροφαλοφόρο άξονα η δύναμη αερίου που παράγεται από τη διαδικασία καύσης. Ειδικά στους υπερτροφοδοτούμενους πετρελαιοκινητήρες στο κουζινέτο ολίσθησης επιδρούν ειδικές επιβαρύνσεις 100 MPa και άνω. Το κουζινέτο μπιέλας πλευράς καβαλέτου έχει ως σκοπό τη σφράγιση του εδράνου.

Πλήρωση λαδιού πίεσης

Για την αποφυγή ζημιών ρονταρίσματος, όπως π.χ. ξηρά τριβή κουζινέτου, το σύστημα λαδιού πρέπει να πληρώνεται με λάδι πίεσης πριν από την πρώτη εκκίνηση κινητήρα.

**Πρεσαριστή έδραση και προβολή**

Τα χιτώνια και τα κουζινέτα στερεώνονται κυρίως με συναρμογές πρεσαρίσματος. Στα κουζινέτα η πρεσαριστή έδραση έχει ως αποτέλεσμα να κατασκευάζονται και οι ημικύλινδροι με περιφερειακό μήκος πάνω από 180°. Η διαφορά μετά της πραγματικής διάστασης του περιφερειακού μήκους του κουζινέτου και του περιφερειακού μήκους στις 180° χαρακτηρίζεται ως προβολή. Η προβολή του κουζινέτου επηρεάζει απευθείας την πρεσαριστή έδραση.

Σπαστή μπιέλα

Οι σπαστές μπιέλες κατασκευάζονται αρχικά ως ενιαίο κομμάτι, έπειτα εφαρμόζονται γραμμές θραύσης (πυροσυσσωματωμένες μπιέλες) ή εγχαράξεις λείζερ (χαλύβδινες μπιέλες) και κατόπιν χωρίζονται στοχευμένα σε δύο μέρη (διαδικασία crack). Τα δύο τμήματα βιδώνονται μεταξύ τους κατά τη συναρμολόγηση της μπιέλας, όπου ταιριάζουν μεταξύ τους ακριβώς λόγω της στοχευμένης γεωμετρίας θραύσης.

Συστήματα εγκοπής/εγκοπή λίπανσης

Τα συστήματα εγκοπής είναι απαραίτητα για τη διανομή του απαιτούμενου λιπαντικού στο έδρανο και για να επιτρέπουν, ως εκ τούτου, την ύπαρξη μιας υδροδυναμικής κατάστασης λειτουργίας. Κατά προτίμηση τίθενται στην μη επιβαρυνόμενη περιοχή του εδράνου. Μέσω των συστημάτων εγκοπής εξασφαλίζεται επίσης και η διανομή λιπαντικού προς άλλους καταναλωτές.

Τριβή υγρού

Ονομάζεται και υγρή τριβή. Στα υδροδυναμικά κουζινέτα δεν σχηματίζεται σταθερό φιλμ λίπανσης στους χαμηλούς αριθμούς στροφών, σε αυτή την περίπτωση υπάρχει τριβή μείξης μεταξύ φορέα και κουζινέτου. Μόνο μετά τον αριθμό στροφών μεταβατικής τριβής υλοποιείται η επιθυμητή κατάσταση τριβής υγρού. Σε αυτήν την περίπτωση σχηματίζεται σταθερό φιλμ λίπανσης και ελαχιστοποιεί την φθορά του φορέα και του κουζινέτου.

Φθορά αρχικού σταδίου

Αρχική βαθμίδα της φθοράς που προκαλείται λόγω έντονης τριβής μείξης (π.χ. λόγω έλλειψης λαδιού λίπανσης). Στη φθορά αρχικού σταδίου παρουσιάζεται συνήθως σχηματισμός αυλακώσεων και ίχνη τριβής μείξης, καθώς και μετατοπίσεις του στρώματος ολίσθησης.

Know-how Transfer



Ειδικές γνώσεις από τον ειδικό

Παγκόσμια εκπαίδευση

Απευθείας από τον κατασκευαστή

Ετησίως, περίπου 4.500 μηχανικοί και τεχνικοί επωφελούνται από τα εκπαιδευτικά προγράμματα και σεμινάρια της εταιρείας μας, τα οποία διενεργούμε παγκοσμίως επιτόπου στον πελάτη αλλά και στο κέντρο εκπαίδευσής μας στο Neuenstadt, στο Dormagen και στο Tamm (Γερμανία).

News

Τακτική πληροφόρηση μέσω E-Mail

Συνδεθείτε τώρα online με το δωρεάν Newsletter της εταιρείας μας ώστε να λαμβάνετε τακτικά πληροφορίες για νέα προϊόντα, τεχνικές δημοσιεύσεις και πολλά άλλα.

Τεχνικές πληροφορίες

Από την πράξη για την πράξη

Με τις πληροφορίες προϊόντος, τις πληροφορίες σέρβις, τα τεχνικά έντυπα και τα φυλλάδιά μας είστε πάντοτε ενήμεροι για τις εξελίξεις στην τεχνολογία.

Social Media

Πάντα ενημερωμένοι



Τεχνικά Video

Επαγγελματική τοποθέτηση με παραστατική περιγραφή

Μετάδοση γνώσεων μέσω Video: Στα Video της εταιρείας μας βρίσκετε πρακτικές οδηγίες τοποθέτησης και εξηγήσεις συστημάτων γύρω από τα προϊόντα μας.

Εξατομικευμένη πληροφόρηση

Ειδικά για τους πελάτες μας

Σας προσφέρουμε περιεκτική πληροφόρηση και πλήρεις υπηρεσίες σχετικά με την πλούσια γκάμα των υπηρεσιών μας: π.χ. εξατομικευμένα υλικά προώθησης των πωλήσεων, υποστήριξη πωλήσεων, τεχνική υποστήριξη και πολλά άλλα.





www.ms-motorservice.com

Προϊόντα αναλυτικά online

Online πληροφόρηση για τα προϊόντα
Μάθετε με διαδραστικά στοιχεία, κινούμενες εικόνες και Videoclip χρήσιμες πληροφορίες για τα προϊόντα της εταιρείας μας και τους κινητήρες.

OnlineShop

Για την άμεση πρόσβασή σας στα προϊόντα της εταιρείας μας
Παραγγελίες όλο το 24ωρο. Γρήγορος έλεγχος της διαθεσιμότητας. Αναλυτική αναζήτηση προϊόντος χρησιμοποιώντας ως όρους αναζήτησης τον κινητήρα, το όχημα, τις διαστάσεις κ.λπ.

Technipedia

Αναζητάτε τεχνικές πληροφορίες σχετικά με κινητήρες;
Μέσω της Technipedia μοιραζόμαστε μαζί σας την τεχνογνωσία μας. Εδώ θα βρείτε ειδικές γνώσεις απευθείας από τους ειδικούς.

Motorservice App

Πρόσβαση σε τεχνογνωσία επί τεχνικών θεμάτων από φορητές συσκευές
Εδώ μπορείτε να λάβετε γρήγορα και εύκολα τις τελευταίες πληροφορίες και υπηρεσίες για τα προϊόντα μας.



Motorservice App
Φορητή πρόσβαση σε
τεχνογνωσία

Περισσότερες πληροφορίες

www.ms-motorservice.com/app
στα Αγγλικά

Συνεργάτης της Motorservice

Headquarters:

MS Motorservice International GmbH

Wilhelm-Maybach-Straße 14-18

74196 Neuenstadt, Germany

www.ms-motorservice.com