

Α.Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ Σ.Τ.Ε.
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Μελέτη και αξιολόγηση κεραμικών φρένων
Εφαρμογή στην περίπτωση πραγματικού
αυτοκινήτου»**



Σπουδαστές :

Χρονόπουλος Ηλίας
Κουρούσης Κυριάκος
Κουκούτσης Βασίλειος

Εισηγητής :

Κατερέλος Διονύσιος

ΠΑΤΡΑ 2006

Εκφράζουμε τις θερμές μας ευχαριστίες στον καθηγητή Κατερέλο Διονύσιο για τη συμβολή και τη καθοδήγησή του, για την πραγματοποίηση της εργασίας αυτής.

Θέλουμε επίσης να ευχαριστήσουμε την βιβλιοθήκη του Α.Τ.Ε.Ι. Πάτρας για το πολύτιμο υλικό που μας παρείχε.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο	4
1.1 Ρόλος φρένων.....	4
1.2 Ιστορική αναδρομή.....	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο – Αρχή Λειτουργίας Φρένων	19
2.1 Ταμπούρα.....	21
2.2 Δισκόφρενα.....	24
2.3 Γενικό συμπέρασμα.....	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο – Ανάλυση Λειτουργίας Δισκοφρένων, Μέρη – Τύποι δισκοφρένων	32
3.1 Δισκόφρενα.....	32
3.2 Εμπρόσθια φρένα.....	40
3.3 Οπίσθια φρένα.....	60
3.4 Η θερμική πλευρά της πέδησης.....	69
3.5 Πρόσφυση δρόμου – ελαστικού.....	71
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο – Σύνθεση των Κεραμικών	78
4.1 Κρυσταλλική στοιχειομετρία.....	78
4.2 Αναλογία ακτίνας.....	79
4.3 Τάση για ισοσθένια και τετραεδρική συγκράτηση.....	80
4.4 Γενικεύσεις.....	81
4.5 Σημεία τήξης κεραμικών.....	83
4.6 Συντελεστής θερμικής διαστολής.....	83
4.7 Επιφανειακή ενέργεια.....	84
4.8 Σημεία ατελειών.....	86
4.9 Ατέλειες αντίδρασης.....	87
4.10 Σκληρότητα των κεραμικών.....	87
4.11 Κεραμικοί δίσκοι.....	88
4.12 Από τι αποτελείται το κεραμικό φρένο.....	90

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο – Εφαρμογή των Κεραμικών Φρένων σε αυτοκίνητα παραγωγής.....	92
5.1 Σύστημα πέδηση Boxter.....	92
5.2 Boxter S – Φρένα χρήσης.....	93
5.3 PCCB (Porsche Ceramics Composite Brakes).....	94
5.4 Κανονική συντήρηση.....	99
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο – Διατύπωση Προβλήματος.....	102
6.1 Απόσταση φρεναρίσματος.....	103
6.2 Πέδηση τροχού.....	104
6.3 Ροπή αδράνειας I τροχού.....	107
6.4 Εκλυόμενη θερμότητα.....	108
Γενικό συμπέρασμα.....	110
Βιβλιογραφία.....	111

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Ρόλος φρένων

Κατά την εξέλιξη των ανθρώπων μια από τις πρωταρχικές ανάγκες ήταν αυτή της μεταφοράς και μετακίνησης αυτό επιτεύχθηκε αρχικά με την χρήση ζώων και με την χρήση ζωήλατων οχημάτων. Παρατηρήθηκε, όμως, ότι το μέγεθος και το βάρος των οχημάτων αυτών ήταν τέτοιο ώστε να μην μπορούν να ακινητοποιηθούν μόνο με την μυϊκή δύναμη των ζώων που τα έλκουν. Έπρεπε λοιπόν να επινοηθούν και κάποιοι μηχανισμοί οι οποίοι θα τοποθετούνταν στα οχήματα αυτά ώστε να πετύχουμε έγκαιρη ακινητοποίηση τους. Οι μηχανισμοί οι οποίοι τελικώς τοποθετήθηκαν είναι τα συστήματα φρένων.

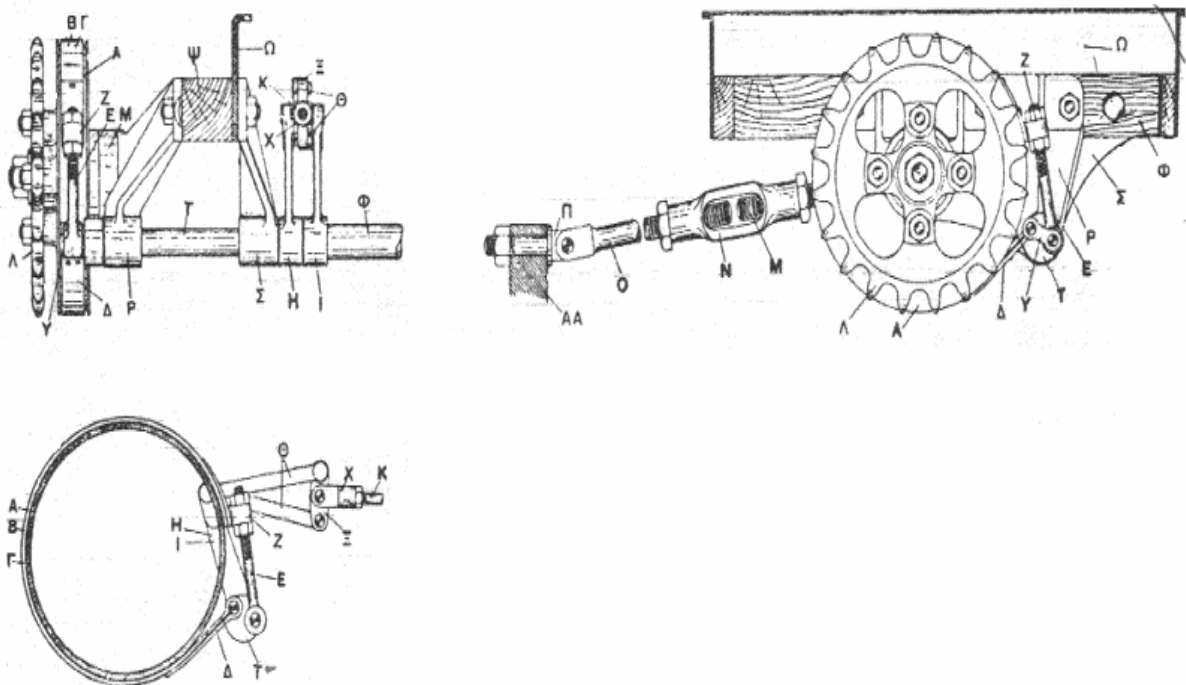
Αρχικά ήταν πολύ απλοϊκό το σύστημα λειτουργίας τους, εξελισσόμενη όμως η τεχνολογία, παρουσίασε νέα δεδομένα στη μεταφορά και μετακίνηση ανθρώπων και εμπορευμάτων. Έτσι παρουσιάστηκαν διάφορες μορφές και τύποι φρένων ανάλογα με τα νέα οχήματα για το λόγο χρήσης που κατασκευάστηκε το κάθε όχημα. Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν και θα αναλυθούν διεξοδικά.

1.2 Ιστορική αναδρομή-είδη φρένων

Αρχική μορφή του φρένου ήταν το φρένο που χρησιμοποίησε ο Benz στο πρώτο αυτοκίνητο που κατασκεύασε με κινητήρα εσωτερικής καύσης και ήταν ένας ξύλινος τάκος που πιεζόταν σε ένα τάκο. Εφόσον όμως το αυτοκίνητο έγινε βαρύτερο και ταχύτερο κατά την διάρκεια των χρόνων δημιουργήθηκαν ειδικά συστήματα φρένων για να ικανοποιούν τις νέες συνθήκες Ένα μεταγενέστερο σύστημα ήταν το σύστημα Panhard-Levassor. Το σύστημα αυτό ήταν μια ταινιοπέδη στην πλήμνη του τροχού ενεργοποιούμενη με ένα χειρομοχλό και ένα φρένο με το πόδι που ενεργούσε στον άξονα της αλυσίδας. Πολλές φορές το φρένο ήταν ένας ξύλινος τάκος που ενεργούσε κατευθείαν στο μεταλλικό η ξύλινο επίσωτρο του τροχού. Το σύστημα αυτό δεν ήταν

αποτελεσματικό σε βροχερό καιρό και δημιουργούσε και φθορές στο επίσωτρο και έτσι καταργήθηκε μετά το 1900

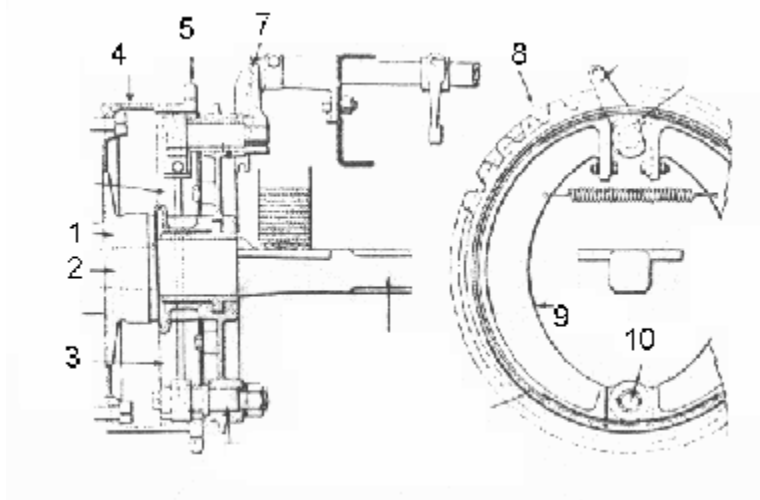
Περίπου την ίδια εποχή διαδόθηκε γενικά σχεδόν το σύστημα της ταινιοπέδης που δρούσε εξωτερικά σε ένα τύμπανο που ήταν στερεωμένο στον ενδιάμεσο οδοντωτό τροχό της αλυσίδας που κινούσε τους οπίσθιους τροχούς (σχήμα1). (σχήμα 1)



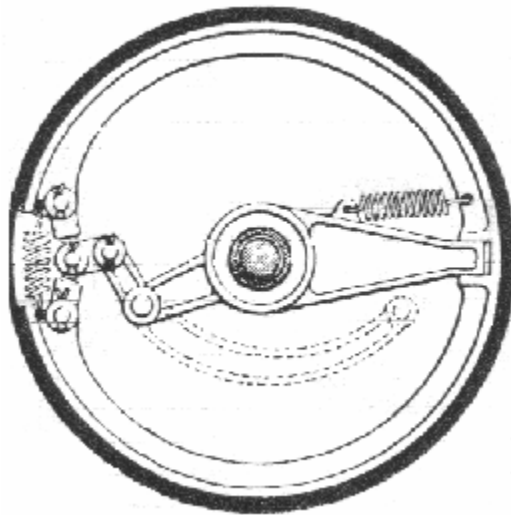
- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| A Τύμπανο | Ο. Αντηρίδα τροχού |
| B. Ταινία από μαλακό σίδηρο | Μακρό τμήμα |
| Γ. Ταινία από ελατήριο | Π. Κύκλιο για την αντηρίδα |
| Δ. Άκρα ταινίας | ΑΑ. Οπίσθιος άξονας |
| Ε. Ρυθμιστικός σύνδεσμος | Ρ. Στήριγμα οδοντ. τροχού |
| Θ. Σύνδεσμοι | Τ. Δεξιός άξονας φρένου |
| Η. Μοχλός δεξιάς πέδης | Φ. Αριστερός σωλήνας φρένου |
| Ι. Μοχλός αριστερής πέδης | Ψ. Ξύλινο τμήμα πλαισίου |
| Ξ. Εξισωτικό ζύγωθρο | Ω. Ενισχυτική πλάκα πλαισίου |
| Κ. Ελκυστήρας προς το πεντάλ | Χ. Δίχαλο ελκυστήρα φρένου |
| Λ. Οδοντωτός τροχός αλυσίδας | Υ. Ζύγωμα |
| Μ. Αντηρίδα τροχού | |

Το 1905 γενικεύτηκε η χρήση της μετάδοσης της κίνησης στους τροχούς με άξονα, με άτρακτο και καταργήθηκαν οι αλυσίδες και οι μάντες. Τα περισσότερα αυτοκίνητα απέκτησαν φρένο στην άτρακτο που λειτουργούσε με το πόδι και από ένα φρένο στον κάθε οπίσθιο τροχό που λειτουργούσε με το χέρι. Τα φρένα με ταινία αντικαταστάθηκαν σιγά-σιγά από φρένα με σιαγόνες (σχήματα 2,3).

(σχήμα 2,3)



- | | |
|---------------------|---------------------------------|
| 1. Τροχός | 6. Έκκεντρος εκτατήρας σιαγόνων |
| 2. Ακραξόνιο | 7. Μοχλός σιαγόνων |
| 3. Σιαγόνα πέδης | 8. Οδοντωτός τροχός αλυσίδας |
| 4. Τύμπανο | 9. Σιαγόνα |
| 5. Οδοντωτός τροχός | 10. Στήριγμα σιαγόνα |

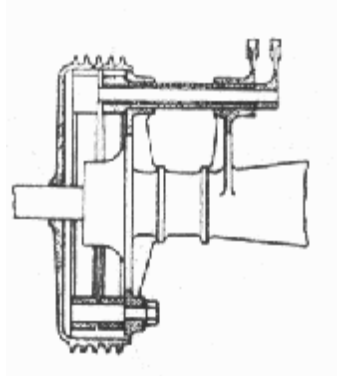


Το 1903 η Mercedes χρησιμοποιούσε 2 ανεξάρτητα φρένα στην άτρακτο, που λειτουργούσαν με ξεχωριστά πεντάλ και χρησιμοποιούνταν διαδοχικά για να μην υπερθερμαίνονται. Αυτή ήταν μια συνηθισμένη πρακτική της εποχής εκείνης. Τα τύμπανα της Mercedes είχαν επιπλέον ένα σύστημα που έσταζε νερό επάνω τους για να ψύχονται καλύτερα. Το 1912 η γαλλική Hispano-Souza έφτασε στο σημείο να έχει μια σωλήνωση νερού ψύξης μέσα στα τύμπανα των φρένων, που ήταν από αλουμίνιο, συνδεδεμένη με το ψυγείο για καλύτερη ψύξη.

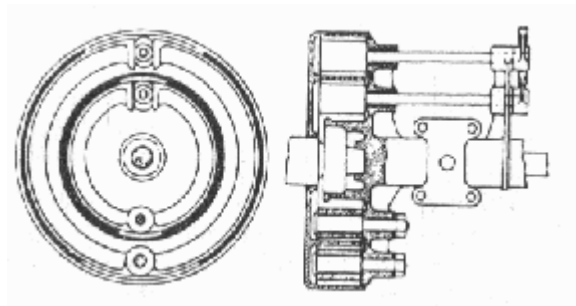
Το 1904 η εταιρία Hutton χρησιμοποιούσε ένα υδραυλικό σύστημα πίεσης μια αντλία που κινούνταν από τον κινητήρα και έδινε υγρό όπου τροφοδοτούσε τα φρένα των πίσω τροχών με πίεση που κανόνιζε ο οδηγός. Ένα ανάλογο σύστημα το 1920 χρησιμοποιούνταν και σε μια βελτιωμένη μορφή, χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα σε μερικά αυτοκίνητα Citroen και στα αυτοκίνητα Rolls-Royce. Επίσης το 1904 η Rover εισήγαγε ένα σύστημα με το οποίο η πίεση του πεντάλ του φρένου μετακινούσε τον εκκεντροφόρο άξονα και μετέτρεπε τον κινητήρα σε αεροσυμπιεστή και φρέναρε το αυτοκίνητο. Η Rover βρήκε το σύστημα αυτό τόσο πετυχημένο ώστε το εφάρμοξε σε μεγαλύτερα οχήματα. Τα επόμενα χρόνια η Lanchester, το 1906, χρησιμοποίησε ένα σύστημα φρένων με πολλούς δίσκους μέσα σε λάδι σε αυτοκίνητα τύπου Brotherhood της εποχής. Ο συμπλέκτης και το φρένο λειτουργούσαν με το ίδιο πεντάλ. Επειδή στους εμπρός τροχούς υπήρχε το σύστημα διεύθυνσης θα έπρεπε τα φρένα να είναι αρκετά πολύπλοκα για να μην επηρεάζουν ή να μην επηρεάζονται από το σύστημα διεύθυνσης. Για πολλά χρόνια τα αυτοκίνητα είχαν φρένα μόνο στους πίσω τροχούς, είτε κατευθείαν στους τροχούς είτε στην άτρακτο.

Η νομοθεσία έπαιξε ρόλο στην ανάπτυξη των φρένων. Το 1904 ένας νόμος στην Αγγλία επέβαλε σε κάθε αυτοκίνητο να υπάρχουν δυο ανεξάρτητα συστήματα φρένων, που να είναι σε θέση να ακινητοποιούν τους τροχούς ενός άξονα. Ο νόμος δεν όριζε αν ο ένας ή και οι δυο άξονες θα είχαν φρένα, ούτε αν το χειρόφρενο και το ποδόφρενο θα πιάνουν στον ίδιο η διαφορετικό άξονα.

Χρησιμοποιήθηκαν διάφοροι τύποι φρένων. Σε μια περίπτωση χρησιμοποιήθηκαν δυο ανεξάρτητες ομάδες σιαγόνων σε ξεχωριστά τύμπανα πάνω στον ίδιο άξονα. Σε άλλη περίπτωση, δυο ανεξάρτητες ομάδες σιαγόνων χρησιμοποιήθηκαν πλάι-πλάι στο ίδιο τύμπανο (σχήμα 4) ή σε ένα τύμπανο με δυο συγκεντρικά στεφάνια (σχήμα 5).

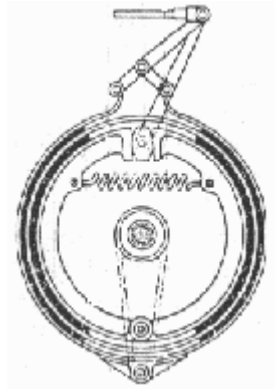


(σχήμα 4)



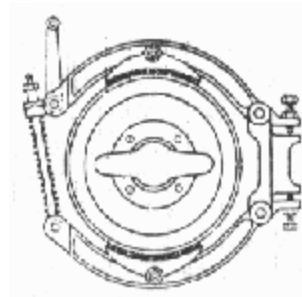
(σχήμα 5)

Αλλού υπήρχε μια εξωτερική ταινία από απ' έξω και ένα ζεύγος σιαγόνων από μέσα από το ίδιο τύμπανο (σχήμα 6).



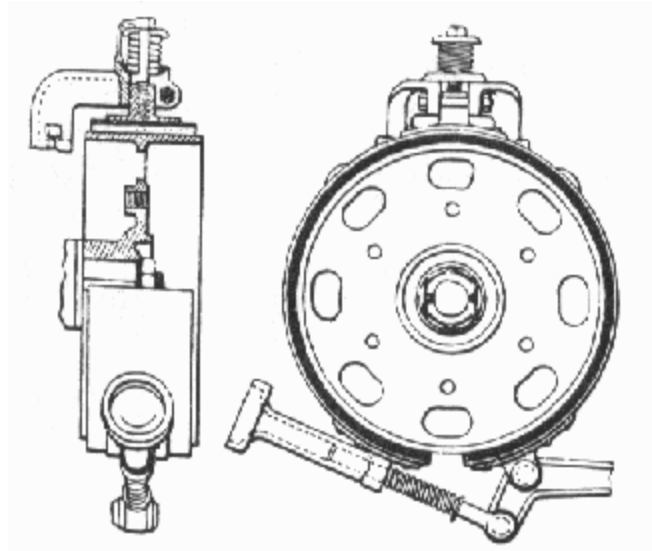
(σχήμα 6)

Ένας άλλος πολύ συνηθισμένος συνδυασμός ήταν δυο φρένα στους πίσω τροχούς και ένα τρίτο στην άτρακτο. Σε μερικές περιπτώσεις το φρένο στην άτρακτο ήταν τύπου σιδηροδρομικής μηχανής με δυο ισχυρές σιαγώνες που έπιαναν στην εξωτερική επιφάνια ενός τύμπανου (σχήμα 7).



(σχήμα 7)

Στα επόμενα χρόνια τα φρένα στην άτρακτο είχαν ταινία που δρούσε εξωτερικά από το τύμπανο (σχήμα 8).



(σχήμα 8)

Καθ' ένα από αυτά τα συστήματα είχε τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του. Ο απλός αναδιπλασιασμός των φρένων και δαπανηρός ήταν και πολύ χώρο έπιανε. Η χρήση του ίδιου τύμπανου για δυο ανεξάρτητες ομάδες σιαγώνων είχε το μειονέκτημα ότι αν η μια ομάδα σιαγώνων αστοχούσε από υπερθέρμανση η άλλη έπρεπε να εργαστεί σε υπέρθερμο τύμπανο και υπήρχε μεγάλη πιθανότητα να αστοχήσει και αυτή. Αν οι σιαγόνες ήταν πλάι-πλάι στις εσωτερικές ήταν δύσκολη η επιθεώρηση και η συντήρηση. Φρένα μέσα και έξω στο ίδιο τύμπανο υπερθερμαίνονταν εύκολα γιατί η εξωτερική ταινία ήταν άριστο μονωτικό.

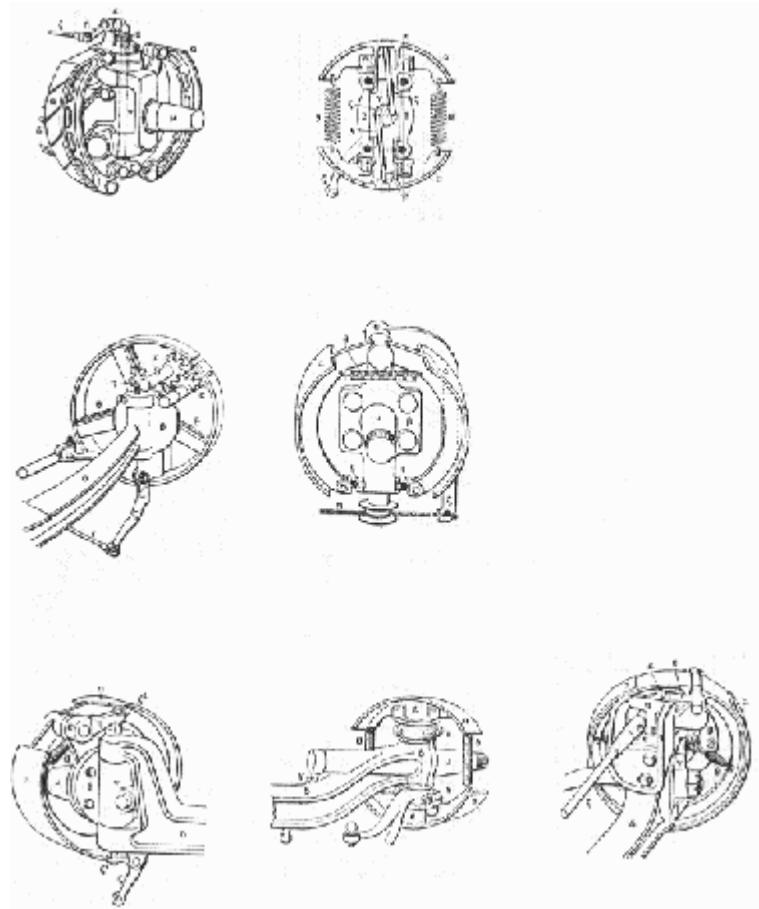
Το φρένο πάνω στην άτρακτο είχε και αυτό τα μειονεκτήματα του. Η ροπή πέδησης έφτανε ή και ξεπερνούσε το διπλάσιο της ροπής επιτάχυνσης και καταπονούσε ισχυρά όλο το σύστημα μετάδοσης της κίνησης από τους τροχούς μέχρι το σημείο που ήταν το φρένο. Η ταινιοπέδες από την φύση τους πιάνουν πολύ ισχυρά και αρπάζουν απότομα και επειδή είναι ισχυρές υπάρχει η τάση να γίνονται μικρές και πολλές φορές να υπερθερμαίνονται. Οποιαδήποτε συστήματα και αν εφαρμόζονταν το ένα λειτουργούσε με το χέρι και το άλλο με το πόδι, αλλά για πολλά χρόνια δεν υπήρχε συμφωνία πιο θα ήταν το βασικό φρένο του αυτοκινήτου το χειρόφρενο ή το ποδόφρενο. Μερικοί κατασκευαστές υποστήριζαν ότι το ισχυρότερο φρένο πρέπει να είναι το φρένο ανάγκης, γιατί στην ανάγκη ο οδηγός χρειάζεται την μεγαλύτερη επιβράδυνση, άλλοι υποστήριζαν ότι το βασικό φρένο πρέπει να είναι το χειρόφρενο

για να μπορεί ο οδηγός να σταθεροποιεί το όχημα με τον αναστολέα του όταν κατεβαίνει ένα μακρύ κατήφορο. Οπωσδήποτε, πίστευαν ότι το χειρόφρενο πρέπει να είναι το φρένο ανάγκης, γιατί λειτουργούσε κατευθείαν στους τροχούς και μπορούσε να του έχει κανείς μεγαλύτερη εμπιστοσύνη παρά στο ποδόφρενο που δρούσε στην άτρακτο, προφανώς ο οδηγός χρησιμοποιούσε κάθε φορά εκείνο που ταίριαζε καλύτερα σε κάθε περίπτωση στο αυτοκίνητο και στον εαυτό του.

Γύρω από το 1910 τα φρένα των περισσότερων αμερικάνικων αυτοκινήτων λειτουργούσαν στους οπίσθιους τροχούς. Γενικά το ποδόφρενο ενεργοποιούσε μια ταινία που δρούσε εξωτερικά και το χειρόφρενο σιαγόνες που δρούσαν εσωτερικά στο ίδιο τύμπανο. Οι ταινίες είχαν επένδυση τριβής από αμίαντο. Η σημασία της πρόσφυσης του επίσωτρου πάνω στο δρόμο, η συμπεριφορά του ακινητοποιούμενου τροχού, η μεταφορά του βάρους από πίσω προς τα εμπρός και η διαφορά των αποτελεσμάτων της ολίσθησης των εμπρός και των πίσω τροχών είχαν γίνει καλά αντιληπτά από τα πρώτα χρόνια του αιώνα. Στην πραγματικότητα τα προβλήματα της πρόσφυσης του επίσωτρου και η σημασία τους στους σιδηροδρομικούς τροχούς είχαν διερευνηθεί από τον Galeton από το 1870.

Γρήγορα αντιλήφθηκαν ότι η πέδηση μόνο στους πίσω τροχούς μπορούσε να προκαλέσει ολίσθηση και η ολίσθηση έκανε το όχημα ακυβέρνητο και ότι για μια θετική πέδηση χρειαζόταν πέδηση και στους τέσσερις τροχούς με κατάλληλα κατανεμημένη μεταξύ των εμπρός και των πίσω τροχών την προσπάθεια πέδησης του αυτοκινήτου. Με πέδηση και στους τέσσερις τροχούς το αυτοκίνητο σταματούσε στη μισή απόσταση χωρίς κίνδυνο ολίσθησης. Χρειάστηκε πολύς καιρός για να εφαρμοστεί η πέδηση και στους τέσσερις τροχούς. Πολλές προσπάθειες εισαγωγής φρένων και στους τέσσερις τροχούς έγιναν πριν από τον πρώτο παγκόσμιο πόλεμο. Το 1903 το τρίτροχο Phoenix είχε φρένο και στον εμπρόσθιο τροχό του. Το 1904 ο P.L.Renoir πήρε δίπλωμα ευρισητεχνείας για ένα σύστημα εμπρόσθιου φρένου αλλά πολλοί λίγοι ενδιαφέρθηκαν γι' αυτό. Τουλάχιστον έξι κατασκευαστές κατασκεύαζαν αυτοκίνητα με φρένα και στους τέσσερις τροχούς(σχήμα 9). Το σύστημα Allen-Liveradge είχε εφαρμοστεί στα αυτοκίνητα Arrol-Johnson και Crossley. Σε μερικά η ενεργοποίηση των φρένων γινόταν με μια ράβδο που περνούσε μέσα από τον πείρο του ακραξονίου και σε μερικές περιπτώσεις η ροπή πέδησης μάγκωνε το σύστημα διεύθυνσης.

(σχήμα 9)



Με τα χρόνια οι αξιώσεις από τα φρένα άλλαξαν λίγο. Πριν από τον πρώτο παγκόσμιο πόλεμο οι ταχύτητες ήταν μικρές, η κυκλοφορία περιορισμένη και ο κυριότερος προορισμός του φρένου ήταν να εξασφαλίζει τον έλεγχο του αυτοκινήτου. Έτσι ο οδηγός είχε περισσότερο ανάγκη ένα χειρόφρενο με αναστολέα για την συνεχή πέδηση του αυτοκινήτου. Μετά τον πόλεμο με την αύξηση της ταχύτητας των αυτοκινήτων με την πύκνωση της κυκλοφορίας και γενικά με την βελτίωση της λειτουργίας του αυτοκινήτου. Η ανάγκη για ένα ισχυρό σύστημα πέδησης χωρίς κίνδυνο ολίσθησης έγινε επιτακτική. Η ανάγκη ενός ποδόφρενου που να επιτρέπει στον οδηγό να επιβραδύνει θετικά το αυτοκίνητο του για τις στροφές και την αποφυγή

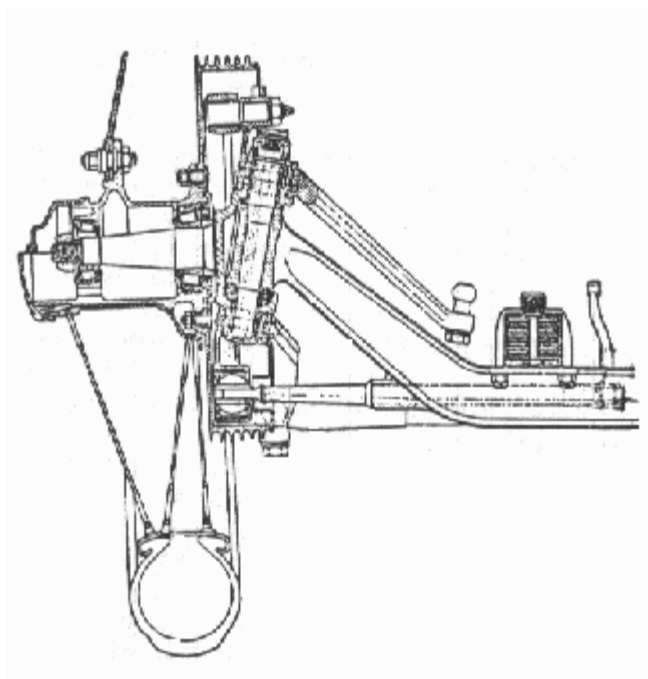
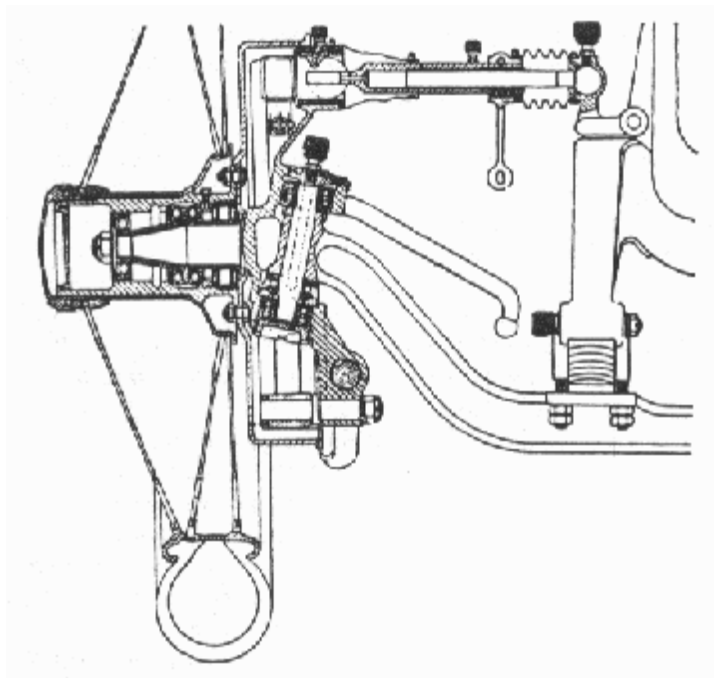
ατυχημάτων από την κυκλοφορία και συγχρόνως να έχει τα χέρια του ελεύθερα για την οδήγηση ήταν προφανής.

Επειδή οι οδηγοί ήθελαν πάντοτε ισχυρά φρένα και ισχυρά φρένα στους πίσω τροχούς σημαίνουν κίνδυνο πλευρικής ολίσθησης υπήρχε ισχυρή πίεση να αναπτυχθούν τα φρένα, στους εμπρός τροχούς. Έτσι μετά τον πρώτο παγκόσμιο πόλεμο η χρήση φρένων και στους τέσσερις τροχούς γενικεύτηκε. Φρένα στους εμπρός τροχούς εμφανίστηκαν αμέσως μετά τον πόλεμο στα πολυτελή και ακριβά αυτοκίνητα όπως η Hispano-Suiza των 37,2 ίππων και η Hotchkiss 18/22 του 1919 και η εφαρμογή τους επεκτάθηκε και στους φθηνότερους τύπους αυτοκινήτων. Η αλλαγή πάντως ήταν γρήγορη και έτσι ενώ το 1923 το 70% όλων των αγγλικών αυτοκινήτων είχαν φρένα μόνο στους πίσω τροχούς το 1929 όλοι οι τύποι πλην ενός του Trojan, είχαν φρένα και στους τέσσερις τροχούς. Στην Ευρώπη η παραδοχή φρένων στους τέσσερις τροχούς ήταν ακόμη ταχύτερη, η Αμερική όμως έμεινε πίσω και από την Ευρώπη και από την Αγγλία.

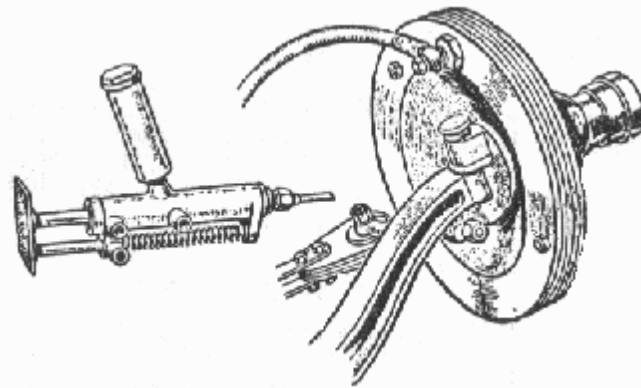
Τα πρώτα χρόνια της δεκαετίας του '20 δοκιμάστηκαν διάφορα συστήματα φρένων για τους εμπρόσθιους τροχούς, και μερικά από αυτά ήταν τόσο πολύπλοκα που φαίνονταν ότι δεν θα επικρατήσουν ποτέ, πάντως γύρω από τα μέσα της δεκαετίας αυτής η εφαρμογή ξεκαθάρισε και λίγα σχετικά συστήματα βρήκαν γενική εφαρμογή. Από όλα αυτά το πιο διαδεδομένο ήταν το σύστημα Parrot ενώ και το σύστημα Robbery είχε και αυτό τους οπαδούς του. Συστήματα με κοίλους πείρους του ακραξιόνιου και με συρματόσχοινα και τροχαλίες χρησιμοποιήθηκαν μερικές φορές, και για πρώτη φορά έκαναν την σοβαρή εμφάνιση τους τα υδραυλικά φρένα (σχήματα 10, 11).

Μεγάλη απλοποίηση στα φρένα των εμπρόσθιων τροχών έφερε το υδραυλικό σύστημα. Πιέζοντας το πεντάλ του φρένου έφευγε υγρό με πίεση από τον κεντρικό κύλινδρο και με σταθερούς και εύκαμπτους σωλήνες ερχόταν στους κυλίνδρους των τροχών και ενεργοποιούσε τις σιαγόνες. Επειδή οι σωλήνες που κατέληγαν στους τροχούς ήταν εύκαμπτοι δεν εμπόδιζαν καθόλου την κίνηση των τροχών αλλά ούτε και τα φρένα εμποδίζονταν από αυτή. Παρόλα αυτά όμως για πολλά χρόνια τα περισσότερα συστήματα φρένων και για τους τέσσερις τροχούς ήταν μηχανικά.

(σχήματα 10,11)



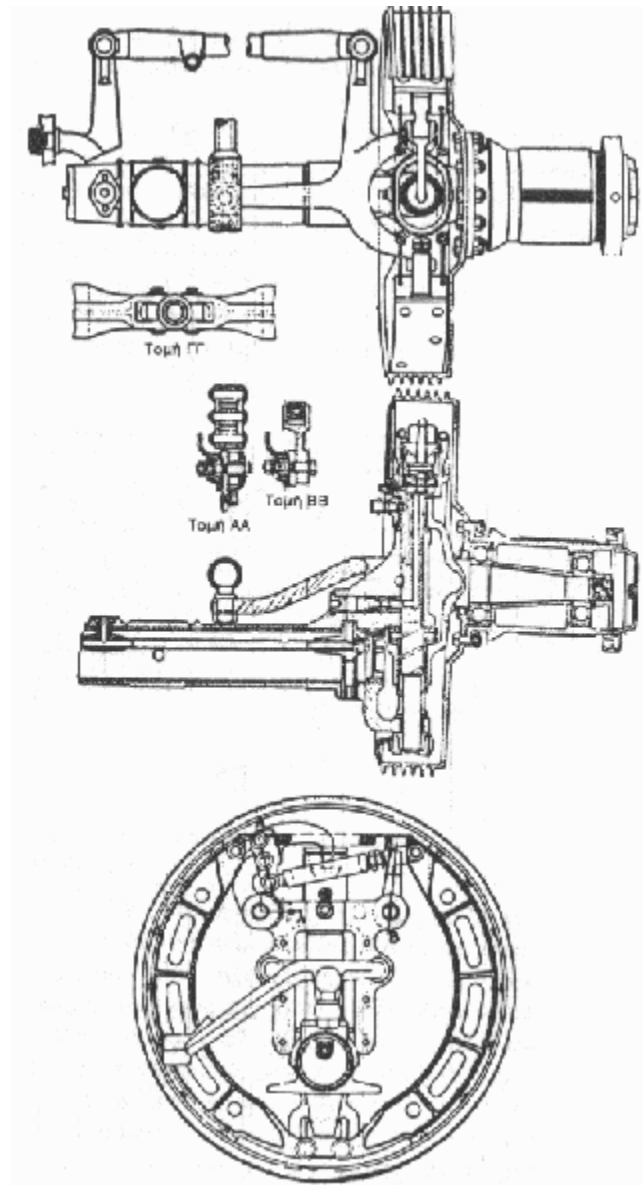
Το 1929 περίπου το 40% των αυτοκινήτων είχαν ποδόφρενο για τους τέσσερις τροχούς και χειρόφρενο με ανεξάρτητες σιαγόνες στους πίσω τροχούς. Στο 20% των αυτοκινήτων το χειρόφρενο δρούσε πάνω στην άτρακτο και στα υπόλοιπα δρούσε στις ίδιες σιαγόνες με το ποδόφρενο στους πίσω τροχούς.



Η μετάδοση της κίνησης από το ποδόπληκτρο πεντάλ, και το χειρομοχλό γινόταν με ελκυστήρες (ντίτζες) μέχρι τους ενδιάμεσους άξονες, και από αυτούς μέχρι τις σιαγόνες πάλι με ελκυστήρες ή συρματόσχοινα. Δυο προβλήματα απασχολούσαν τους μελετητές των φρένων, το ένα ήταν η απώλεια της διαδρομής λόγω της ελαστικότητας στην κάμψη και στον εφελκυσμό των μοχλών και των ελκυστήρων, η οποία έπρεπε αλλά πολλές φορές δεν μπορούσε να περιοριστεί στο ελάχιστο γιατί η κινηματική αλυσίδα ήταν αρκετά πολύπλοκη με πολλούς μοχλούς και ελκυστήρες. Το δεύτερο πρόβλημα ήταν αν θα έπρεπε τα φρένα να έχουν σύστημα που να αντιμετωπίζει την άνιση φθορά των σιαγόνων. Χωρίς ένα τέτοιο σύστημα το φρένο του ενός τροχού μπορούσε να πιάσει πριν από το φρένο του άλλου και να δημιουργηθεί έτσι κίνδυνος για την ευστάθεια του αυτοκινήτου. Μερικοί κατασκευαστές αντιμετώπιζαν την εξίσωση των φρένων μεταξύ αριστερών και δεξιών τροχών του κάθε άξονα, άλλοι μεταξύ πίσω και μπροστινών τροχών και άλλοι έκαναν πλήρη εξίσωση για όλους τους τροχούς. Ένα μειονέκτημα κάθε συστήματος εξίσωσης ήταν ότι αν ένα εξάρτημα, ένας ελκυστήρας ή ένας μοχλός αστοχούσε, όλο το εξισώμενο σύστημα αχρηστευόταν. Άλλο ένα μειονέκτημα ήταν ότι το σύστημα γινόταν πολύπλοκο και μειωνόταν η

εμπιστοσύνη σε αυτό. Έτσι η πλήρης εξίσωση εγκαταλείφθηκε, πολύ βοήθησε σε αυτό και η ελαστικότητα της κινηματικής αλυσίδας και του πλαισίου που έκανε αυτόματα κάποια εξίσωση.

(σχήμα 12)



Το 1921 η Bugatti 8 είχε υδραυλικά φρένα και στους τέσσερις τροχούς (σχήμα 12). Την ίδια εποχή τα αμερικάνικα αυτοκίνητα Duesenberg χρησιμοποιούσαν

υδραυλικά φρένα και στους τέσσερις τροχούς τα οποία λειτουργούσαν με μοχλούς που τους κινούσαν οι κύλινδροι των τροχών. Η πίεση λειτουργίας των φρένων ήταν της τάξης των 28 kg/cm^2 και υπήρχαν συστήματα για το γέμισμα του κεντρικού κυλίνδρου και την απομόνωση κάθε κυλίνδρου που δεν λειτουργούσε κανονικά. Στην Αγγλία τα υδραυλικά φρένα Lookheed εισήχθησαν για πρώτη φορά το 1924 στο αυτοκίνητο Blau των 12 ίππων. Ο κεντρικός κύλινδρος είχε διάμετρο 38 mm οι σωληνώσεις εσωτερική διάμετρο 9,52 mm και το υγρό ήταν μίγμα καστορέλαιου και οιοπνεύματος. Το αυτοκίνητο Triumph 13/35 ίππων του 1924 είχε υδραυλικά φρένα στους εμπρός τροχούς και μηχανικά στους πίσω και αυτή η διάταξη διατηρήθηκε μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1950.

Τα υδραυλικά φρένα ήταν στην αρχή πολύ δαπανηρά αλλά άρχισαν σιγά -σιγά πολλοί κατασκευαστές να κατασκευάζουν τέτοια φρένα και γύρω στο 1934 υπήρχαν τόσοι κατασκευαστές όσοι και μηχανικοί. Μόνο όμως από το 1949 εκτοπίστηκαν τελείως τα μηχανικά φρένα από τους εμπρός τροχούς και από το 1952 και από τους πίσω τροχούς. Στις Η.Π.Α τα μηχανικά φρένα εξαλείφθηκαν το 1939.

Το βοηθητικό σύστημα φρένων ήταν πάντα μηχανικό και δρούσε στους πίσω τροχούς για να χρησιμοποιηθεί σε περίπτωση αστοχίας των υδραυλικών. Στα μέσα όμως της δεκαετίας του '50 έγινε μια μεγάλη αλλαγή στα συστήματα πέδησης. Τα δισκόφρενα άρχισαν να εκτοπίζουν τα τύμπανα.

Η πρώτη εφαρμογή δισκόφρενων έγινε το 1920, σε αυτοκίνητο Lanchester. Ένα ζευγάρι σιαγόνες με πλινθία τριβής (τακούνια) έπιαναν πάνω σε ένα δίσκο που ήταν καρφωμένος στην πλήμνη του τροχού. Τα δισκόφρενα όμως δεν βρήκαν καλή αποδοχή στα αυτοκίνητα παρά το γεγονός ότι το 1920 ένα ελαφρύ αυτοκίνητο A.C. είχε δισκόφρενο στην άτρακτο πίσω από το διαφορικό και το γεγονός ότι το 1928 στη Αμερική και για αρκετά χρόνια ακόμα χρησιμοποιήθηκε το φρένο Tru-Stop στην άτρακτο το οποίο λειτουργούσε με δίσκο. Το 1931 σε ένα φορτηγό 4 τόνων της Dodge χρησιμοποιήθηκε σαν φρένο της ατράκτου δισκόφρενο με αεριζόμενο δίσκο. Δισκόφρενα επίσης χρησιμοποιούνταν σε τραμ, σε βιομηχανικές εφαρμογές και σε αεροπλάνα. Το πλεονέκτημα των δίσκων στα αεροπλάνα ήταν ότι ένας αριθμός δίσκων με αντίστοιχους δακτυλίους τριβής μπορούσαν να εφαρμοστούν στο ίδιο φρένο και

έτσι μειωνόταν σημαντικά το έργο που απορροφούταν ανά μονάδα επιφάνειας τριβής και βελτιωνόταν η ψύξη των φρένων. Δισκόφρενα αυτού του τύπου έχουν βελτιωθεί και χρησιμοποιούνται ακόμη και σήμερα στα μεγάλα αεροπλάνα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΦΡΕΝΩΝ

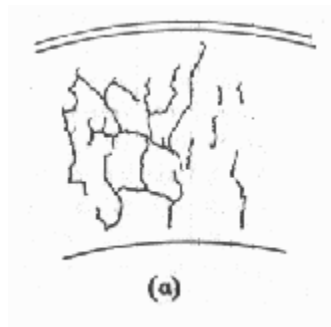
Με την εξέλιξη της τεχνολογίας, και την πορεία των χρόνων παρατηρήθηκε ότι τα επικρατέστερα φρένα είναι τα φρένα με ταμπούρα (τύμπανα) και τα φρένα με δίσκους (δισκόφρενα). Στα φρένα με τύμπανα υπάρχει ένα ζεύγος σιαγόνων που η εξωτερική τους επιφάνεια είναι επενδυμένη με μια επένδυση τριβής, οι σιαγόνες είναι σταθερές και γύρω από αυτές κινείται ένα τύμπανο που αποτελεί μέρος του τροχού και γυρίζει μαζί του. Όταν οι σιαγόνες κατά κάποιο τρόπο κλείσουν, έρχονται σε επαφή με το εσωτερικό κυλινδρικό μέρος του τυμπάνου, και λόγω της μεγάλης τριβής που δημιουργείται εκεί γίνεται η πέδηση.

Ο μηχανισμός των φρένων με τύμπανα περιλαμβάνει το τύμπανο, τις σιαγόνες με την επένδυση τριβής τους, τα εξαρτήματα των σιαγόνων και τους κυλίνδρους των τροχών. Οι σιαγόνες με τα εξαρτήματα τους στηρίζονται σε μια πλάκα που οι οδηγοί την λένε κιθάρα που αποτελεί μέρος του ακραξιονίου ή του κελύφους του ημιαξιονίου του τροχού. Ανάμεσα από τις σιαγόνες, είναι ένα ελατήριο (το επανατακτικό) για να τις κρατά μακριά από το τύμπανο όταν δεν φρενάρουν. Υπάρχουν ελατήρια και πείροι για να εμποδίζουν τις σιαγόνες να κάνουν θόρυβο. Όλα τα συστήματα πέδησης έχουν κάποιο τρόπο ρύθμισης της κανονικής απόστασης μεταξύ τυμπάνου και επιφάνειας τριβής των σιαγόνων. Οι ρυθμιστήρες αυτοί μπορούν να λειτουργούν με το χέρι ή να είναι αυτόματοι. Μέσα στον μηχανισμό των φρένων των πίσω τροχών υπάρχει το σύστημα του χειρόφρενου.

Τα περισσότερα τύμπανα γίνονται από γκρίζο χυτοσίδηρο λόγω της ευκολίας κατεργασίας του και της αντοχής στη φθορά. Ο χυτοσίδηρος έχει επίσης το πλεονέκτημα να έχει υψηλό συντελεστή θερμοχωρητικότητας ανά μονάδα όγκου. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να απορροφά σημαντικά ποσά θερμότητας πριν αρχίσει να υπερθερμαίνεται. Με χυτοσιδηρά τύμπανα η πιθανότητα για αστοχία φρένων από υπερθέρμανση μειώνεται σημαντικά.

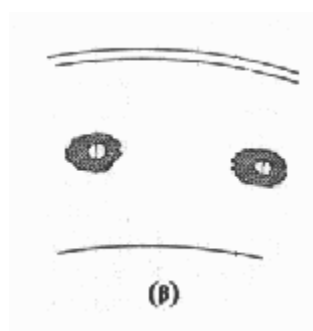
Τα τύμπανα πρέπει να έχουν αρκετή αντοχή όχι μόνο για τις δυνάμεις που ασκούν πάνω τους οι σιαγόνες, αλλά και για να αντέχουν στις θερμικές κρούσεις που

υφίστανται. Αν οι θερμικές αυτές κρούσεις ξεπεράσουν το όριο αντοχής του τυμπάνου εμφανίζονται ρωγμές που σχηματίζουν ένα δίκτυο (σχήμα 13).



(σχήμα 13)

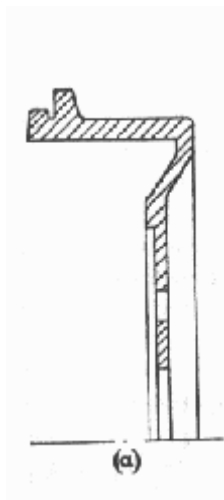
Οι ρωγμές αυτές μπορούν να εμφανιστούν από θερμική κόπωση του υλικού του τυμπάνου. Το τύμπανο μπορεί να φτάσει τοπικά σε τόσο υψηλή θερμοκρασία ώστε να εμφανιστούν μεταλλουργικές αλλοιώσεις στα σημεία αυτά που καταλήγουν σε αλλαγές του πάχους του μετάλλου ή και σε ρωγμές. Η συνεχής τριβή της επένδυσης των σιαγόνων στα σημεία αυτά μπορεί να προκαλέσει ζημιές και φθορά στην επένδυση. Η τοπική υπερθέρμανση μπορεί να προκαλέσει και σημάδια με αλλαγή του χρωματισμού του μετάλλου του τυμπάνου (σχήμα 14). Γύρω από τα σημάδια εμφανίζονται συνήθως ρωγμές.



(σχήμα 14)

2.1 ΤΑΜΠΟΥΡΑ

Το τύμπανο δεν πρέπει να είναι οβάλ γιατί θα μαγκώνουν οι σιαγόνες σε χαμηλές ταχύτητες και στις μεγάλες θα τρέμει το πεντάλ πράγμα που θα είναι ενοχλητικό για τον οδηγό. Για τον λόγο αυτό η διαφορά δύο κάθετων διαμέτρων του τυμπάνου δεν πρέπει να ξεπερνά τα 0,125mm. Για να παραμορφώνεται το τύμπανο όσο το δυνατόν πιο δύσκολα οι εσωτερικές επιφάνειες ενισχύονται με νευρώσεις. Τα περισσότερα τύμπανα έχουν μία μόνο νευρώση κοντά στο χείλος τους (σχήμα 15). Στη βάση της νευρώσης υπάρχει ένα αυλάκι για να μαζεύει το νερό από την εξωτερική επιφάνεια του τυμπάνου και να μην μπαίνει στο εσωτερικό και στους μηχανισμούς. Η επίπεδη επιφάνεια του τυμπάνου συνδέεται με την πλήμνη (μουαγιέ) του τροχού και γυρίζει μαζί του.



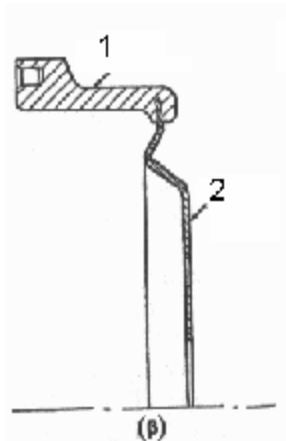
(σχήμα 15)

Μερικά τύμπανα είναι σύνθετα, από ένα χαλύβδινο δίσκο που στερεώνεται πάνω του η κυλινδρική επιφάνεια από χυτοσίδηρο (σχήμα 16). Άλλα τύμπανα έχουν ένα περιφερειακό αυλάκι στο χείλος τους μέσα στο οποίο μπαίνει το γυριστό χείλος της πλάκας στήριξης των σιαγόνων. Αυτό γίνεται για να απαγορεύεται η είσοδος νερού και ξένων σωμάτων μες στον χώρο των μηχανισμών του φρένου.

Η επιφάνεια τριβής του τυμπάνου πρέπει να είναι λεία γιατί αλλιώς θα προκαλούνται μεγάλες φθορές στην επένδυση της σιαγόνας. Έχει σημασία να μην

υπάρχουν μετά την κατεργασία εξέχοντα σημεία γιατί τρίβεται πάνω σε αυτά η επένδυση της σιαγόνας και δημιουργεί υπερθέρμανση.

(σχήμα 16)



1. Χυτοσίδηρος
2. Χάλυβας

Οι σιαγόνες κατά γενικό κανόνα έχουν διατομή T και είναι είτε χυτές είτε κατασκευασμένες από φύλλο χάλυβα με συγκόλληση. Το ένα άκρο, η πτέρνα, είναι συγκολλημένη και εισέρχεται σε μια εγκοπή στο στήριγμα της. Το άλλο άκρο στηρίζεται στο είδωλο του κυλίνδρου. Μερικές φορές το άκρο της σιαγόνας στηρίζεται στην εγκοπή ενός ωστηρίου που υπάρχει ανάμεσα στο έμβολο και στην σιαγόνα. Στις συνδυασμένες σιαγόνες το άκρο τους έχει και μια ημικυκλική εγκοπή με την οποία στηρίζεται στον πείρο στήριξης των σιαγόνων.

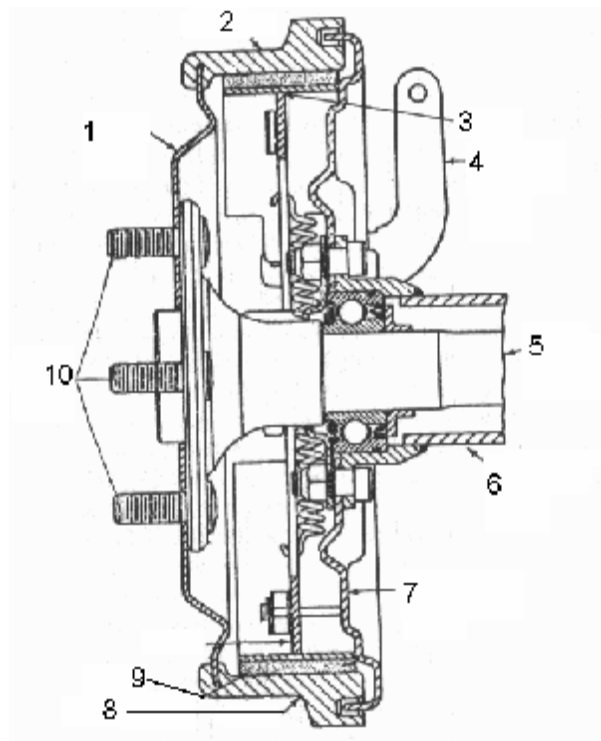
Στο νεύρο της σιαγόνας υπάρχουν πολλές φορές εγκοπές για να κάνουν την σιαγόνα πιο εύκαμπτη, για να προσαρμόζεται καλύτερα στο τύμπανο και να φθείρεται πιο ομοιόμορφα η επένδυση της. Το νεύρο έχει επίσης οπές με τις οποίες στηρίζεται η σιαγόνα στην πλάκα του φρένου και το επανατακτικό ελατήριο. Στο χείλος του κυλινδρικού μέρους της σιαγόνας υπάρχουν μικρά προεξέχοντα σημεία σε κανονικά διαστήματα με τα οποία ακουμπά σε αντίστοιχα σημεία στην πλάκα για να μην ξεφεύγει από τη θέση της.

Η πλάκα του φρένου είναι στερεωμένη στον ακίνητο άξονα του τροχού και φέρει τα στηρίγματα των σιαγόνων και το μηχανισμό ενεργοποίησής τους. Είναι το σημείο

αντίδρασης για την ροπή πέδησης. Πρέπει, λοιπόν, να είναι πολύ ανθεκτική στα φορτία που δέχεται, γιατί αλλιώς παραμορφώνεται, μεγαλώνει η διαδρομή του πεντάλ του φρένου και μειώνεται η αποτελεσματικότητα της πέδησης. Επιπλέον προκαλεί ανομοιόμορφη φθορά της επένδυσης τριβής. Για να γίνει ανθεκτική η πλάκα στις παραμορφώσεις έχει νευρώσεις.

Η πλάκα έχει οπές στις οποίες μπαίνουν οι πείροι που κρατούν τις σιαγόνες σε απόσταση από το τύμπανο όταν δεν εφαρμόζεται πίεση και δεν τους επιτρέπουν να ξεφύγουν από την θέση τους. Ενίοτε η πλάκα φέρει και τους ρυθμιστήρες των σιαγόνων. Μια τυπική διάταξη φαίνεται στο σχήμα 17.

(σχήμα 17)



- | | |
|------------------------------|-----------------------------|
| 1 . Χάλυβας | 6. Χωνί διαφορικού |
| 2. Χυτοσίδηρος | 7. Πλάκα |
| 3. Σιαγόνα | 8. Τύμπανο |
| 4. Μοχλός χειροφρένου | 9. Επένδυση τριβής |
| 5. Ημιαξόνιο οπίσθιου τροχού | 10. Κοχλίες στήριξης τροχού |

Η πλάκα είναι σταθερά συνδεδεμένη στην άκρη της χοάνης του διαφορικού. Από μέσα από την χοάνη (χωνί του διαφορικού) περνά το ημιαξόνιο πάνω στο οποίο συνδέεται με τους ίδιους κοχλίες που κρατούν τον τροχό, το τύμπανο. Τα άκρα της πλάκας είναι γυριστά και σχηματίζουν ένα χείλος που μπαίνει σε αντίστοιχα αυλάκια του τυμπάνου για να μην μπαίνει νερό μέσα στο μηχανισμό του φρένου. Γενικά, αν δεν υπάρχει στο τύμπανο αυλάκι για το χείλος της πλάκας, το χείλος καλύπτει το άκρο του τυμπάνου. Η επένδυση τριβής της σιαγόνας και το υλικό του τύμπανου πρέπει να έχουν μεγάλο και σταθερό συντελεστή τριβής μ για μεγάλη κλίμακα θερμοκρασιών και ταχυτήτων. Πρέπει να έχουν καλή αντοχή στην τριβή και να μην προκαλούν φθορά (γδάρισμα) και υπερθέρμανση στο τύμπανο. Αποτελέσματα μακροχρόνιας πείρας έδειξαν πως επενδύσεις φτιαγμένες από αμιάντο εμποτισμένο σε ρητίνες δίνουν πολύ καλά αποτελέσματα με λογικό κόστος. Έτσι οι επενδύσεις τριβής κατασκευάζονται από ίνες αμιάντου εμποτισμένες με θερμοπλαστικές ρητίνες με πρόσμιξη διαφόρων άλλων ουσιών για να τους δώσουν τις επιθυμητές ιδιότητες.

Σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται επενδύσεις τριβής που βρίσκονται στο εμπόριο σε μορφή ταινίας και που αποτελούνται από ίνες αμιάντου υφασμένες και εμποτισμένες σε ρητίνη και ενισχυμένες με σύρματα ορείχαλκου και ψευδαργύρου. Από τις ταινίες αυτές κόβονται κατάλληλα κομμάτια τρυπιούνται και καρφώνονται πάνω στις σιαγόνες. Οι ταινίες αυτές έχουν μέσο ή υψηλό συντελεστή τριβής σε συνδυασμό με τύμπανα από χυτοσίδηρο αλλά δεν είναι κατάλληλες για βαριά χρήση, π.χ. όταν η θερμοκρασία ξεπερνά τους 200 °C, γιατί χάνουν τον συντελεστή τριβής τους και εμφανίζουν μεγάλη φθορά.

2.2 ΔΙΣΚΟΦΡΕΝΑ

Το κυριότερο χαρακτηριστικό των δισκοφρένων είναι η περιορισμένη επιφάνεια εφαρμογής τους, συνήθως για μικρή γωνία 30° ως 50° από την περιφέρεια του δίσκου, γι' αυτό και ονομάζονται και σημειακά φρένα. Το φρένο αποτελείται από ένα δίχαλο στερεωμένο σταθερά στον ακίνητο άξονα. Μέσα στα σκέλη του δίχαλου υπάρχουν πλινθία τριβής, τα οποία όταν το πεντάλ των φρένων πιεστεί πιέζονται ισχυρά με

υδραυλική δύναμη πάνω σε ένα δίσκο που είναι μόνιμα στερεωμένος στην πλήμνη του τροχού (μουαγιέ).

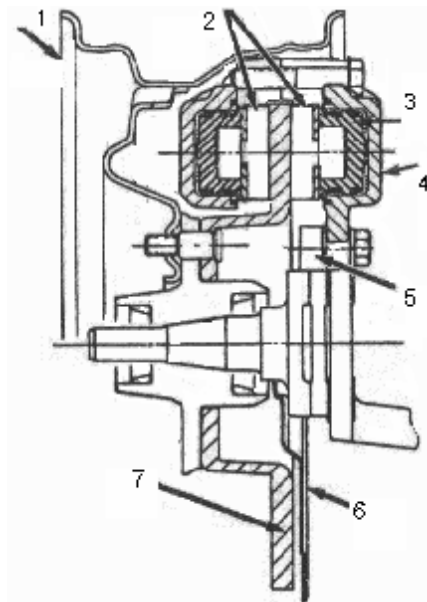
Υπάρχουν δυο συστήματα δισκοφρενων σε χρήση. Στο πρώτο ένας σταθερός δίσκος κινείται ανάμεσα σε ένα σταθερό δίχαλο στο οποίο τα έμβολα κινούνται ελεύθερα μέχρις ότου η δύναμη στα πλινθία γίνει ίση και στο δεύτερο ένας σταθερός δίσκος κινείται ανάμεσα σε ένα ελεύθερο δίχαλο το οποίο μετατοπίζεται μέχρις ότου η δύναμη στα δυο πλινθία γίνει ίση. Η θέση του δίχαλου εξαρτάται από το χώρο που μένει ελεύθερο μετά την εγκατάσταση του συστήματος διεύθυνσης. Αν το δίχαλο είναι τοποθετημένο πίσω από τον άξονα των τροχών το φορτίο των τριβέων του τροχού μειώνεται όταν εφαρμόζονται τα φρένα. Αντίθετα, αν το δίχαλο βρίσκεται εμπρός από τον άξονα του τροχού το φορτίο αυξάνει, επειδή όμως η πίσω θέση δίνει καλύτερη προστασία από σκόνες και νερά προτιμάται. Από άποψη λειτουργίας των φρένων και οι δυο θέσεις είναι ικανοποιητικές. Τα δισκόφρενα δεν έχουν δυνατότητα αυτόματης σφήνωσης γι' αυτό η ροπή πέδησης σε αυτά είναι ανάλογη προς την εφαρμοζόμενη δύναμη στο πεντάλ και η πέδηση είναι προοδευτική. Στα βαριά επιβατηγά αυτοκίνητα που έχουν δισκόφρενα χρειάζεται κάποιος σερβομηχανισμός για να βοηθήσει την πέδηση έτσι ώστε να γίνεται ικανοποιητική με μια λογική δύναμη πάνω στο πεντάλ.

Τα κύρια εξαρτήματα των δισκοφρενων είναι, οι δίσκοι και τα δίχαλα με τα έμβολα και τα πλινθία τριβής που αποτελούνται από ένα δισκίο στέρεου υλικού τριβής στερεωμένο σε μια μεταλλική βάση. Όταν τα δισκόφρενα χρησιμοποιούνται ως χειρόφρενο, στα δισκόφρενα με ελεύθερο δίχαλο τα ίδια πλινθία (τακουινιά) μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για το ποδόφρενο και για το χειρόφρενο, αν όμως το δίχαλο είναι σταθερό τότε χρειάζεται άλλο ζεύγος πλινθιών για το ποδόφρενο και άλλο για το χειρόφρενο, το οποίο βρίσκεται πάνω σε βοηθητικό δίχαλο στερεωμένο στο κύριο δίχαλο.

Ο δίσκος είναι κατασκευασμένος από γκρίζο περλιτικό χυτοσίδηρο γιατί έχει καλή αντοχή στη φθορά και είναι οικονομικός. Η μορφή του δίσκου είναι όπως βαθύ πιάτο. Το βάθος του πιάτου εξαρτάται από το χώρο που χρειάζεται για να τοποθετηθεί το δίχαλο. Όσο βαθύτερο είναι το πιάτο τόσο μεγαλύτερη είναι η διαδρομή της θερμότητας που χρειάζεται για να φθάσει από τον δίσκο στον άξονα και να θερμάνει

τους τριβείς (ρουλεμάν). Το (σχ. 18) δείχνει μια τυπική περίπτωση δισκοφρένων με ελεύθερα έμβολα και σταθερό δίχαλο για εμπρόσθιο τροχό.

(σχήμα18)



- | | |
|-------------------|---------------------|
| 1. Ζάντα | 5. Στήριγμα δίχαλου |
| 2. Πλινθία τριβής | 6. Προφυλακτήρας |
| 3. Έμβολο | 7. Δίσκος |
| 4. Δίχαλο | |

Η επιφάνεια τριβής του δίσκου πρέπει να είναι λεία και συνήθως λειαίνεται με τροχό. Δεν επιτρέπονται ανωμαλίες στην επιφάνεια τριβής γιατί τα σημεία αυτά υπερθερμαίνονται και μπορεί να δημιουργήσουν ρωγμές και ανώμαλη λειτουργία των φρένων. Υπερβολική φθορά προκαλεί κλονισμό στα πλινθία τριβής ο οποίος μεταδίδεται σε όλο το σύστημα και επιπλέον μεγαλώνει η διαδρομή του πεντάλ των φρένων.

Στην εξωτερική ως προς τον τροχό πλευρά του δίσκου τοποθετείται ένας μεταλλικός προφυλακτήρας για να προστατεύει το δίσκο από τα χτυπήματα, τις σκόνες και τα νερά. Η σημασία του προφυλακτήρα είναι σημαντική διότι αν σφηνωθούν στέρεα σώματα μεταξύ του δίσκου και των πλινθίων θα δημιουργήσουν ρωγμές επιφανειακής φθοράς στον δίσκο. Όταν εφαρμοστεί το φρένο ακόμη και με τον προφυλακτήρα η φθορά του εξωτερικού πλινθίου είναι σημαντικά μικρότερη από του εσωτερικού.

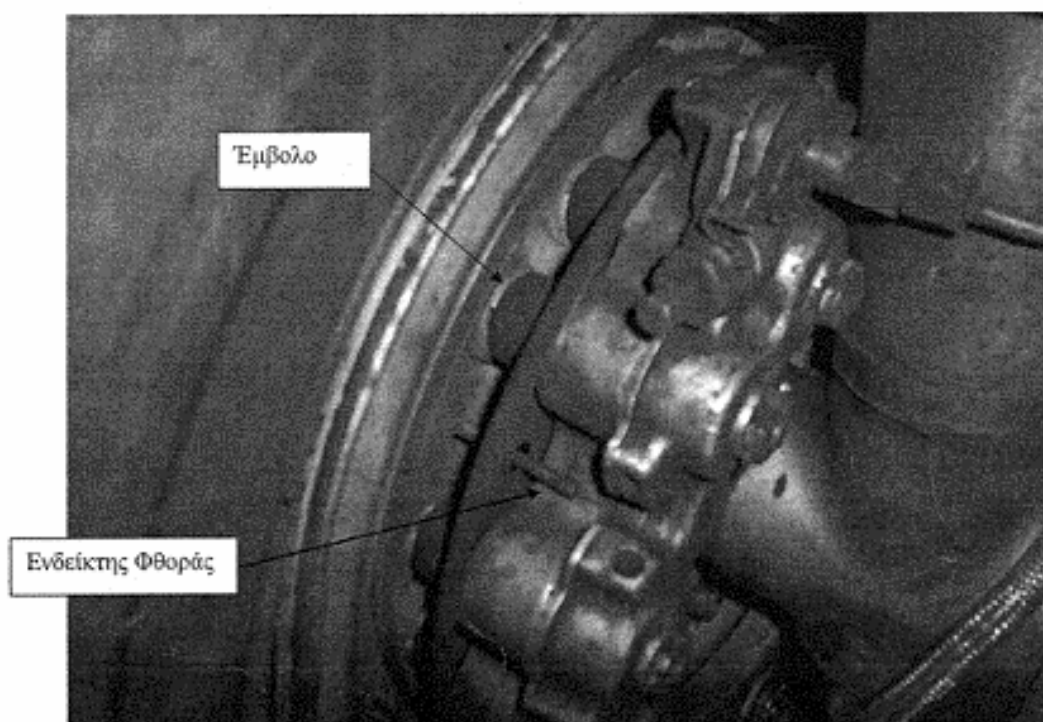
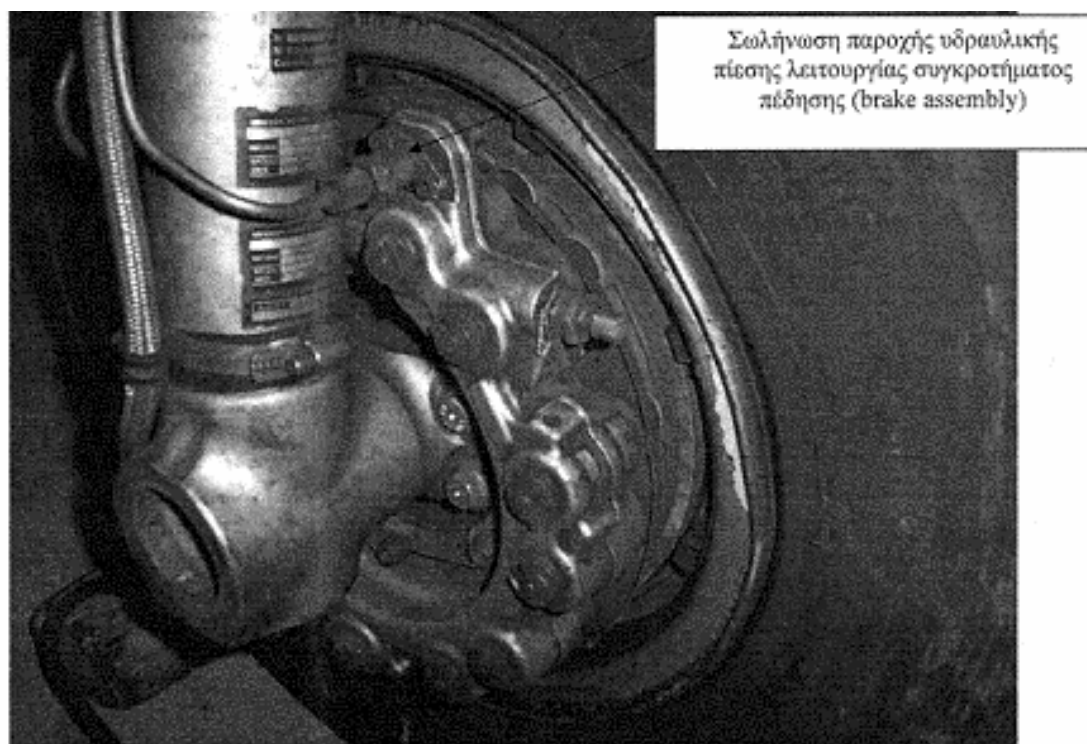
Σε πολλά Αμερικανικά και Ευρωπαϊκά αυτοκίνητα ο δίσκος είναι αεριζόμενος. Αποτελείται δηλαδή από δυο δίσκους, ενωμένους με πτερύγια όπως οι φτερωτές των αντλιών. Αυτοί οι δίσκοι έχουν μεγαλύτερη επιφάνεια ψύξης και έτσι θερμαίνονται λιγότερο. Προτιμούνται στα βαριά αμερικανικά αυτοκίνητα όπου το ποσό της θερμότητας που πρέπει να διασκορπιστεί στον αέρα κατά την πέδηση είναι μεγάλο.

Οι αεριζόμενοι δίσκοι είναι παχύτεροι και απαιτούν μεγαλύτερο χώρο για την εγκατάστασή τους. Επιπλέον, λόγω των μεγάλων διάφορων θερμοκρασίας δημιουργούν πολλές φορές ρωγμές. Οι ρωγμές αυτές προλαμβάνονται αν τα πτερύγια που ενώνουν τις δυο όψεις του δίσκου έχουν κατάλληλη καμπυλότητα, αλλά αυτό κάνει τον δίσκο πολύ δαπανηρό. Μερικοί δίσκοι έχουν προφυλακτήρες που βοηθούν με το σχήμα τους τη δημιουργία ρεύματος αέρα για την ψύξη του δίσκου.

Εκτός από τα συνηθισμένα δισκόφρενα υπάρχουν και αυτά των αεροσκαφών τα οποία είναι φτιαγμένα για να αντέχουν σε μεγαλύτερα φορτία. Συγκεκριμένα οι δίσκοι πεδήσεως περιλαμβάνουν ένα σταθερό μέρος αποτελούμενο από τέσσερις στάτορες. Αυτοί οι στάτορες είναι μονοκόμματοι δίσκοι κατασκευασμένοι με βασικό υλικό τον άνθρακα (CARBON). Το περιστρεφόμενο μέρος, το οδηγούμενο από τον τροχό, αποτελείται από τρεις μονοκόμματους δίσκους κατασκευασμένους με βασικό υλικό το CARBON. Οι δίσκοι πεδήσεως είναι τοποθετημένοι πάνω στον κύλινδρο συγκρατήσεως μεταξύ της πλάκα πίεσεως και της πλάκας συγκρατήσεως που είναι συνδεδεμένη στον κύλινδρο συγκρατήσεως. (σχ. Α, σχ. Β)



(σχήμα Α)



(σχήμα Β)

2.3 ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Δεν είναι εύκολο να γίνει σύγκριση των δυο αυτών συστημάτων φρένων γιατί καθένα από αυτά έχει τα πλεονεκτήματά του τα οποία ταιριάζουν σε κάθε συγκεκριμένο τύπο αυτοκίνητου.

Ένα ενδιαφέρον χαρακτηριστικό των φρένων με τύμπανο είναι ότι έχουν κάποιο βαθμό αυτοσφήνωσης. Μπορούν λοιπόν να τοποθετηθούν σε βαρύτερα οχήματα χωρίς να είναι απαραίτητος βοηθητικός σερβομηχανισμός. Βέβαια, συνεχώς παράγονται πλινθία για δισκόφρενα με όλο και μεγαλύτερο συντελεστή τριβής, αλλά ακόμη και έτσι, στα βαρύτερα οχήματα χρειάζονται σωληνώσεις υψηλής πίεσης, ειδικά μάλιστα αν πρέπει να μπορεί να λειτουργήσει το φρένο με μικρή πίεση στο πεντάλ. Αν ο σερβομηχανισμός σε ένα τέτοιο αυτοκίνητο αστοχήσει, η μέγιστη δύναμη που θα πρέπει να επιβάλλει ο οδηγός στο πεντάλ του φρένου μπορεί να μην είναι αρκετή για ικανοποιητική επιβράδυνση του αυτοκίνητου. Η δύναμη που ένας μέσος οδηγός μπορεί να επιβάλλει στο χειρόφρενο είναι τόση ώστε τα τύμπανα με την αυτοσφήνωση τους να είναι πιο αποτελεσματικά από τους δίσκους. Και γι' αυτό το λόγο σε πολλά αυτοκίνητα διατηρούνται τα τύμπανα στους οπίσθιους τροχούς.

Απ' την άλλη μεριά η έλλειψη αυτοσφήνωσης στους δίσκους τους κάνει λιγότερο ευαίσθητους στις αλλαγές του συντελεστή τριβής και επομένως η συμπεριφορά τους είναι πιο σταθερή. Απ' την θερμική πλευρά αν και ο δίσκος ψύχεται καλύτερα από το τύμπανο, οι διαστάσεις και τα βάρη των δίσκων είναι συχνά μικρότερα και έτσι παρά την καλύτερη ψύξη τους εργάζονται πολλές φορές σε υψηλότερη θερμοκρασία από τα τύμπανα. Τα δισκόφρενα έχουν την δυνατότητα να αντέχουν στις υψηλότερες αυτές θερμοκρασίες λόγω της μεγαλύτερης σταθερότητας τους, που έγκειται αφενός στη μορφή τους και αφ' ετέρου στη συνεχιζόμενη βελτίωση των τριβόμενων υλικών.

Οι δίσκοι υποφέρουν λιγότερο από τις διαστολές, απ' ότι τα τύμπανα, στα οποία κάθε αλλαγή στην ακτίνα ενέργειας μπορεί να προκαλέσει μείωση της ροπής πέδησης του φρένου. Καθώς η θερμοκρασία αυξάνει, το τύμπανο διαστέλλεται περισσότερο απ' την επένδυση τριβής και έτσι η επαφή μεταξύ επένδυσης και τύμπανου περιορίζεται στην μεσαία μόνο περιοχή της σιαγώνας και μειώνεται αντίστοιχα η απόδοση της. Επιπλέον καθώς το τύμπανο διαστέλλεται, μεγαλώνει το διάκενο μεταξύ σιαγώνας και

τύμπανου και χρειάζεται μεγαλύτερη διαδρομή του πεντάλ για να επιτευχθεί η ίδια πέδηση. Οι δίσκοι εξάλλου διαστέλλονται προς τα πλινθία και έτσι το διάκενο τους δεν αλλάζει.

Οι δίσκοι έχουν μια τάση να χαράσσονται από τις ακαθαρσίες που παρεισφρύνουν από το περιβάλλον. Παθαίνουν όμως λιγότερη ζημία από την τοπική υπερθέρμανση στις περιοχές όπου τα πλινθία εφαρμόζουν πάνω στον δίσκο. Αυτό βοηθά την λειτουργία του δίσκου σε υψηλότερες θερμοκρασίες.

Η μεγαλύτερη σταθερότητα της συμπεριφοράς του δισκόφρενου, επιτρέπει μεγαλύτερη εμπιστοσύνη στα εμπρόσθια φρένα και ιδιαίτερα στις μεγάλες ταχύτητες. Πρωτοεισήχθησαν στα αυτοκίνητα μεγάλης απόδοσης για να ξεπεράσουν τις δυσκολίες που είχαν τα τύμπανα στις υψηλές θερμοκρασίες. Η εφαρμογή δισκοφρενων στους εμπρόσθιους τροχούς επιτρέπει να αυξηθεί η αναλογία που παίρνουν οι εμπρόσθιοι τροχοί από την όλη προσπάθεια πέδησης του αυτοκινήτου και έτσι αυξήθηκε η πλευρική σταθερότητα κατά την πέδηση. Βέβαια στις μεγάλες θερμοκρασίες η φθορά των πλινθίων αυξάνει και μειώνεται η ζωή τους.

Για να έχει κανείς φρένα με τύμπανα με τα πλεονεκτήματα των δισκοφρενων και συγχρόνως τα πλεονεκτήματα αυτών των ίδιων των τύμπανων πρέπει τα τύμπανα να λειτουργούν πάντα σε όσο το δυνατόν χαμηλότερη θερμοκρασία. πράγμα δύσκολο ,ιδιαίτερα μπροστά στις όλο και μεγαλύτερες απαιτήσεις από τα φρένα. Από όσα παρατηρήθηκαν μέχρι στιγμής συμπεραίνεται ότι τα δισκόφρενα υπερτερούν έναντι των φρένων με ταμπούρα (τύμπανα) γιατί έχουν μεγαλύτερο συντελεστή απόδοσης, μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, είναι πιο οικονομικά και πιο αξιόπιστα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΝΑΛΥΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΔΙΣΚΟΦΡΕΝΩΝ

ΜΕΡΗ – ΤΥΠΟΙ ΔΙΣΚΟΦΡΕΝΩΝ

3.1 ΔΙΣΚΟΦΡΕΝΑ

Το κυριότερο χαρακτηριστικό των δισκόφρενων είναι η περιορισμένη επιφάνεια εφαρμογής τους, συνήθως μια μικρή γωνία 30° ως 50° από την επιφάνεια του δίσκου και γι' αυτό ονομάζονται και σημειακά φρένα. Το φρένο αποτελείται από ένα δίχαλο στερεωμένο σταθερά στον ακίνητο άξονα. Μέσα στα σκέλη του δίχαλου υπάρχουν πλινθία (ή δισκία) τριβής (τακούνια) τα οποία, όταν το πεντάλ των φρένων πιεστεί, πιέζονται ισχυρά με υδραυλική δύναμη πάνω σ' ένα δίσκο που είναι μόνιμα στερεωμένος στην πλήμνη του τροχού (μουαγιέ). Παύουν να πιέζουν τον δίσκο και απομακρύνονται ελαφρά απ' αυτόν συνήθως απ' την ενέργεια των στεγανωτικών τους παράκυκλων.

Υπάρχουν δύο συστήματα δισκόφρενων σε χρήση. Στο πρώτο ένας σταθερός δίσκος κινείται ανάμεσα σ' ένα σταθερό δίχαλο στο οποίο τα έμβολα κινούνται ελεύθερα μέχρις ότου η δύναμη στα δύο πλινθία γίνει ίση και στο δεύτερο ένας σταθερός δίσκος κινείται ανάμεσα σ' ένα ελεύθερο δίχαλο το οποίο μετατοπίζεται μέχρις ότου η δύναμη στα δύο πλινθία γίνει ίση.

Η θέση του δίχαλου εξαρτάται από το χώρο που μένει ελεύθερος μετά την εγκατάσταση του συστήματος διεύθυνσης (τιμονιού). Αν το δίχαλο είναι τοποθετημένο πίσω από τον άξονα του τροχού, το φορτίο των τριβέων του τροχού μειώνεται όταν εφαρμόζονται τα φρένα. Αντίθετα, αν το δίχαλο βρίσκεται εμπρός από τον άξονα του τροχού, το φορτίο των τριβέων αυξάνει, επειδή όμως η πίσω θέση δίνει καλύτερη προστασία από σκόνης και νερά πολλές φορές προτιμάται. Από την άποψη λειτουργίας των φρένων και οι δύο θέσεις είναι ικανοποιητικές.

Τα δισκόφρενα δεν έχουν ενέργεια αυτοσφήνωσης, γι' αυτό η ροπή πέδησης σ' αυτά είναι ανάλογη προς την εφαρμοζόμενη δύναμη στο πεντάλ και η πέδηση είναι προοδευτική. Στα βαριά επιβατηγά αυτοκίνητα που έχουν δισκόφρενα χρειάζεται κάποιος σερβομηχανισμός για να βοηθά την πέδηση έτσι ώστε να γίνεται ικανοποιητική με μία λογική δύναμη πάνω στα πεντάλ. Τα κύρια εξαρτήματα των δισκόφρενων είναι οι **δίσκοι** και τα **δίχαλα** με τα **έμβολα** και τα **πλινθία τριβής**, που αποτελούνται από ένα δισκίο στερεού υλικού τριβής στερεωμένο σε μία μεταλλική βάση. Όταν τα δισκόφρενα χρησιμοποιούνται ως χειρόφρενα, στην περίπτωση δισκόφρενων με ελεύθερο δίχαλο τα ίδια πλινθία (τακούνια) χρησιμοποιούνται και για το ποδόφρενο και για το χειρόφρενο. Αν όμως το δίχαλο είναι σταθερό τότε χρειάζεται άλλο ζεύγος πλινθίων για το ποδόφρενο και άλλο για το χειρόφρενο, που βρίσκεται πάνω σ' ένα βοηθητικό δίχαλο στερεωμένο στο κύριο δίχαλο.

Ο Δίσκος. Ο δίσκος είναι κατασκευασμένος από γκρίζο περλιτικό χυτοσίδηρο γιατί έχει καλή αντοχή στη φθορά και είναι οικονομικός. Η μορφή του δίσκου είναι σαν ένα βαθύ πιάτο. Το βάθος του πιάτου εξαρτάται από το χώρο που χρειάζεται για να τοποθετηθεί το δίχαλο. Όσο βαθύτερο είναι το πιάτο τόσο μεγαλύτερη είναι η διαδρομή της θερμότητας, που χρειάζεται για να φτάσει από τον δίσκο στον άξονα και να θερμάνει τους τριβείς (ρουλεμάν).

Η επιφάνεια τριβής του δίσκου πρέπει να είναι πολύ λεία, συνήθως είναι λειασμένη με τροχό. Δεν επιτρέπονται ανωμαλίες στην επιφάνεια τριβής γιατί τα σημεία αυτά υπερθερμαίνονται και μπορεί να δημιουργήσουν ρωγμές και ανώμαλη λειτουργία του φρένου. Οι δύο επιφάνειες τριβής του δίσκου πρέπει να είναι απόλυτα παράλληλες με ανοχή όχι παραπάνω από 0,0075 του χιλιοστού. Ένας δίσκος με μη παράλληλες επιφάνειες προκαλεί έναν κραδασμό στο σύστημα πέδησης του αυτοκινήτου. Η συνολική φθορά του δίσκου δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 0,10 του χιλιοστού. Υπερβολική φθορά προκαλεί κλονισμό στα πλινθία τριβής, ο οποίος μεταδίδεται σ' όλο το σύστημα. Επίσης μεγαλώνει η διαδρομή του πεντάλ των φρένων.

Στην εξωτερική προς τον τροχό πλευρά του δίσκου, τοποθετείται ένας μεταλλικός προφυλακτήρας για να προστατεύει το δίσκο από τα χτυπήματα, τις σκόνες και τα

νερά. Η σημασία του προφυλακτήρα είναι σημαντική γιατί αν σφηνωθούν στερεά σωματίδια μεταξύ του δίσκου και των πλινθίων, θα δημιουργήσουν χαρακιές στο δίσκο όταν εφαρμοστεί το φρένο. Ακόμη και με τον προφυλακτήρα η φθορά του εξωτερικού πλινθίου είναι σημαντικά μικρότερη από του εσωτερικού.

Σε πολλά αμερικάνικα και μερικά ευρωπαϊκά αυτοκίνητα ο δίσκος είναι αεριζόμενος, αποτελείται δηλαδή από δύο δίσκους ενωμένους με πτερύγια σαν τις φτερωτές των αντλιών. Αυτοί οι δίσκοι έχουν μεγαλύτερη επιφάνεια ψύξης και έτσι θερμαίνονται λιγότερο. Προτιμούνται στα βαριά αμερικάνικα αυτοκίνητα, όπου το ποσό της θερμότητας που πρέπει να διασκορπιστεί στο αέρα κατά την πέδηση είναι μεγάλο. Οι αεριζόμενοι δίσκοι είναι παχύτεροι και απαιτούν μεγαλύτερο χώρο για την εγκατάστασή τους, επιπλέον λόγω των μεγάλων διαφορών θερμοκρασίας δημιουργούν πολλές φορές ρωγμές. Οι ρωγμές αυτές προλαμβάνονται αν τα πτερύγια που ενώνουν τις δύο όψεις του δίσκου έχουν κατάλληλη καμπυλότητα, αλλά αυτό κάνει το δίσκο πολύ δαπανηρό. Μερικοί δίσκοι έχουν προφυλακτήρες που βοηθούν με το σχήμα τους τη δημιουργία ρεύματος αέρα για την ψύξη του δίσκου.

Το Δίχαλο. Το δίχαλο περιλαμβάνει τα πλινθία τριβής (τα τακούνια) και μεταβιβάζει τη ροπή της πέδησης από το δίσκο στο σταθερό άξονα. Το δίχαλο, στις περισσότερες περιπτώσεις δισκόφρενων με σταθερό δίχαλο, αποτελείται από δύο κομμάτια με σχήμα διατομής O, συνδεδεμένα μεταξύ τους με προεντεταμένους κοχλίες. Σε κάθε μισό κομμάτι υπάρχει ένα έμβολο. Οι κύλινδροι των δύο εμβόλων συγκοινωνούν εσωτερικά και έτσι τα έμβολα είναι ελεύθερα να προσαρμοστούν στο δίσκο και να πιέζουν με την ίδια δύναμη τα δύο πλινθία. Τα πλινθία είναι τοποθετημένα σ' ένα άνοιγμα του δίχαλου σε τρόπο ώστε η επιθεώρηση και η αλλαγή τους να είναι εύκολη χωρίς ν' αφαιρεθεί το δίχαλο από τη θέση του. Ο τύπος αυτός των δισκόφρενων, με σταθερό δίχαλο και ελεύθερα έμβολα, χρησιμοποιείται περισσότερο γιατί δίνει μια γερή κατασκευή και δεν παρουσιάζει ταλαντώσεις.

Σ' ένα δεύτερο τύπο δισκόφρενων το δίχαλο έχει τη δυνατότητα, είτε να ολισθαίνει λίγο μέσα σ' ένα τμήμα συγκράτησης στερεωμένο στο σταθερό άξονα, είτε να στρέφεται κατά μια μικρή γωνία γύρω από ένα πείρο. Το δίχαλο στην περίπτωση

αυτή μπορεί να είναι δύο κομμάτια διατομής O ή να είναι ένα ολόσωμο κομμάτι που έρχεται πάνω από το δίσκο. Το έμβολο εδώ είναι ένα και βρίσκεται στην εσωτερική πλευρά (ως προς το αυτοκίνητο) του δίχαλου, στην άλλη πλευρά το πλινθίο είναι στερεωμένο κατευθείαν στο δίχαλο. Δύναμη ασκείται μόνο από τη μία πλευρά του δίχαλου, εκείνη που έχει το έμβολο αλλά λόγω της δυνατότητας κίνησης του, το δίχαλο προσαρμόζεται και ασκεί, από αντίδραση μια ίση δύναμη και απ' την άλλη πλευρά του δίσκου. Τα ελεύθερα δίχαλα είναι πιο συμμαζεμένα απ' ότι είναι τα σταθερά και τοποθετούνται ευκολότερα στον διαθέσιμο γύρω από το τροχό χώρο. Η χρήση ελεύθερου δίχαλου απλοποιεί την εφαρμογή του χειρόφρενου το οποίο μπορεί να δρα κατευθείαν στα ίδια πλινθία χωρίς να χρειάζεται βοηθητικό δίχαλο. Επειδή τα πλινθία του ποδόφρενου είναι μεγαλύτερα από εκείνα που χρησιμοποιούνται στο βοηθητικό δίχαλο του χειρόφρενου, όταν το χειρόφρενο δρα πάνω στα ίδια πλινθία με το ποδόφρενο, η λειτουργία του γίνεται πιο αποτελεσματική κι έτσι γίνεται δυνατή η ευρύτερη χρήση δισκόφρενων και στους τέσσερις τροχούς. Χρησιμοποιώντας τα ίδια πλινθία για το ποδόφρενο και χειρόφρενο σημαίνει ότι πρέπει να είναι κατάλληλα τόσο για στατική όσο και για δυναμική λειτουργία. Όλα τα δίχαλα έχουν μία οπή για να συνδέεται ένας σωλήνας για την εκκένωση του συστήματος.

Τα Πλινθία (ή Δισκία) Τριβής (Τακούνια). Τα πλινθία τριβής στηρίζονται σε μία πλάκα (βάση) η οποία εδράζεται σε μία κατεργασμένη επιφάνεια του δίχαλου και παραλαμβάνει την αντίδραση της ροπής πέδησης όταν εφαρμόζεται το φρένο. Το υλικό τριβής του πλινθίου χύνεται κατευθείαν στη μεταλλική βάση του και αποτελεί ένα σώμα με αυτήν. Οι μεταλλικές βάσεις έχουν διάφορα σχήματα, αλλά συνηθέστερες είναι εκείνες με παράλληλα άκρα που προσαρμόζονται σε παράλληλες επιφάνειες μέσα στο δίχαλο. Τα πλινθία στερεώνονται κατά την ακτινική κατεύθυνση με δύο πείρους που περνούν σε οπές του σώματος του δίχαλου και συγκρατούν τα πλινθία με ελάσματα ελατηρίου (κλιπς). Σε μερικά δισκόφρενα αντί για πείρους χρησιμοποιούνται διχαλωτές περόνες (κοπίλιες).

Στα δισκόφρενα με σταθερό δίχαλο, τα πλινθία έχουν διάφορα σχήματα κυκλικού τομέα, ορθογώνια, τετράγωνα, οβάλ, κ.ά. Το έμβολο γενικά καλύπτει όσο είναι δυνατό

μεγαλύτερη επιφάνεια του πλινθίου για να αποφεύγεται η στρέβλωση των άκρων του, η οποία προκαλεί σφύριγμα. Η φθορά στα διάφορα σημεία της επιφάνειας τριβής του πλινθίου στην αρχή της χρήσης του μπορεί να μην είναι ομοιόμορφη. Τελικά όμως το πλινθίο φθείρεται σχετικά ομοιόμορφα και το παραγόμενο, ανά μονάδα επιφάνειας του, έργο τριβής, είναι σταθερό. Στα δίχαλα που κινούνται γύρω από ένα πείρο για την εφαρμογή τους, τα πλινθία είναι λοξά (σφηνοειδή) για να εξουδετερώσουν την ανομοιόμορφη φθορά που γίνεται από τη γωνιακή κίνηση του δίχαλου. Η κατεύθυνση της λοξότητας εξαρτάται απ' τη θέση του πείρου περιστροφής του δίχαλου. Τα πλινθία αυτά φθείρονται ανάλογα και φτάνουν να έχουν παντού το ίδιο πάχος όταν έρθει η ώρα της αλλαγής τους.

Σε μερικά δισκόφρενα υπάρχει μέσα στο σώμα του υλικού τριβής ένα ηλεκτρόδιο και όταν η φθορά προχωρήσει, τόσο ώστε το ηλεκτρόδιο να έρθει σε επαφή με το δίσκο, ανάβει μία ένδειξη στον πίνακα οργάνων για να ειδοποιήσει τον οδηγό ότι τα πλινθία των φρένων θέλουν αλλαγή.

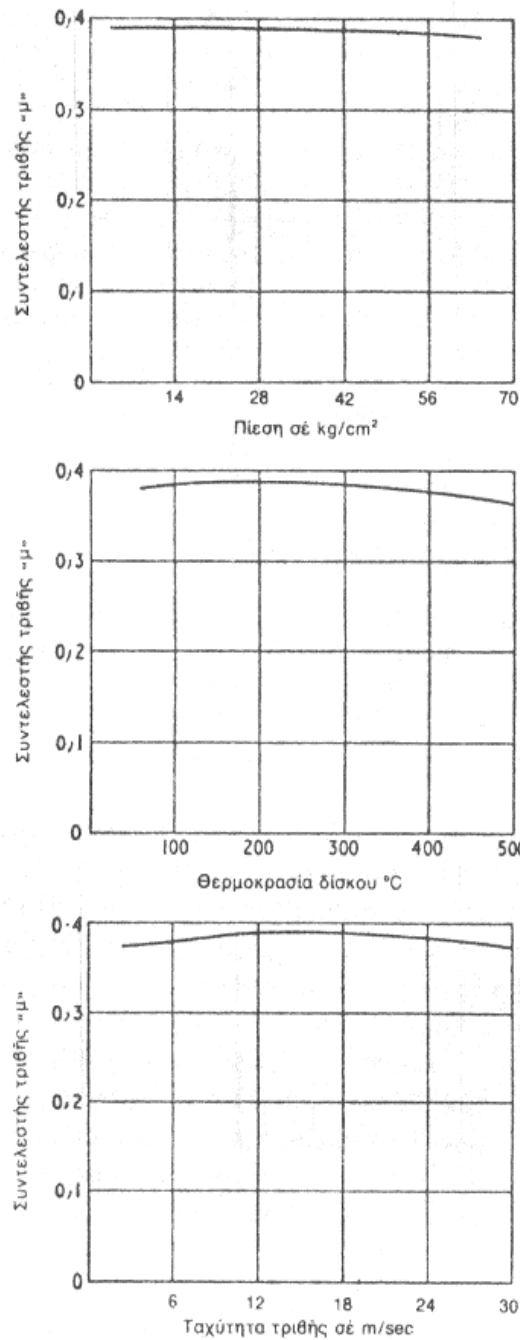
Το υλικό Τριβής. Οι απαιτήσεις απ' το υλικό τριβής των δισκόφρενων είναι βασικά οι ίδιες, που ισχύουν για τα υλικά τριβής των φρένων με τύμπανα, παρά το γεγονός ότι οι συνθήκες λειτουργίας διαφέρουν σημαντικά. Η επιφάνεια τριβής στους δίσκους είναι μικρή συγκρινόμενη με τα τύμπανα και κατ' αναλογία το πλινθίο υφίσταται πολύ μεγαλύτερες πιέσεις απ' ότι υφίσταται η σιαγόνα για να γίνει η ίδια επιβράδυνση. Για παράδειγμα αναφέρεται πως για να δοθεί επιβράδυνση 0,2 g σ' ένα όχημα με τύμπανα, φτάνει πίεση 2 περίπου Kg/cm^2 πάνω στις σιαγόνες, ενώ αν είχε δίσκους θα χρειαζόταν πίεση 10 Kg/cm^2 . Σε περιπτώσεις ισχυρής πέδησης είναι δυνατό να εμφανιστούν πιέσεις της τάξης των 40 Kg/cm^2 . Οι δίσκοι επιπλέον λειτουργούν σε υψηλότερες θερμοκρασίες απ' ότι τα τύμπανα. Το υλικό επομένως των πλινθίων πρέπει να έχει συντελεστή τριβής σταθερό μέσα σε ευρύτερα όρια θερμοκρασίας και πίεσης, απ' ότι έχουν τα υλικά τριβής των σιαγόνων. Πρέπει επιπλέον να διαρκούν αρκετό χρονικό διάστημα και να μην χαράζουν το δίσκο.

Το υλικό τριβής των πλινθίων κατασκευάζεται κατά τον ίδιο τρόπο όπως τα διαμορφωμένα με θέρμανση και πίεση υλικά τριβής των σιαγόνων. Κι εδώ

χρησιμοποιείται αμίαντος και οργανικά συνδετικά υλικά που διαμορφώνονται σε υψηλή θερμοκρασία και πίεση μέσα σε καλούπι. Η κατασκευή κατάλληλων υλικών τριβής από αμίαντο και ρητίνες έγινε δυνατή με τη χρήση περισσότερων τύπων πολυμερών, απ' ό,τι για τις επενδύσεις των σιαγόνων και τούτο γιατί στις σιαγόνες χρειάζεται μεγαλύτερη ευκαμψία του υλικού, που δεν απαιτείται για τα πλινθία..

Τα πλινθία (τακούνια) γενικά έχουν τη δυνατότητα να υφίστανται μεγαλύτερες πιέσεις και θερμοκρασίες απ' ό,τι οι επενδύσεις των σιαγόνων, χωρίς να εξασθενεί η λειτουργία των φρένων ή να υφίστανται μεγάλη φθορά. Το σχήμα 19 παρουσιάζει τις καμπύλες λειτουργίας πλινθίων τριβής με καλά χαρακτηριστικά λειτουργίας. Τα αποτελέσματα έχουν προκύψει από δοκιμές με δυναμόμετρο. Το πρώτο διάγραμμα δείχνει ότι ο συντελεστής τριβής, μ , μειώνεται ελάχιστα στις πολύ υψηλές πιέσεις. Η μείωση του είναι τόσο μικρή ώστε για όλες τις πρακτικές περιπτώσεις να μπορεί να θεωρηθεί ανεξάρτητος του φορτίου. Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων αυτών η θερμοκρασία κρατήθηκε σταθερή γύρω από τους 100 °C. Το δεύτερο διάγραμμα δείχνει τη μεταβολή του συντελεστή τριβής, μ , σε σχέση με τη θερμοκρασία. Όπως φαίνεται, ο συντελεστής είναι αισθητά σταθερός και μόνο μία μικρή μείωση εμφανίζεται στους 500 °C. Το τρίτο διάγραμμα εμφανίζει τη μεταβολή του συντελεστή μ σε σχέση με την ταχύτητα τριβής μεταξύ του δίσκου και του πλινθίου με θερμοκρασία 100 °C. Ομοίως κι εδώ, όπως φαίνεται, ο συντελεστής μένει αισθητά σταθερός. Γενικά τα υλικά τριβής των πλινθίων έχουν πιο σταθερά χαρακτηριστικά από τα υλικά τριβής των σιαγόνων. Οι μεγαλύτερες πιέσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν επιτρέπουν καλύτερη επαφή μεταξύ πλινθίου και δίσκου και αποκλείουν την εμφάνιση υπέρθερμων σημείων και ρωγμών στο δίσκο. Το σκληρότερο υλικό τριβής επιτρέπει μεγαλύτερη αντίσταση στη φθορά στις υψηλές θερμοκρασίες.

(σχήμα 19) καμπύλες λειτουργίας πλινθίων τριβής



Ως υλικά τριβής έχουν χρησιμοποιηθεί και μέταλλα διαμορφωμένα με συσσωμάτωση σκόνης σε υψηλή θερμοκρασία και πίεση. Τα υλικά αυτά έχουν πολύ καλά χαρακτηριστικά αντοχής στη φθορά σε υψηλή θερμοκρασία, παρουσιάζουν όμως μικρή αντοχή στη φθορά σε χαμηλές θερμοκρασίες γιατί τρίβονται πιο εύκολα. Η αυξημένη θερμική αγωγιμότητα των υλικών αυτών σημαίνει ότι το έμβολο θερμαίνεται

ταχύτερα και αν δεν παρεμβληθεί κάποιο μονωτικό υλικό, υπάρχει κίνδυνος εξάτμισης του υγρού των φρένων. Για τους λόγους αυτούς η πρόοδος των μεταλλικών υλικών τριβής είναι μάλλον μικρή.

Τα πλινθία πρέπει να είναι ισχυρότερα απ' τις επενδύσεις των σιαγόνων γιατί έχουν να αντιμετωπίσουν μεγαλύτερη επαπτομενική δύναμη στις επιφάνειες τριβής. Η παραμόρφωσή τους σε θλίψη, η θερμική τους διαστολή, η διόγκωση και η συστολή τους, πρέπει να είναι το δυνατόν ελάχιστες και να μην εμφανίζεται αποκόλληση του υλικού τριβής από τη μεταλλική του βάση. Όλα αυτά απαιτούνται για να μειωθεί στο ελάχιστο η νεκρή διαδρομή και ο μηχανισμός ρύθμισης της φθοράς να λειτουργεί σε όσο το δυνατό μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα.

Η εισαγωγή των δισκόφρενων στα αυτοκίνητα δημιούργησε νέα προβλήματα στους κατασκευαστές υλικών τριβής. Οπωσδήποτε μεγάλη πρόοδος έχει γίνει και έχουν κατασκευαστεί υλικά που διατηρούν τις ιδιότητές τους σε πολύ ευρύτερα όρια θερμοκρασίας και πίεσης, απ' ό,τι τα υλικά επένδυσης των σιαγόνων. Έτσι τα δισκόφρενα παρουσιάζουν καλύτερες προοπτικές για το μέλλον καθώς οι απαιτήσεις από τα φρένα αυξάνουν από χρόνο σε χρόνο.

Πολλές φορές τίθεται το ερώτημα: Επί πόσο χρόνο μπορούν να κρατήσουν τα πλινθία; Η απάντηση στο ερώτημα αυτό είναι δύσκολη, γιατί αφενός μεν είναι ζήτημα τύπου και μεγέθους τόσο των φρένων όσο και του αυτοκινήτου και αφετέρου δε των συνηθειών πέδησης του οδηγού.

Μεγάλα και βαριά αυτοκίνητα κάνουν συνήθως 15.000 – 20.000 Km με τα ίδια πλινθία αλλά και μερικά μικρά αυτοκίνητα στα οποία τα πλινθία δεν είναι μεγαλύτερα από ένα γραμματόσημο, φθείρουν πολύ γρήγορα τα φρένα τους. Ένας μέσος οδηγός σε ομαλές συνθήκες κυκλοφορίας πρέπει να αναμένει 25.000 ως 40.000 Km από μια σειρά πλινθία για τα φρένα του. Τα πίσω φρένα είναι συνήθως με τύμπανα και κάνουν πολύ λιγότερη δουλειά από τα εμπρός που είναι με δίσκους. Έτσι οι επενδύσεις των σιαγόνων κρατούν περίπου το διπλάσιο απ' ό,τι τα πλινθία των δισκόφρενων.

Γενικά μπορεί να πει κανείς πως όσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής τριβής, μ , ενός υλικού τόσο μικρότερη είναι η ζωή του. Μερικά υλικά με συντελεστή τριβής γύρω από το 0,30 παρουσιάζουν μεγάλη διάρκεια ζωής ακόμη και σε αυτοκίνητα

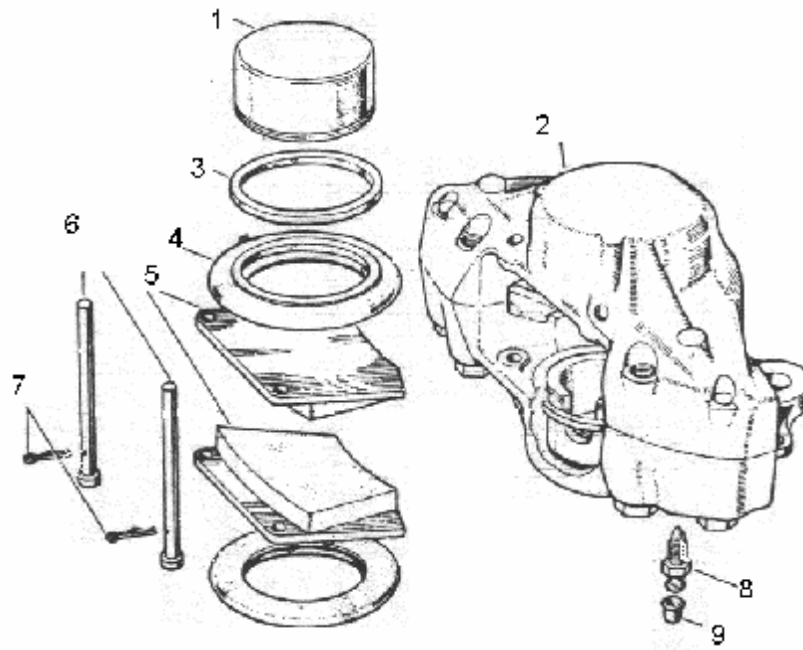
υψηλής απόδοσης. Όταν υπάρχει σερβομηχανισμός καλό είναι να χρησιμοποιούνται τέτοια υλικά.

3.2 ΕΜΠΡΟΣΘΙΑ ΦΡΕΝΑ

Δισκόφρενα με Σταθερό Δίχαλο. Στα σημερινά συστήματα της Lockheed και της Girling για μικρά και μεσαία αυτοκίνητα (σχ. 20, 21) το σώμα του δίχαλου αποτελείται από δύο κομμάτια σαν γέφυρα στερεωμένα το ένα με το άλλο με κοχλίες. Τα χυτά είναι από μαλακό χυτοσίδηρο (μαλεάμπλ) με μεγάλη ελατότητα και αντοχή και αντοχή στην κόπωση. Κάθε κομμάτι του δίχαλου έχει ένα κύλινδρο μέσα στον οποίο κινείται το έμβολο. Ένας αγωγός τρυπημένος μέσα στο σώμα του δίχαλου συνδέει υδραυλικά τους δύο κυλίνδρους. Τα έμβολα είναι από χάλυβα κι έχουν εξωτερικά επένδυση με σκληρό μέταλλο για να αντέχουν στην φθορά και την οξείδωση. Για ν' αποφεύγεται η μεταφορά της θερμότητας στο υδραυλικό υγρό το έμβολο έχει μορφή κυπέλλου και πιέζει το πλινθίο με τα χείλη του. Ο κύλινδρος έχει μία δακτυλιοειδή εγκοπή μέσα στην οποία μπαίνει ένας ελαστικός δακτύλιος στεγανότητας που στεγανοποιεί τη συναρμογή εμβόλου-κυλίνδρου.

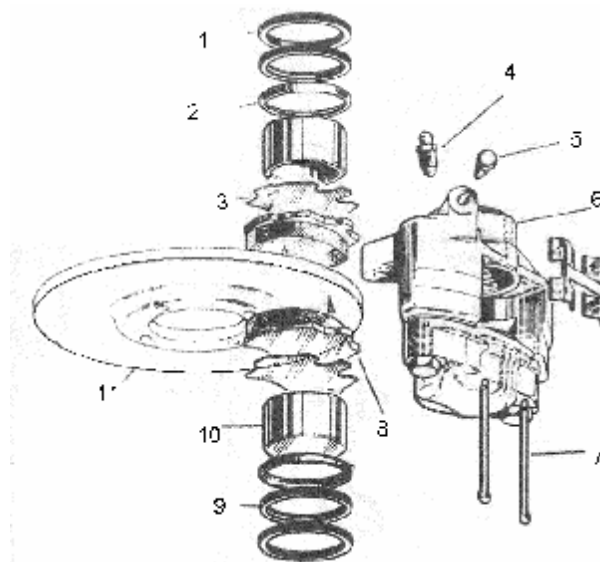
Εκτός απ' τη στεγανοποίηση ο δακτύλιος αυτός εξασφαλίζει και την επιστροφή του εμβόλου στην αρχική του θέση, όταν πάψει να πιέζεται. Όταν το έμβολο κινηθεί προς τα εμπρός, ο δακτύλιος λόγω της συνάφειας του με το έμβολο παραμορφώνεται, ως προς τα εμπρός. Όταν πάψει η δύναμη του υγρού να πιέζει το έμβολο προς τα εμπρός η εσωτερική δύναμη του εσωτερικού δακτυλίου ξαναφέρνει το έμβολο στην αρχική του θέση, κι έτσι υπάρχει ένα ελάχιστο διάκενο μεταξύ πλινθίου και δίσκου. Όταν το πλινθίο φθαρεί η διαδρομή του εμβόλου γίνεται μεγαλύτερη από τη δυνατή παραμόρφωση του δακτυλίου και το έμβολο ολισθαίνει λίγο προς τα έξω και δημιουργεί νέα αρχική θέση. Έτσι γίνεται η αυτόματη ρύθμιση της θέσης των πλινθίων. Ο κύλινδρος και το έμβολο προστατεύονται απ' την υγρασία και τις ακαθαρσίες του δρόμου από ένα λαστιχένιο κάλυμμα (Girling) μ' ένα ελατήριο (Lockheed).

(σχήμα 20) σταθερό δίχαλο



- | | |
|---------------------------|----------------------|
| 1. Έμβολο | |
| 2. Δίχαλο | 7. Ασφάλειες πείρων |
| 3. Στεγανωτικός δακτύλιος | 8. Κοχλίας εξαέρωσης |
| 4. Κάλυμμα σκόνης | 9. Κάλυμμα |
| 5. Πλίνθια | |
| 6. Πείροι | |

(σχήμα 21)

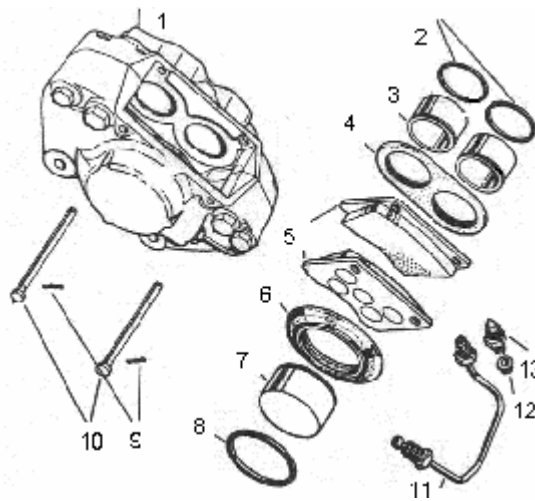


- | | |
|----------------------------|------------------------------|
| 1. Στεγανώτικος δακτύλιος | 7. Διχαλωτή περόνη(κοπίλια) |
| 2. Συγκρατητικός δακτύλιος | 8. Πλινθία |
| 3. Διαχωριστήρας | 9. Δακτύλιος καθαριότητας |
| 4. Κοχλίας εξαερισμού | 10. Έμβολο |
| 5. Πώμα | 11. Δίσκος |
| 6. Δίχαλο | |

Τα πλινθία κρατιούνται στη θέση τους μέσα στο δίχαλο, στα φρένα Girling, με πείρους οι οποίοι περνούν από οπές στο σώμα του δίχαλου και της βάσης του πλινθίου, και στα φρένα Lockheed με διχαλωτές περόνες (κοπίλιες) οι οποίες περνούν σε οπές του σώματος του δίχαλου και τα κρατούν με ελατήρια συγκράτησης που εδράζονται στις γωνίες των πλινθίων. Σε πολλά έμβολα Lockheed υπάρχει μία εγκοπή στα χείλη τους, και η επίπεδη προεξοχή στο εμπρός μέρος του εμβόλου, καταλαμβάνει τη μισή βάση του πλινθίου κοντά στο πίσω, ως προς την έννοια της κίνησης του δίσκου, μέρος της.

Η Girling κατασκευάζει ένα δίχαλο βαρέως τύπου, το 16.3P (σχ 22), το οποίο έχει δύο έμβολα στην εξωτερική πλευρά του δίσκου κι ένα έμβολο αντίστοιχης επιφάνειας στην εσωτερική. Το δίχαλο αυτό είναι λιγότερο ογκώδες από το προηγούμενο και τακτοποιείται ευκολότερα στο συνήθως, στενό χώρο στην εξωτερική πλευρά του δίσκου. Οι κύλινδροι είναι υδραυλικά συνδεδεμένοι μ' ένα εξωτερικό σωληνάκι και η ρύθμιση των πλινθίων γίνεται με τον ίδιο τρόπο όπως στα προηγούμενα.

(σχήμα 22)δίχαλο βαρέως τύπου

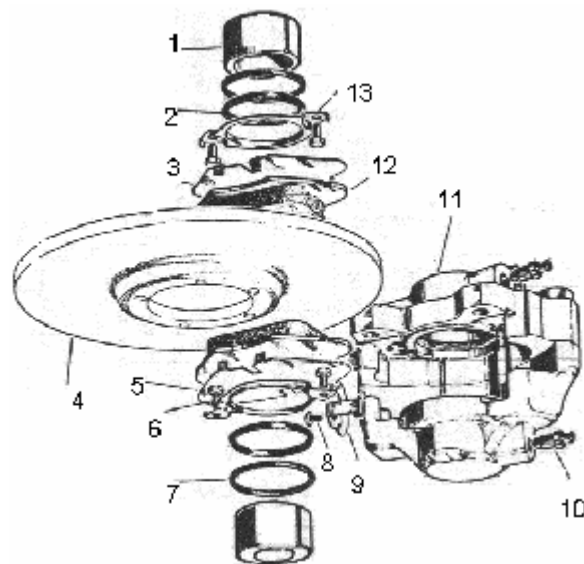


- | | |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| 1. Δίχαλο | 8. Εσωτερικό στεγανωτικό δακτυλίδι |
| 2. Εξωτερικά στεγανωτικά δακτυλίδια | 9. Ασφάλειες |
| 3. Εξωτερικά έμβολα | 10. Πείροι |
| 4. Κάλυμμα σκόνης | 11. Συνδετικός σωλήνας |
| 5. Πλινθία | 12. Κοχλίας εξαέρωσης |
| 6. Εσωτερικό κάλυμμα | 13. Κάλυμμα κοχλία |
| 7. Εσωτερικό έμβολο | |

Το δίχαλο βαρέως τύπου της Lockheed αποτελείται από δύο κομμάτια στερεωμένα με κοχλίες το ένα με το άλλο, που σχηματίζουν το δίχαλο που εδράζεται πάνω στο δίσκο. Το δίχαλο αυτό (σχ 23) διαφέρει από το προηγούμενο ελαφρότερο της Lockheed, στο ότι έχει ένα μεταλλικό δακτύλιο που συγκρατείται με κοχλίες στο σώμα

του δίχαλου και σφραγίζει τη συναρμογή εμβόλου-κυλίνδρου κρατώντας το έμβολο καθαρό. Το έμβολο έχει στα χείλη του μία επίπεδη προεξοχή σε σχήμα C, η οποία πιάνει πάνω στο μισό της βάσης του πλινθίου προς το πίσω μέρος. Η ρύθμιση των πλινθίων γίνεται με το στεγανωτικό δακτύλιο του εμβόλου. Σε παλαιότερες κατασκευές υπήρχε ένα ειδικό σύστημα έλξης του εμβόλου προς τα πίσω, που λειτουργούσε κατά τον ίδιο τρόπο όπως αυτό της Α.Τ.Ε. που θα περιγράψουμε παρακάτω.

(σχήμα 23)



- | | |
|--------------------------|------------------------|
| 1. Έμβολο | 8. Κοχλίας |
| 2. Δακτυλίδι καθαρισμού | 9. Ασφάλεια πλινθίου |
| 3. Διαχωριστήρας | 10. Κοχλίας εξαερισμού |
| 4. Δίσκος | 11. Δίχαλο |
| 5. Διαχωριστήρας | 12. Πλινθίο |
| 6. Κοχλίας | 13. Ασφάλεια |
| 7. Στεγανωτικό δακτυλίδι | |

Δισκόφρενα με τέσσερα έμβολα έχουν χρησιμοποιηθεί σ' αυτοκίνητα με δύο ανεξάρτητα συστήματα φρένων. Η λειτουργία τους είναι ίδια με τα προηγούμενα με μόνη τη διαφορά ότι κάθε ζεύγος αντικριστών εμβόλων έχει τελείως ανεξάρτητη

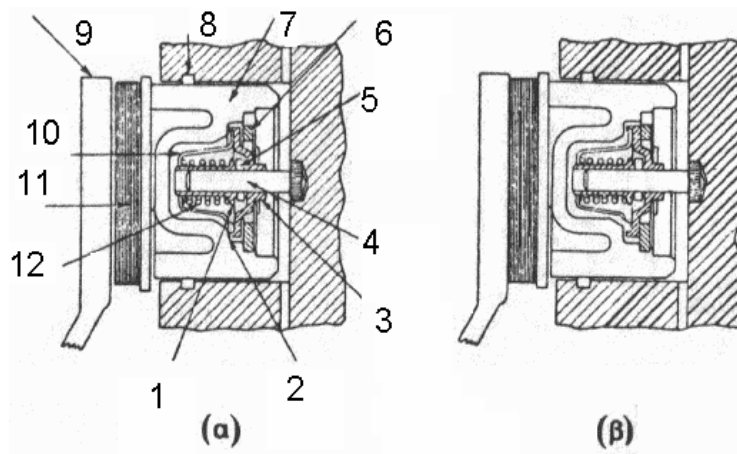
σωλήνωση παροχής υγρού σε τρόπο ώστε αν ένα απ' τα δύο συστήματα αστοχήσει, λειτουργεί ανεξάρτητα το άλλο, με μειωμένη βέβαια κατά το ήμισυ τη ροπή πέδησης που θα είχε αν λειτουργούσαν κανονικά και τα δύο συστήματα.

Στα δισκόφρενα με σταθερό δίσκο της Α.Τ.Ε., το δίσκο αποτελείται από δύο κομμάτια στερεωμένα μεταξύ τους με κοχλίες. Η συναρμογή εμβόλου – κυλίνδρου στεγανοποιείται με ελαστικό στεγανωτικό δακτύλιο, που μπαίνει σε δακτυλιοειδή εγκοπή στον κύλινδρο. Το έμβολο και ο κύλινδρος προστατεύονται από τις ακαθαρσίες του δρόμου μ' ένα λαστιχένιο κάλυμμα που πιάνει σε μία προεξοχή του εμβόλου και κρατιέται στη θέση του μ' ένα δακτυλίδι με ελατήριο. Τα πλινθία είναι ορθογωνικής μορφής καθώς και οι βάσεις τους και συγκρατούνται στη θέση τους μέσα στο δίσκο με πείρους που περνούν από οπές που έχουν οι βάσεις τους. Επιπλέον, υπάρχει ένα ελατήριο που συγκρατείται από τους πείρους, πιέζει τα πλινθία και εμποδίζει κάθε περιττή κίνησή τους. Το τμήμα του ελατηρίου που είναι πάνω από το δίσκο είναι κατά 2 χιλιοστά πλατύτερο από το δίσκο. Αυτό επιτρέπει το γρήγορο έλεγχο του πάχους του πλινθίου, αν περάσει ένα παχυμετρικό έλασμα ανάμεσα στη βάση του πλινθίου και στο ελατήριο. Το ελατήριο επίσης δεν επιτρέπει στο πλινθίο να φθαρεί μέχρι να μείνει λιγότερο από ένα χιλιοστό πάχος υλικού τριβής κι έτσι προστατεύει το δίσκο από τις φθορές που θα πάθει αν έρθει σ' επαφή με τη μεταλλική βάση του πλινθίου. Οι δύο κύλινδροι του δίσκου συγκοινωνούν εσωτερικά με σωληνίσκο μέσα στο σώμα του δίσκου. Και εδώ υπάρχει μία εγκοπή στα χείλη του εμβόλου και το επίπεδο μέρος του χείλους, που μοιάζει με το γράμμα C και ακουμπά στο μισό της επιφάνειας της βάσης προς το πίσω μέρος της. Η επαναφορά του εμβόλου στη θέση της ηρεμίας του γίνεται με την ελαστικότητα του στεγανωτικού όπως και η αυτόματη ρύθμιση του διάκενου.

Μερικά φρένα της Α.Τ.Ε., έχουν ένα ειδικό σύστημα επαναφοράς του εμβόλου το οποίο εξουδετερώνει και τυχόν στρέβλωση του δίσκου (σχ24). Ο μηχανισμός αυτός βρίσκεται μέσα σε κάθε έμβολο και αποτελείται από έναν πείρο που είναι στερεωμένος στο κέντρο του επίπεδου μέρους του κυλίνδρου. Ο πείρος έχει ένα δακτυλίδι τριβής που βρίσκεται σ' επαφή μ' ένα χιτώνιο. Το χιτώνιο έχει γύρω του ένα ελατήριο, που το άλλο άκρο του πιάνει σ' ένα κυάθιο, εσωτερικά απ' το οποίο το χιτώνιο μπορεί να ολισθήσει πάνω στον πείρο. Το κυάθιο με το πλατύ άκρο του ακουμπά σε μία πλάκα που πιάνει σε μία πατούρα στο έμβολο. Και αυτή η πλάκα μπορεί να κινηθεί πάνω στον

πείρο. Στη θέση ηρεμίας του εμβόλου υπάρχει ένα αξονικό διάκενο ανάμεσα στην πλάκα και στον ανασταλτικό παράκυκλο που είναι συνδεδεμένος με το εσωτερικό του εμβόλου. Όταν το έμβολο πιεστεί προς τα εμπρός πρέπει να καλύψει την απόσταση πλινθίου-δίσκου. Το διάκενο μεταξύ ανασταλτικού παράκυκλου και της πλάκας, είναι ίσο ή μεγαλύτερο από τη διαδρομή του πλινθίου κι έτσι δεν εμποδίζεται το έμβολο στην κανονική του κίνηση. Όταν το έμβολο ελευθερωθεί η ελαστικότητα του στεγανωτικού δακτυλίου το ξαναφέρει πίσω στην αρχική του θέση και η ελάχιστη κίνηση του δίσκου στέλνει το πλινθίο πίσω κοντά στο έμβολο. Αν η φθορά του πλινθίου γίνει τόση ώστε η διαδρομή του να γίνει μεγαλύτερη απ' το διάκενο μεταξύ του ανασταλτικού παράκυκλου και της πλάκας, το δακτυλίδι τριβής προχωρεί σε μία νέα αρχική θέση, εκεί που το πλινθίο έρχεται σ' επαφή με το δίσκο. Όταν το έμβολο ελευθερωθεί, ο στεγανωτικός δακτύλιος το φέρνει πίσω αλλά το χιτώνιο με το ελατήριο κάθεται στο δακτυλίδι τριβής. Έτσι, η προς τα πίσω κίνηση του εμβόλου περιορίζεται στο κανονικό διάκενο μεταξύ δίσκου και πλινθίου. Όσο φθείρεται το πλινθίο, το έμβολο προχωρεί σταδιακά, αλλά πάντοτε τόσο ώστε το διάκενο δίσκου-πλινθίου να είναι κανονικό.

(σχήμα 24) σύστημα επαναφοράς δίχαλου



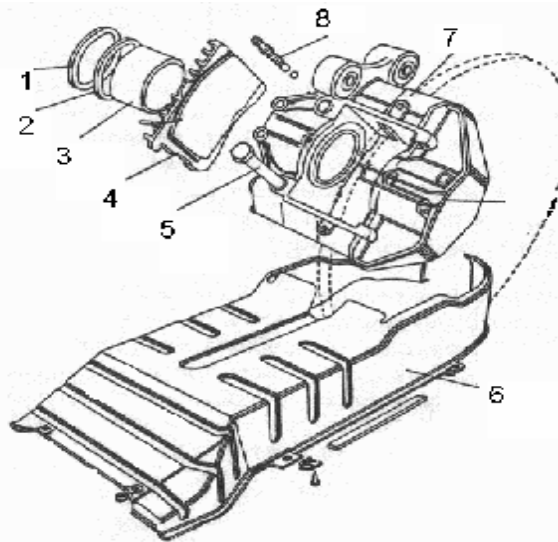
- | | |
|----------------------------|---------------------------|
| 1. Χιτώνιο | 7. Έμβολο |
| 2. Πατούρα εμβόλου | 8. Στεγανωτικός δακτύλιος |
| 3. Πλάκα | 9. Δίσκος |
| 4. Αξονικός πείρος | 10. Κυάθιο ελατηρίου |
| 5. Δακτύλιος τριβής | 11. Πλίνθιο |
| 6. Παράκυκλος ανασταλτικός | 12. Ελατήριο |

Αν ο δίσκος περιστρέφεται ανώμαλα περισσότερο από το διάκενο δίσκου-πλινθίου, το έμβολο πιέζεται προς τα πίσω, η πατούρα του έρχεται σ' επαφή με την πλάκα και το κυάθιο πιέζει το ελατήριο πάνω στο χιτώνιο. Η δύναμη του ελατηρίου δεν είναι αρκετή να κάνει το δακτυλίδι τριβής να υποχωρήσει κι έτσι δεν χαλάει η ρύθμιση, εκτός βέβαια αν η ανώμαλη περιστροφή του δίσκου είναι πολύ μεγάλη. Έτσι το έμβολο με την ενέργεια του ελατηρίου ακολουθεί το δίσκο και το διάκενο είναι πάντα το κανονικό. Σε μερικά δισκόφρενα της Α.Τ.Ε. με τέτοιο μηχανισμό εφοδιάζονται μόνο τα εξωτερικά έμβολα. Έτσι οι αλλαγές στη διαδρομή του πεντάλ του φρένου είναι μικρές όταν οι παραμορφώσεις του δίσκου εμφανίζονται τη στιγμή που παίρνει στροφή το αυτοκίνητο.

Η Teves κατασκευάζει διχάλα με τέσσερα έμβολα που κάθε ζεύγος αντικριστών εμβόλων έχει τη δική του σωλήνωση για τροφοδοσία και εξαέρωση και είναι ιδιαίτερα κατάλληλα για συστήματα φρένων με δύο ανεξάρτητα υδραυλικά κυκλώματα. Το ένα

από τα δίσχαια που τοποθετούνται εσωτερικά στον άξονα μετάδοσης της κίνησης στους εμπρόσθιους τροχούς των αυτοκινήτων Citroen, φαίνεται στο σχήμα 25.

(σχήμα 25)



- | | |
|----------------------------|-------------------------|
| 1. Στεγανωτικός παράκυκλος | 5. Κοχλίας στερέωσης |
| 2. Παράκυκλος κετσέ | 6. Αεραγωγός ψύξης |
| 3. Έμβολο | 7. Δίσχαιο |
| 4. Πλίνθιο | 8. Ακροφύσιο εξαερισμού |

Το σώμα του δίσχαιου είναι κατασκευασμένο από ελαφρό κράμα και είναι στερεωμένο στο χωνί του διαφορικού. Το διάκενο δίσκου-πλινθίου ρυθμίζεται κι εδώ με την ελαστικότητα του στεγανωτικού παράκυκλου. Οι βάσεις των πλινθίων έχουν νευρώσεις στην εξωτερική τους πλευρά και τα πλινθία κρατιούνται στη θέση τους με ελατήριο. Υπάρχει ένας αγωγός που φέρνει αέρα απ' την κίνηση του αυτοκινήτου για την ψύξη των φρένων.

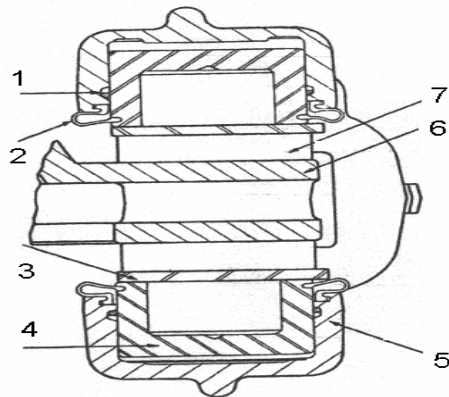
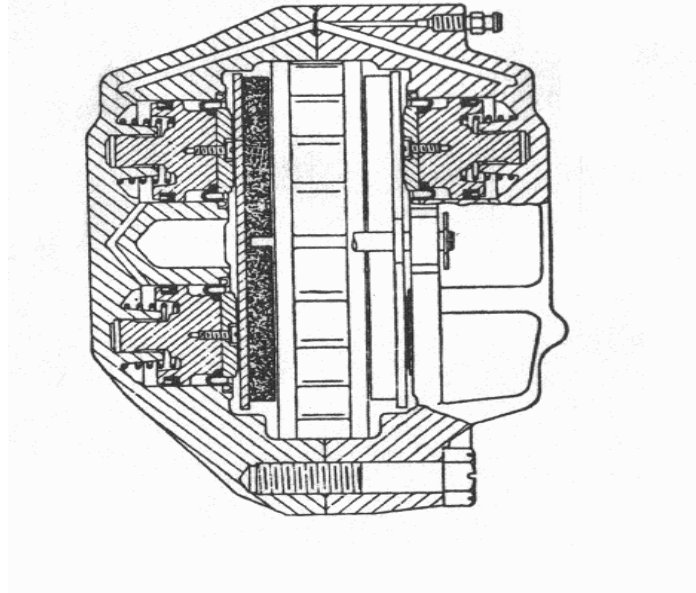
Τα αμερικάνικα αυτοκίνητα λόγω του μεγαλύτερου βάρους τους έχουν βαρύτερους δίσκους απ' ότι έχουν τα ελαφρά ευρωπαϊκά και γενικά οι δίσκοι τους έχουν αγωγούς αέρα, για την αποτελεσματικότερη ψύξη τους. Επειδή χρειάζεται ισχυρότερη δύναμη για πέδηση με ισχυρή επιβράδυνση, τα δίσχαια έχουν τέσσερα έμβολα με διάμετρο όσο μεγάλη επιτρέπει ο χώρος της εγκατάστασής τους, με τέτοιο

τρόπο που η μέση ακτίνα του δίσκου, που δρα η πίεση των πλινθίων, να είναι όσο το δυνατό πιο μεγάλη.

Τυπικό παράδειγμα τέτοιου δίχαλου είναι της Bendix, σειρά E, που αποτελείται από δύο χυτά κομμάτια ενωμένα με τρεις κοχλίες. Με τον τρόπο αυτό η παραμόρφωση του δίχαλου είναι κατά το δυνατόν η ελάχιστη και οι απώλειες διαδρομής του εμβόλου μειώνονται. Όλοι οι κύλινδροι συγκοινωνούν με αγωγούς. Η προς τα πίσω κίνηση του εμβόλου εξασφαλίζεται μ' ένα στεγανωτικό δακτύλιο με δύο χείλη, που βρίσκεται μέσα σε μία εγκοπή εμβόλου. Υπάρχει κι ένα λαστιχένιο κάλυμμα της συνάρτησης εμβόλου – κυλίνδρου για να κρατά σταθερό το έμβολο. Για την κίνηση του εμβόλου προς τα εμπρός, για την κάλυψη της φθοράς του υλικού του πλινθίου, υπάρχει ένα κωνικό ελατήριο μεταξύ του πυθμένα του κυλίνδρου και της κεφαλής του εμβόλου που αντιδρά στη δύναμη τριβής του στεγανωτικού δακτυλίου και κρατά τα πλινθία σε μία ελαφρά επαφή με το δίσκο. Το ελατήριο επίσης αντιδρά στην τάση του εμβόλου να υποχωρήσει από τον κλονισμό του δίσκου.

Τα δίχαλα της Delco – Moraine είναι σε γενικές γραμμές τα ίδια (σχήμα 26), με τη διαφορά ότι εδώ το έμβολο είναι οδηγούμενο και είναι κατασκευασμένο από αλουμίνιο με ανοδική οξείδωση για προστασία από τη σκουριά. Μεταξύ πλινθίου και εμβόλου υπάρχει μία θερμομονωτική πλάκα.

(σχήμα 26) δίχαλα της Delco – Moraine

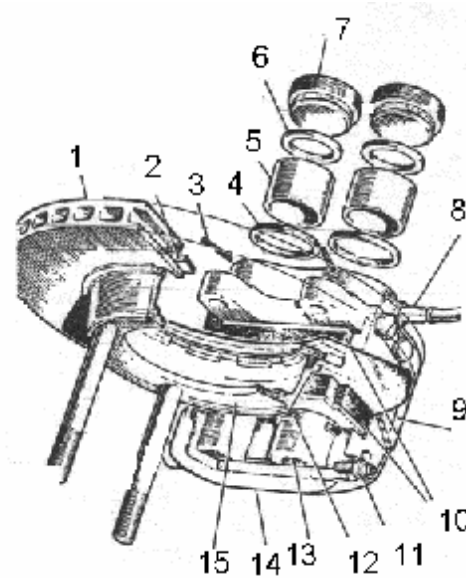


- | | |
|---------------------------|-----------------------|
| 1. Στεγανωτικός δακτύλιος | 5. Δίχαλο |
| 2. Προστατευτικό κάλυμμα | 6. Αεριζόμενος δίσκος |
| 3. Βάση πλινθίου | 7. Πλίνθιο |
| 4. Έμβολο | |

Τα δίχαλα της Kelsey-Hayes αποτελούνται από δύο κομμάτια και τέσσερα. Κάθε έμβολο έχει ένα στεγανωτικό παράκυκλο μέσα σε εγκοπή του κυλίνδρου για τη στεγανότητα και επαναφορά του εμβόλου. Η συναρμογή κυλίνδρου – εμβόλου

καλύπτεται κι εδώ με λαστιχένιο κάλυμμα για προστασία από νερά και σκόνες. Το κάλυμμα τεντώνεται όταν πιέζεται το έμβολο και βοηθά την επαναφορά του.

(σχήμα 27) δίχαλα της Kelsey-Hayes

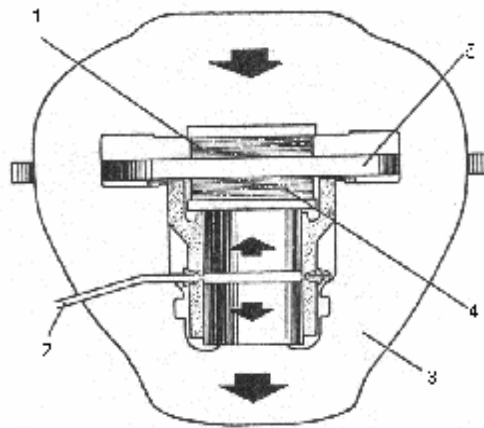


- | | |
|---------------------------|----------------------------|
| 1. Αεριζόμενος δίσκος | 9. Πλάκα |
| 2. Υπομόγλιο | 10. Πλινθία |
| 3. Πείρος | 11. Κοχλίας εξαέρωσης |
| 4. Στεγανωτικός δακτύλιος | 12. Στεγανωτικός δακτύλιος |
| 5. Έμβολο | 13. Έμβολο |
| 6. Παρέμβυσμα πώματος | 14. Δίχαλο |
| 7. Πώμα | 15. Βάση διχάλου |
| 8. Εισαγωγή υγρού | |

Φρένα για Αυτοκίνητα Αγώνων. Δισκόφρενα με σταθερό δίχαλο, με δύο ή περισσότερα έμβολα τοποθετούνται και στα αυτοκίνητα αγώνων. Ένα τέτοιο τυπικό φρένο για αυτοκίνητα Formula 1 φαίνεται στο σχήμα 28. Στο φρένο αυτό υπάρχουν δύο ζεύγη αντίθετων εμβόλων που κινούνται σε κυλίνδρους σ' ένα δίχαλο από ελαφρό κράμα με ανοδική οξείδωση. Η στεγανότητα της συναρμογής εμβόλου – κυλίνδρου

εξασφαλίζεται μ' ένα στεγανωτικό παράκυκλο από νάιλον που βρίσκεται κοντά στα χείλη του κυλίνδρου και ρυθμίζει και την επαναφορά του εμβόλου. Ο δίσκος είναι αεριζόμενος από χυτοσίδηρο και κατά την πέδηση στηρίζεται σε μία τερματική πλάκα βιδωμένη πάνω στο δίχαλο. Η πλάκα αυτή αφαιρείται εύκολα για την αλλαγή των πλινθίων.

(σχήμα 28) φρένο για αυτοκίνητα Formula 1

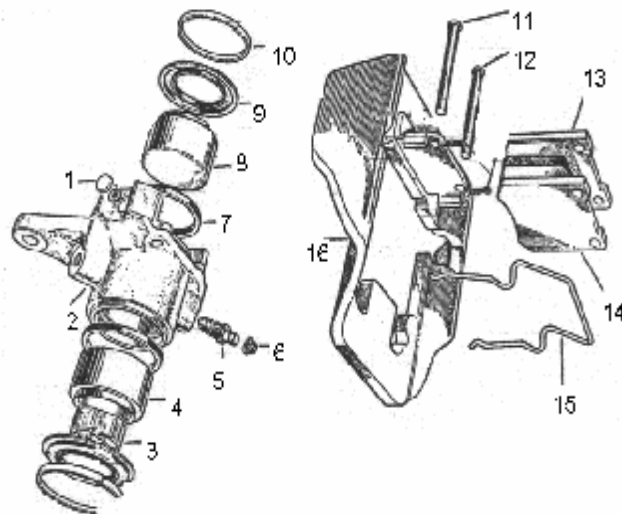


- | | |
|-------------------|------------------|
| 1. Έμμεσο πλινθίο | 4. Άμεσο πλινθίο |
| 2. Εισαγωγή | 5. Δίσκος |
| 3. Ζυγός δίχαλου | |

Δισκόφρενα με Ελεύθερο Δίχαλο. Ένας τύπος δισκόφρενου με ελεύθερο δίχαλο και μ' έναν κύλινδρο, αλλά με δύο έμβολα, φαίνεται στα σχήματα 29 και 30. Είναι ο τύπος A της Girling και λειτουργεί με κάπως διαφορετικό τρόπο από τα περισσότερα δισκόφρενα με ελεύθερο δίχαλο. Στο φρένο αυτό το συγκρότημα του κυλίνδρου είναι σταθερά στερεωμένο στον ακίνητο άξονα. Τα πλινθία τριβής βρίσκονται σ' ένα κινητό κομμάτι, το ζυγό, που κινείται σε εγκοπές του σώματος του κυλίνδρου και περιβάλλει όλο το μηχανισμό του φρένου. Τα πλινθία είναι απ' τις δύο πλευρές του δίσκου και το ένα στηρίζεται στο ένα έμβολο και το άλλο στο ζυγό, ο οποίος είναι σε επαφή με το άλλο έμβολο. Το υγρό υπό πίεση έρχεται ανάμεσα στα έμβολα και όταν ο οδηγός πατήσει το πεντάλ του φρένου η πίεση του υγρού κάνει τα έμβολα ν' απομακρυνθούν το ένα από το άλλο. Το ένα έμβολο πιέζει το ένα πλινθίο κατευθείαν πάνω στο δίσκο,

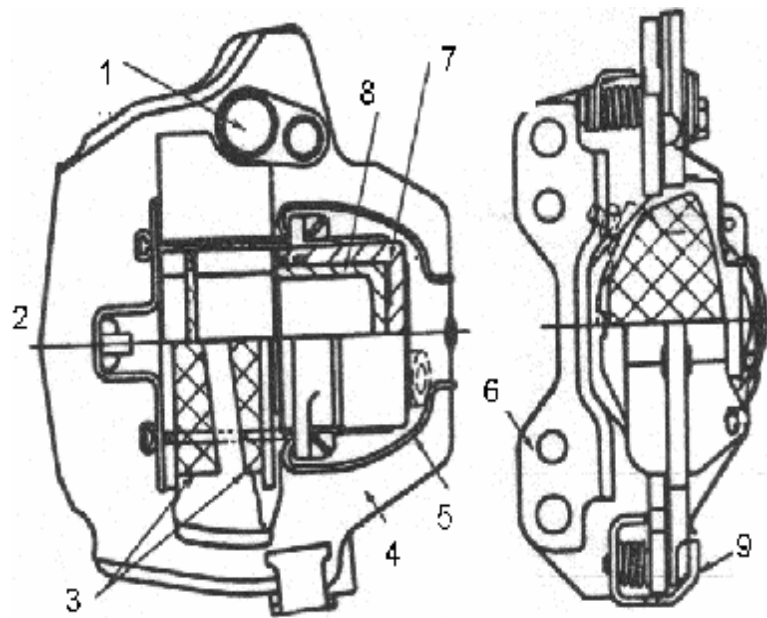
το άλλο με ίση δύναμη, πιέζει το ζυγό όπως δείχνουν τα μεγάλα βέλη και επειδή ο ζυγός είναι ελεύθερος να υποχωρήσει, μεταδίδει δύναμη στο άλλο πλινθίο. Έτσι ο δίσκος βρίσκεται ανάμεσα στα δύο πλινθία που τον συμπιέζουν με ίση δύναμη από κάθε πλευρά του. Για να μην δημιουργούνται ταλαντώσεις στο ζυγό υπάρχει ένα ελατήριο που τον κρατά σταθερά στην προς τα εμπρός θέση του. Για το φρενάρισμα σε κίνηση προς τα πίσω, υπάρχει ένα δαχτυλίδι συμπίεσης κι ένας ολισθητήρας που επιτρέπουν στο ζυγό να στηρίζεται πάντοτε στο σώμα του κυλίνδρου. Ο κύλινδρος βρίσκεται μέσα στο ρεύμα του αέρα της κίνησης και ψύχεται αρκετά ώστε να αποκλείεται εξάτμιση του υγρού.

(σχήμα 29) Δισκόφρενα με Ελεύθερο Δίχαλο



- | | |
|---------------------------|-------------------------------|
| 1. Πώμα | 9. Δακτύλιος σκόνης |
| 2. Σώμα κυλίνδρου | 10. Ελατήριο δακτυλίου σκόνης |
| 3. Λοξό ελατήριο | 11. Πείροι πλινθίων |
| 4. Έμβολο έμμεσο | 12. Ασφάλειες πείρων |
| 5. Κοχλίας εξαερισμού | 13. Έμμεσο πλίνθιο |
| 6. Πώμα κοχλία | 14. Άμεσο πλίνθιο |
| 7. Στεγανωτικός δακτύλιος | 15. Ελατήριο ζυγού |
| 8. Έμβολο άμεσο | 16. Ζυγός διχάλου |

(σχήμα 30)



- | | |
|-----------------------|-------------------------|
| 1. Πείρος περιστροφής | 6. Βάση |
| 2. Ασφάλεια | 7. Υδραυλικός κύλινδρος |
| 3. Πλίνθια | 8. Έμβολο |
| 4. Δίχαλο | 9. Στήριγμα |
| 5. Ελατήριο δίχαλου | |

Το σχήμα 31 παρουσιάζει το δίχαλο μ' έναν κύλινδρο της Lockheed. Αποτελείται από δύο κομμάτια από χαλύβδινο έλασμα διαμορφωμένα με πίεση, που σχηματίζουν ένα Ο κι έναν κύλινδρο τοποθετημένο προς το εσωτερικό μέρος του δίσκου. Το σώμα του κυλίνδρου έχει μία εγκοπή στην οποία μπαίνει το ένα από τα διαμορφωμένα κομμάτια και συγκρατείται μ' ένα ισχυρό ελατήριο. Το δίχαλο στηρίζεται σ' ένα υποστήριγμα σαν γωνία που είναι στερεωμένο γερά πάνω στον άξονα, το μεν ένα άκρο του μ' έναν πείρο περιστροφής, στο δε άλλο άκρο του μ' έναν πείρο μέσω ελατηρίου. Η στήριξη αυτή επιτρέπει κάποιο βαθμό ελευθερίας στο δίχαλο. Το έδρανο του πείρου περιστροφής έχει μία σχισμή για ν' αναλαμβάνει τις διαφορές του πάχους του δίσκου και τις διαστολές του απ' τη θερμοκρασία. Η βάση του εξωτερικού πλινθίου στηρίζεται στο σώμα του δίχαλου, ενώ του εσωτερικού σε μία εγκοπή του στηρίγματος του φρένου. Ένα ελαφρό χαλύβδινο κάλυμμα με πείρους καλύπτει το άνοιγμα του δίχαλου

για να το προστατεύσει από νερά και σκόνες και να κρατά τα πλινθία στη θέση τους. Στην αρχή τα πλινθία είναι σαν σφήνες για να αντιμετωπίσουν την άνιση φθορά που δημιουργείται από τη γωνιακή μετατόπιση του δίχαλου γύρω από τον πείρο περιστροφής. Η επιστροφή του εμβόλου γίνεται με την ελαστικότητα του στεγανωτικού δακτυλίου. Καθώς η φθορά των πλινθίων προχωρεί και η κίνηση του εμβόλου ξεπερνά το όριο ελαστικότητας του στεγανωτικού δακτυλίου, το έμβολο προχωρεί προς τα έξω και παίρνει μια νέα αρχική θέση που εξουδετερώνει τη φθορά. Το δίχαλο με το μονό έμβολο κάνει το σύστημα φρένων των εμπρόσθιων τροχών κατά 15% ελαφρότερο και εμφανίζει και μία κάποια μορφή αυτοσφήνωσης που αυξάνει τη ροπή της πέδησης.

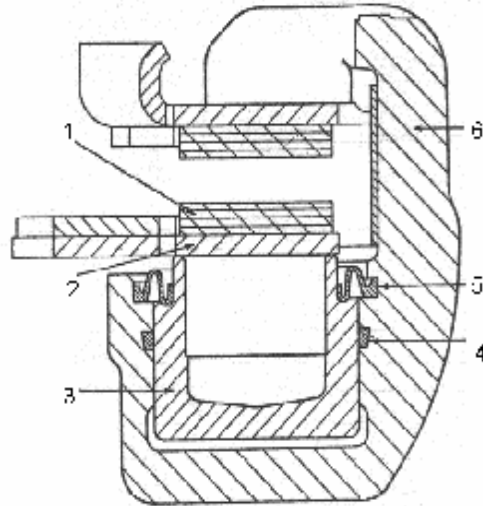
Το σχήμα 32 παρουσιάζει το δισκόφρενο DBA σειρά III. Αποτελείται από μία μεταλλική πλάκα στερεωμένη στην άρθρωση του συστήματος διεύθυνσης, η οποία παίρνει και την αντίδραση της ροπής πέδησης. Το στήριγμα του δίχαλου είναι στερεωμένο στην πλάκα κι έχει εσοχή για το δίχαλο και για ένα έλασμα – ελατήριο που εμποδίζει ακτινική κίνηση του δίχαλου. Στο εσωτερικό του ελεύθερου δίχαλου είναι τοποθετημένος ένας κύλινδρος από ελαφρό μέταλλο. Οι βάσεις των πλινθίων έχουν προεξοχές που κάθονται μέσα σε εσοχές του δίχαλου οι οποίες χρησιμεύουν σαν στήριγμα. Όταν το φρένο τίθεται σε λειτουργία η πίεση του εμβόλου ωθεί το εσωτερικό πλινθίο στο δίσκο. Η αντίδραση του δίσκου στο δίχαλο το κάνει να κινηθεί αξονικά στο στήριγμα του και να φέρει σ' επαφή το άλλο πλινθίο με το δίσκο. Για την επαναφορά του εμβόλου χρησιμοποιείται η ελαστικότητα του στεγανωτικού παράκυκλου, ο οποίος συγχρόνως ρυθμίζει την πρόοδο του εμβόλου για την αντιμετώπιση της φθοράς των πλινθίων.

Η σειρά III έχει υποστεί πολλές βελτιώσεις. Η πρώτη ήταν η χρησιμοποίηση πλινθίων σε σχήμα τομέα. Ακολούθησε η σειρά III AC η οποία χρησιμοποιεί κύλινδρο από ελαφρό μέταλλο και δίχαλο από χυτοσίδηρο. Το σύνθετο αυτό δισκόφρενο είναι πιο στερεό από τη διπλή σειρά III. Ο χυτός κύλινδρος εφαρμόζει ακριβώς στο δίχαλο και κρατιέται στη θέση του μ' ένα πείρο με ελατήριο που περνά στο χυτό του κυλίνδρου και πιάνει σε μία οπή στο δίχαλο.

Σε παλαιότερα φρένα η ρύθμιση των πλινθίων γινόταν μ' ένα δακτυλίδι τριβής

εφαρμοσμένο σ' ένα πείρο ανάμεσα σ' ένα κυάθιο και σε μία πλάκα. Όταν ελευθερωθεί το φρένο το έμβολο επιστρέφει αλλά το κυάθιο μένει σ' επαφή με το δακτυλίδι τριβής. Έτσι το έμβολο κάνει μία πολύ μικρή διαδρομή για να κρατά το κανονικό διάκενο μεταξύ πλινθίου και δίσκου.

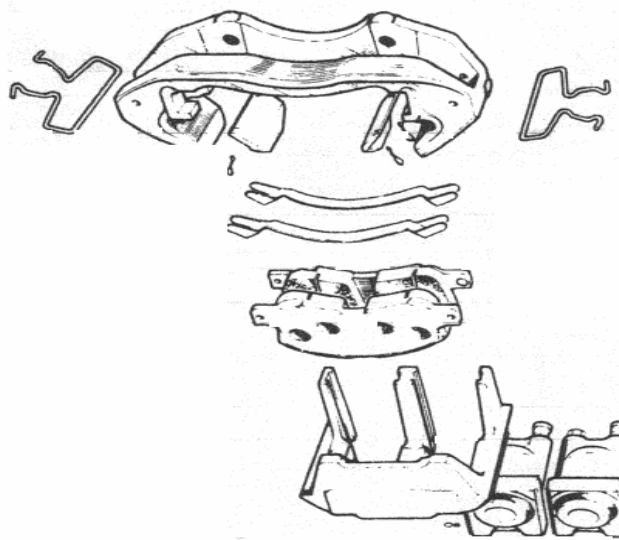
(σχήμα 31) δίχαλο μ' έναν κύλινδρο της Lockheed



- | | |
|------------------|---------------------------|
| 1. Πλίνθιο | 4. Στεγανωτικός δακτύλιος |
| 2. Βάση πλινθίου | 5. Προστατευτικό κάλυμμα |
| 3. Έμβολο | 6. Σώμα διχάλου |

Η τελευταία εξέλιξη στα δισκόφρενα DBA είναι η σειρά III BC που χρησιμοποιούνται σε αυτοκίνητα με διπλό κύκλωμα φρένων. Αποτελούνται από δύο κυλίνδρους τοποθετημένους στο εσωτερικό μέρος του δίχαλου και είναι συνθέτης κατασκευής. Όπως και τα περισσότερα δισκόφρενα με τέσσερις κυλίνδρους έτσι κι εδώ τα πλινθία έχουν μεγαλύτερη συνολική επιφάνεια τριβής κι έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί μεγαλύτερη δύναμη για τη σφήνωση του δίσκου σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας. Γι' αυτό ο τύπος αυτός είναι κατάλληλος για εμπρόσθιους τροχούς.

(σχήμα 32) δισκόφρενο DBA σειρά III

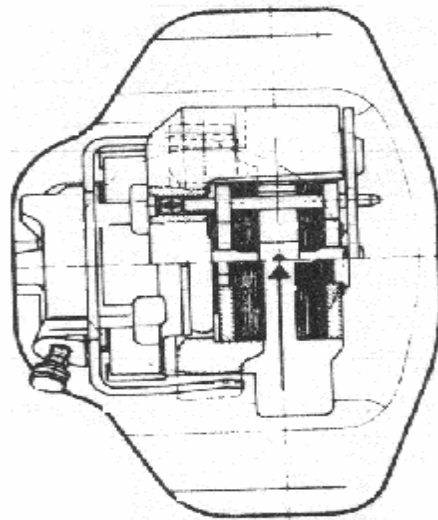


Το σχήμα 34 παρουσιάζει τα δισκόφρενα Teves μ' ένα κύλινδρο. Εδώ το πλαίσιο που κρατά τα πλινθία είναι ολόσωμο με το στήριγμα που στερεώνεται σε μία ειδική θέση στο σύστημα ανάρτησης. Υπάρχει ένας ζυγός από διαμορφωμένο χαλύβδινο φύλλο, ο οποίος ολισθαίνει πάνω στο πλαίσιο και φέρει τον υδραυλικό κύλινδρο. Ο κύλινδρος πιέζει το εσωτερικό πλινθίο προς το δίσκο και η αντίδραση του δίσκου μετακινεί το ζυγό και φέρνει σ' επαφή και το άλλο πλινθίο με το δίσκο.

Ένας άλλος τύπος εμπρόσθιου δισκόφρενου είναι της Kelsey-Hayes, που φαίνεται στο σχήμα 35. Έχει ένα δίχαλο που μπορεί να μετακινηθεί και χρησιμοποιείται με αεριζόμενο δίσκο. Το φρένο αποτελείται από μία πλάκα στερεωμένη στον άξονα του τροχού. Το δίχαλο, ο κύλινδρος και το έμβολο, είναι στερεωμένα στην πλάκα με πείρους, οι οποίοι είναι βιδωμένοι στο δίχαλο και περνούν σε οπές της πλάκας. Όταν εφαρμοστεί το φρένο, το εσωτερικό πλινθίο έρχεται σ' επαφή με το δίσκο. Στο άκρο των πείρων του δίχαλου υπάρχει ένα λαστιχένιο χιτώνιο, το οποίο με την ελαστικότητά του επιτρέπει στο δίχαλο να μετακινηθεί και να φέρει σ' επαφή τα πλινθία με το δίσκο και επιπλέον προφυλάσσει τους πείρους από τα χέρια και τις σκόνες του δρόμου. Όταν ελευθερωθεί το φρένο τα χιτώνια των πείρων με την ελαστικότητά τους, βοηθούν το δίχαλο να γυρίσει στην αρχική του θέση και να

απομακρυνθεί το εξωτερικό πλινθίο από το δίσκο. Μεταξύ του δίχαλου και της πλάκας υπάρχει ένα έλασμα στερεωμένο με την κεφαλή των πείρων στο δίχαλο και μ' έναν ειδικό κοχλία στην πλάκα που χρησιμεύει σαν σταθεροποιητής και σαν σύνδεσμος, και περιορίζει την κίνηση του δίχαλου στα μεγάλα φορτία. Υπάρχουν και πρόσθετα ελατήρια που εμποδίζουν το δίχαλο να κάνει θόρυβο.

(σχήμα 34) δισκόφρενα Teves μ' ένα κύλινδρο

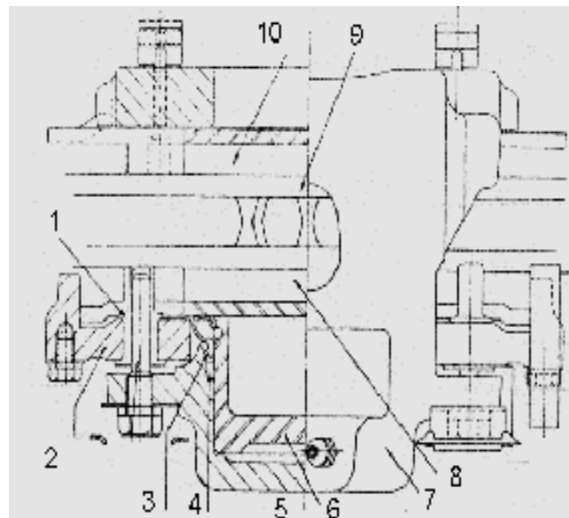


Η επαναφορά του εμβόλου και η ρύθμιση του διάκενου δίσκου-πλινθίου γίνεται με την ελαστικότητα του στεγανωτικού παράκυκλου. Όταν ελευθερωθεί το φρένο, το δίχαλο γυρίζει στην αρχική του θέση με την ενέργεια των σταθεροποιητικών ελατηρίων του. Για την προστασία του εμβόλου και του κυλίνδρου από τα νερά και τις σκόρες του δρόμου, υπάρχει ένα προστατευτικό κάλυμμα από ελαστικό. Ο στεγανωτικός παράκυκλος είναι όμοιος με εκείνους που χρησιμοποιούνται στα έμβολα των σταθερών δίχαλων.

Τα δισκόφρενα Bendix, σειρά K, έχουν κινητό δίχαλο και είναι κατάλληλα για εμπρόσθιους και οπίσθιους τροχούς. Το φρένο αποτελείται από μια πλάκα στερεωμένη στον άξονα του τροχού ή στην φλάντζα του οπίσθιου άξονα (του διαφορικού) και από ένα κινητό δίχαλο μ' ένα μόνο κύλινδρο στο εσωτερικό μέρος του δίσκου. Το δίχαλο έχει σχήμα U. Δύο πείροι, βιδωμένοι στην εσωτερική τους πλευρά, συνδέουν τα δύο

σκέλη του U και είναι ελεύθεροι να ολισθαίνουν μέσα σε οπές της πλάκας. Όταν εφαρμοστεί το φρένο, το εσωτερικό πλινθίο πιέζει το δίσκο και η αντίδραση του δίσκου προκαλεί ελαφρά μετακίνηση του δίχαλου και φέρνει και το άλλο πλινθίο σ' επαφή με το δίσκο. Για τον περιορισμό της ακτινικής κίνησης των πλινθίων υπάρχουν ειδικά ελατήρια.

(σχήμα 35) τύπος εμπρόσθιου δισκόφρενου της Kelsey-Hayes



- | | |
|---------------------------|---------------------|
| 1. Χιτώνιο | 6. Έμβολο |
| 2. Πλάκα αγκύρωσης | 7. Σώμα δίχαλου |
| 3. Κάλυμμα | 8. Κινητό πλινθίο |
| 4. Στεγανωτικός δακτύλιος | 9. Δίσκος |
| 5. Ασφάλεια | 10. Σταθερό πλινθίο |

Η Delco-Moraine έχει ένα δισκόφρενο με κινητό δίχαλο, στο οποίο τα πλινθία πιέζουν έναν αεριζόμενο δίσκο. Στα άκρα του δίχαλου είναι ανοιγμένες οπές και στις εσωτερικές οπές είναι περασμένα χιτώνια. Ειδικοί πείροι περνούν τα χιτώνια, βιδώνοντας στην πλάκα, περνούν στις εξωτερικές οπές και συγκρατούν το δίχαλο στη θέση του. Το δίχαλο μπορεί έτσι να ολισθαίνει πάνω στα χιτώνια των εσωτερικών οπών και στους πείρους των εξωτερικών. Το φρένο λειτουργεί όπως τα δύο προηγούμενα αμερικάνικα φρένα.

3.3 ΟΠΙΣΘΙΑ ΦΡΕΝΑ

Δισκόφρενα με Σταθερό Δίχαλο. Σύμφωνα με τις απαιτήσεις των κανονισμών διαφόρων χωρών, το χειρόφρενο πρέπει να εργάζεται ανεξάρτητα από το ποδόφρενο με μηχανικό σύστημα μετάδοσης της κίνησης. Με τα δισκόφρενα σταθερού δίχαλου δεν είναι εύκολο να ενεργοποιηθούν κατευθείαν τα πλινθία του ποδόφρενου μ' ένα απλό σύστημα κινηματικής αλυσίδας και γι' αυτό χρησιμοποιείται βοηθητικό δίχαλο, συνδεδεμένο με το κύριο δίχαλο. Το κύριο δίχαλο είναι όμοιο με εκείνο των εμπρόσθιων τροχών.

Ένα τυπικό δισκόφρενο είναι της Girling για οπίσθιους τροχούς με χωριστό δίχαλο για το χειρόφρενο. Δύο μοχλοί σαν σιαγόνες αρθρώνονται πάνω στο κύριο δίχαλο και ο καθένας απ' αυτούς έχει ένα πλινθίο, που ανάμεσα τους περνά ο δίσκος. Μια συνδετική ράβδος συνδέει τα άκρα των δύο μοχλών. Υπάρχει ένας μοχλός χειρισμού στερεωμένος στη μία σιαγόνα, ο οποίος όταν τραβηχτεί φέρνει το πλινθίο της σιαγόνας που έχει το μοχλό σ' επαφή με το δίσκο και η αντίδρασή του φέρνει και το άλλο πλινθίο σ' επαφή με το δίσκο. Ένας άλλος τύπος της Girling λειτουργεί κατά τον ίδιο τρόπο, εκτός του ότι έχει αυτόματο σύστημα ρύθμισης του διάκενου μεταξύ δίσκου και πλινθίων. Υπάρχει ένα ρυθμιστικό περικόχλιο, που στρέφεται κατά ένα δόντι μ' ένα ελατήριο, όταν ο μοχλός λειτουργίας κινηθεί σ' ένα προκαθορισμένο διάστημα.

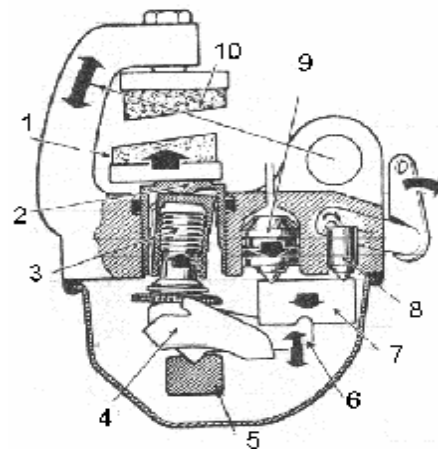
Στα δισκόφρενα της A.T.E. με αντίθετα έμβολα, η κινηματική αλυσίδα του χειρόφρενου καταλήγει μέσα στον εσωτερικό κύλινδρο, περνώντας από μία στεγανοποιημένη οπή και αναγκάζει το εσωτερικό έμβολο, που έχει ρυθμιστικό μηχανισμό, να έρθει σ' επαφή με το δίσκο. Δεν υπάρχει σύστημα άμεσης ενεργοποίησης του εξωτερικού πλινθίου αλλά η αντίδραση του δίσκου και η ελαστικότητα του δίχαλου και του δίσκου, φέρνουν σ' επαφή και το άλλο πλινθίο. Το εξωτερικό πλινθίο φέρνει ένα μηχανισμό που απαγορεύει το έμβολο να υποχωρήσει περισσότερο από το προκαθορισμένο διάκενο μεταξύ δίσκου και πλινθίου, αλλά του επιτρέπει να προχωρήσει για να εξουδετερώνει τη φθορά του πλινθίου σε τρόπο ώστε και τα δύο πλινθία να έρχονται σ' επαφή με το δίσκο όταν εφαρμόζεται το χειρόφρενο.

Στα δισκόφρενα που η Citroen εγκαθιστά στα μεγάλα αυτοκίνητά της, το χειρόφρενο αποτελείται από ένα ζεύγος βοηθητικά δίχαλα, στερεωμένα στο κέλυφος του συμπλέκτη. Κάθε δίχαλο ενεργοποιεί δύο μικρά πλινθία πάνω σ' ένα δίσκο στερεωμένο στους άξονες μετάδοσης της κίνησης. Στα μικρότερα αυτοκίνητα της Citroen χρησιμοποιείται πάλι ένα δίχαλο αλλά, αντίθετα απ' ότι συμβαίνει στα μεγάλα αυτοκίνητα το δίχαλο περιλαμβάνει τα πλινθία του χειρόφρενου κι ένας ρυθμιζόμενος μοχλός χρησιμοποιείται για την ενεργοποίησή τους. Τα πλινθία είναι σ' όλους τους τύπους των μικρών αυτοκινήτων ίδια, με εξαίρεση ένα τύπο στον οποίο η βάση είναι μεγαλύτερη για την εύκολη αντικατάσταση.

Δισκόφρενα με Κινητό Δίχαλο. Επειδή τα δισκόφρενα δεν έχουν καμία δύναμη αυτοσφήνωσης, χρειάζεται πολλαπλασιασμός της δύναμης του χεριού του οδηγού για να γίνει ικανοποιητικό φρενάρισμα. Αυτό μπορεί να γίνει μόνο αν το διάκενο μεταξύ δίσκου και πλινθίου είναι πολύ μικρό. Τα δισκόφρενα με κινητό δίχαλο πλεονεκτούν στο σημείο αυτό γιατί μπορούν πιο εύκολα να περιλάβουν έναν αυτόματο μηχανισμό ρύθμισης του διακένου.

Το σχήμα 36 (α) παρουσιάζει το δισκόφρενο της Girling με ελεύθερο δίχαλο για οπίσθιους τροχούς. Αποτελείται από ένα δίχαλο από χυτοσίδηρο, αρθρωμένο σ' ένα πείρο και ελεύθερο να στραφεί γύρω απ' τον πείρο που βρίσκεται στο στήριγμα του φρένου που είναι στερεωμένο στον άξονα του τροχού. Στα φρένα αυτά, το υδραυλικό έμβολο δίνει κίνηση στο πλινθίο μέσω μιας κινηματικής αλυσίδας που περιλαμβάνει ένα ζύγωμα πάνω στο οποίο δρουν το υδραυλικό έμβολο και το εκκεντρο ωστήριο του χειροφρένου. Όταν το κινητό πλινθίο έρθει σε επαφή με το δίσκο, η αντίδρασή του προκαλεί μία γωνιακή κίνηση του δίχαλου γύρω από τον πείρο του και φέρνει και το σταθερό, εξωτερικό πλινθίο σ' επαφή με το δίσκο, οπότε και τα δύο πλινθία πιέζουν το δίσκο με την ίδια δύναμη. Όταν τα πλινθία είναι καινούρια έχουν μια λοξότητα 6 μοιρών, για να αντιμετωπίσουν την άνιση φθορά που προκαλεί η γωνιακή μετατόπιση του δίχαλου. Σταδιακά, με τη χρήση, τα πλινθία γίνονται παράλληλα.

(σχήμα 36α) δισκόφρενο της Girling με ελεύθερο δίχαλο

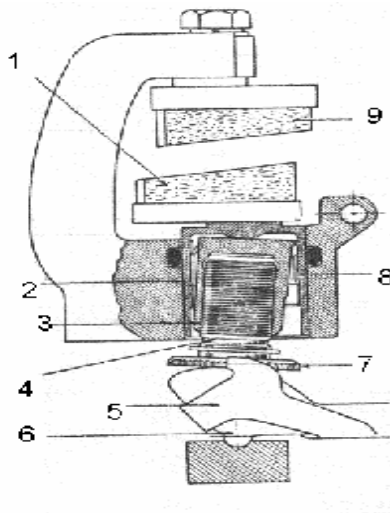


- | | |
|-------------------|------------------------|
| 1. Κινητό πλινθίο | 6. Μοχλός |
| 2. Έμβολο | 7. Ζύγωμα |
| 3. Ωστική ράβδος | 8. Ωστήριο χειροφρένου |
| 4. Νύχι | 9. Υδραυλικό έμβολο |
| 5. Υπομόχλιο | 10. Κινητό πλινθίο |

Στα οπίσθια δισκόφρενα Girling μ' ένα έμβολο, η κίνηση του κινητού πλινθίου γίνεται είτε με το έκκεντρο είτε με το ωστήριο του χειροφρένου. Και τα δύο δρουν στις άκρες ενός ζυγώματος, που μεταδίδει την κίνηση σ' ένα μοχλό, που έχει υπομόχλιο συνδεδεμένο με το δίχαλο. Ο μοχλός πιέζει μια ωστική ράβδο και αυτή το ωστήριο του πλινθίου. Το σύστημα ρύθμισης του διάκενου δίσκου-πλινθίου, αποτελείται από έναν κοχλία που βιδώνει μέσα στην ωστική ράβδο. Ο κοχλίας αυτός έχει οδοντωτή στεφάνη πάνω στην οποία δρα ένα νύχι αρθρωμένο πάνω στο μοχλό. Αν η κίνηση του μοχλού είναι μεγαλύτερη από το προκαθορισμένο όριο, το νύχι γυρίζει την οδοντωτή στεφάνη κατά ένα δόντι, το μήκος της ωστικής ράβδου μεγαλώνει και αντίστοιχα μικραίνει το διάκενο μεταξύ δίσκου και πλινθίου (σχήμα 36 (β)) κι έτσι εξουδετερώνεται η φθορά. Το κανονικό διάκενο μεταξύ δίσκου και πλινθίου είναι της τάξης του ενός δεκάτου του χιλιοστού και είναι ανεξάρτητο από την παραμόρφωση του δίχαλου. Το πλεονέκτημα του φρένου αυτού είναι ότι το υδραυλικό έμβολο είναι πλήρως προστατευμένο από το νερό και τις σκόνες του δρόμου και χρειάζεται ένα στεγανωτικό παράκυκλο λιγότερο

απ' ότι αν ήταν ακριβώς πίσω από το πλινθίο. Τέλος, επειδή το έμβολο είναι μακριά από το πλινθίο, δεν θερμαίνεται τόσο πολύ τόσο πολύ το υγρό. Το σύστημα ρύθμισης εξασφαλίζει καλή ρύθμιση τόσο για το χειρόφρενο όσο και για το ποδόφρενο.

(σχήμα 36β)



- | | |
|-------------------|---------------------|
| 1. Κινητό πλινθίο | 6. Μοχλός |
| 2. Έμβολο | 7. Οδοντωτή στεφάνη |
| 3. Ωστήριο | 8. Ελατήριο |
| 4. Ωστική ράβδος | 9. Σταθερό πλινθίο |
| 5. Νύχι | |

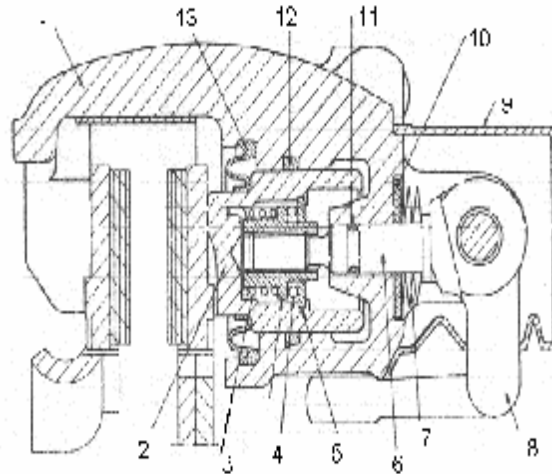
Στα οπίσθια φρένα της DBA (σχήμα 37) υπάρχει ένας πείρος που περνά το σώμα του κυλίνδρου και καταλήγει σ' ένα έκκεντρο που συνδέεται με την κινηματική αλυσίδα του χειρόφρενου. Στο πέρασμα του πείρου από το σώμα του κυλίνδρου υπάρχει στεγανοποιητικός δακτύλιος για να απαγορεύει διαρροές του υγρού. Η αυτόματη ρύθμιση του διάκενου δίσκου-πλινθίου, είναι διαφορετική απ' ότι είναι στα δισκόφρενα της DBA για εμπρόσθιους τροχούς. Εδώ υπάρχει ένα περικόχλιο, το οποίο είναι στερεωμένο με το ένα άκρο του στο έμβολο. Πάνω από το περικόχλιο υπάρχει ένας ένσφαιρος τριβέας (ρουλεμάν) και όλα αυτά είναι κλεισμένα σε μία πλάκα μέσα στο έμβολο. Όταν ασκηθεί υδραυλική πίεση, η διαδρομή του εμβόλου είναι κανονικά ίση με το διάκενο μεταξύ εμβόλου και περικοχλίου. Αν η διαδρομή του εμβόλου γίνει

μεγαλύτερη λόγω της φθοράς των πλινθίων, το περικόχλιο παίρνει τότε μεγαλύτερη διάμετρο στα σπειρώματά του. Όταν το φρένο ελευθερωθεί, το έμβολο παίρνει νέα αρχική θέση γλιστρώντας στο στεγανοποιητικό παράκυκλό του, ενώ το ελατήριο δρα σαν συμπλέκτης τριβής στο περικόχλιο, για να διατηρηθεί η σωστή ρύθμιση του φρένου. Όταν εφαρμοστεί το χειρόφρενο, ο πείρος πιέζει το περικόχλιο στον πυθμένα του εμβόλου. Το περικόχλιο έχει την τάση να στραφεί προς την αντίθετη φορά απ' την κατεύθυνση της διαδρομής, αλλά το ελατήριο αντιδρά και όλος μαζί ο μηχανισμός ασκεί πίεση στο πλινθίο. Όταν το χειρόφρενο αφηθεί, το ελατήριο του διαφράγματος κρατά τον πείρο σ' επαφή με το έκκεντρο του μοχλού του χειρόφρενου. Έτσι, το χειρόφρενο βρίσκεται πάντοτε στη σωστή ρύθμιση του διάκενου, ανεξάρτητα απ' τη φθορά των πλινθίων.

Ένας άλλος τύπος δισκόφρενου της DBA, έχει ένα μηχανισμό που επιτρέπει τη μεταβολή της σχέσης πολλαπλασιασμού της δύναμης του χειρόφρενου. Όταν έλκεται το συρματόσχοινο του χειρόφρενου, στρέφεται ένας βραχίονας και φέρνει ένα πείρο παράλληλο προς τον άξονα του εμβόλου. Όσο η γωνία, που σχηματίζει ο πείρος αυτός με τον άξονα του εμβόλου μικραίνει, τόσο μικραίνει και η κίνηση του εμβόλου με αποτέλεσμα να μεγαλώνει η δύναμη που ασκεί το έμβολο πάνω στο πλινθίο. Καθώς το έμβολο έχει αυτόματο σύστημα εξουδετέρωσης της φθοράς των πλινθίων, επιτυγχάνεται μεγάλη δύναμη στα πλινθία με λογική προσπάθεια στο μοχλό του χειρόφρενου.

Στα δισκόφρενα Girling τύπου A, το χειρόφρενο λειτουργεί μ' ένα πείρο που περνά μέσα στον κύλινδρο του εσωτερικού εμβόλου και πιέζει, μέσω ενός αυτόματου μηχανισμού ρύθμισης, το εξωτερικό έμβολο. Ο πείρος ενεργοποιείται μ' ένα μοχλό που έχει υπομόχλιο σε μία προεξοχή του εσωτερικού εμβόλου κι έτσι απ' την αντίδραση πιέζεται και το έμβολο αυτό και τα δύο έμβολα σφίγγουν με ίση δύναμη το δίσκο ανάμεσά τους.

(σχήμα 37) οπίσθια φρένα της DBA



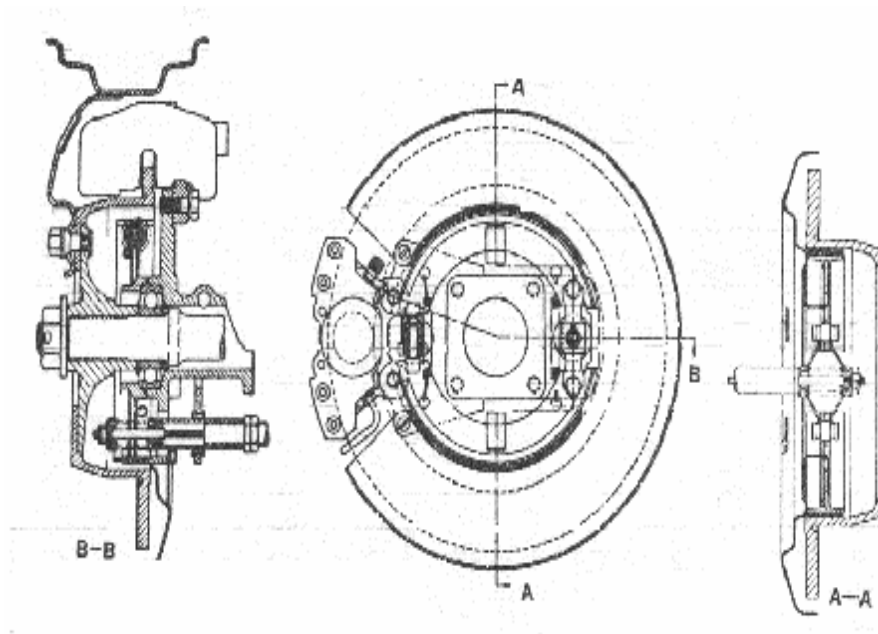
- | | |
|-----------------|-----------------------------------|
| 1. Σώμα δίχαλου | 8. Μοχλός χειροφρένου |
| 2. Έμβολο | 9. Προστατευτικό κάλυμμα |
| 3. Ελατήριο | 10. Παράκυκλος ελατηρίου |
| 4. Ρουλεμάν | 11. Στεγανωτικός δακτύλιος πείρου |
| 5. Πλάκα | 12. Στεγανωτικός δακτύλιος |
| 6. Πείρος | 13. Προστατευτικό κάλυμμα |
| 7. Ελατήριο | |

Μερικά ευρωπαϊκά και αμερικάνικα αυτοκίνητα με δισκόφρενα και στους τέσσερις τροχούς, έχουν τύμπανο στο χειρόφρενο για να επωφελούνται απ' την αυτοσφηνωτική ιδιότητα του τύμπανου. Το τύμπανο σχηματίζεται μέσα στο κεντρικό τμήμα του δίσκου είτε είναι αεριζόμενος είτε όχι. Το σχήμα 38 παρουσιάζει ένα τέτοιο διπλό σύστημα φρένων που χρησιμοποιεί η Porsche. Στο σύστημα αυτό υπάρχει ένας μηχανισμός συνδεδεμένος στην πλήμνη του τροχού που ανοίγει τις σιαγόνες οι οποίες έρχονται σ' επαφή με το τύμπανο που σχηματίζεται στο βαθούλωμα του πιάτου του δίσκου των φρένων.

Ρυθμός ψύξης Δίσκων. Ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την τελική θερμοκρασία των φρένων σε μία μακρά σειρά πεδήσεων είναι ο ρυθμός με τον οποίο ψύχονται τα φρένα. Ο ρυθμός αυτός επηρεάζεται κατά κάποιο βαθμό απ' το ρυθμό

διασκορπισμού της θερμότητας στα γειτονικά μεταλλικά μέρη του φρένου, όπως η πλήμνη του τροχού, αλλά βασικά επηρεάζεται απ' το ρυθμό διασκορπισμού της θερμότητας στον αέρα που περιβάλλει το φρένο. Κατά μεγάλο βαθμό η ποσότητα της θερμότητας που διασκορπίζεται στον αέρα εξαρτάται από την ταχύτητα του οχήματος και από την επιφάνεια των φρένων που είναι εκτεθειμένη στον αέρα.

(σχήμα 38) διπλό σύστημα φρένων που χρησιμοποιεί η Porsche

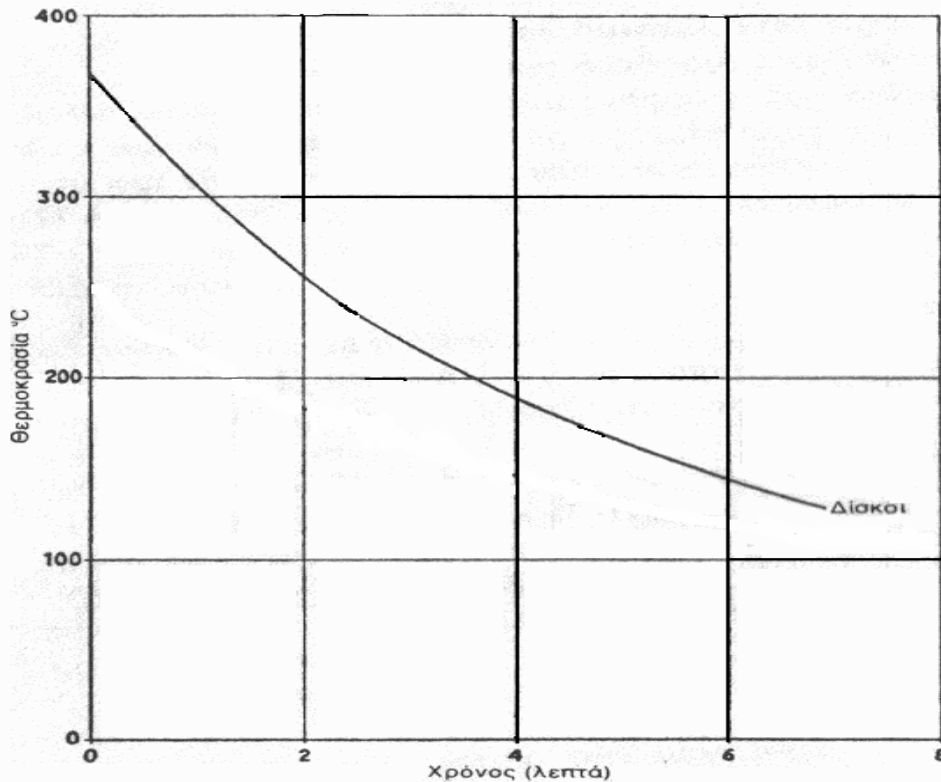


Το σχήμα 39 δείχνει πως πέφτει η θερμοκρασία των εμπρόσθιων δίσκων, σ' ένα μέσο επιβατηγό αυτοκίνητο, σε σχέση με το χρόνο, όταν ταξιδεύει με μία μέση ταχύτητα 65 Km/h. Το σχήμα δείχνει πως, όταν η θερμοκρασία του δίσκου φτάσει περίπου τους 350 °C χρειάζονται 10 περίπου λεπτά χωρίς καμία πέδηση για να κατέβει η θερμοκρασία του στους 100 °C. Με την καμπύλη αυτή μπορούμε να προσδιορίσουμε το ρυθμό ψύξης των δίσκων.

Μετρήσεις του ρυθμού ψύξης δείχνουν ότι οι εμπρός δίσκοι ψύχονται 20% ως 40% ταχύτερα από τα πίσω τύμπανα και 25% ταχύτερα από τύμπανα που θα ήταν και αυτά εμπρός. Ο ρυθμός ψύξης του δίσκου αυξάνει κατά πολύ αν αφαιρεθεί ο προφυλακτήρας σκόνης του και μείνει ο δίσκος τελείως εκτεθειμένος στον αέρα. Η

ζημιά όμως που γίνεται στα πλινθία από τις σκόνες και την άμμο του δρόμου είναι μεγαλύτερη από την φθορά που προκαλείται από την υπερθέρμανση.

(σχήμα 39) ρυθμός πτώσης θερμοκρασία των εμπρόσθιων δίσκων



Οι αεριζόμενοι δίσκοι έχουν διπλάσια επιφάνεια έκθεσης στο ρεύμα του αέρα και γι' αυτό η θερμοκρασία τους είναι συνήθως τα δύο τρίτα του ολόσωμου δίσκου. Οι χαμηλότερες θερμοκρασίες και η μεγαλύτερη ζωή των πλινθίων δικαιολογεί την εγκατάσταση τέτοιων δίσκων σε βαριά οχήματα. Δεν έχει παρατηρηθεί καμία διαφορά στο ρυθμό ψύξης των φρένων αν χρησιμοποιηθούν τροχοί με ακτίνες αντί για τροχούς με ολόσωμη ζάντα.

Πλεονεκτήματα των δίσκων:

1. Μεγαλύτερη αξιοπιστία λόγω ανεξαρτησίας απ' τις διαστολές και χρησιμοποίηση βελτιωμένων υλικών τριβής.
2. Μεγαλύτερη σταθερότητα λόγω της έλλειψης της αυτοσφήνωσης και της ομοιόμορφης κατανομής της πίεσης πάνω στο πλινθίο. Τα πλινθία υποφέρουν λιγότερο από το πρώιμο άρπαγμα και δεν εμφανίζουν αρπάγματα στις μεγάλες ταχύτητες.
3. Δεν εμφανίζουν τοπικές υπερθερμάνσεις του δίσκου και ρωγμές οφειλόμενες σε θερμικές τάσεις.
4. Ο δίσκος όταν θερμαίνεται διαστέλλεται προς τα πλινθία και δεν εμφανίζεται αύξηση της διαδρομής του πεντάλ του φρένου και απλοποιείται το σύστημα ρύθμισης του διάκενου.
5. Πιο άμεση σχέση μεταξύ της προσπάθειας για πέδηση του οδηγού και της επιβράδυνσης του αυτοκινήτου.
6. Η εφαρμογή των δίσκων μειώνει τα μη αναρτημένα βάρη.
7. Τα πλινθία αλλάζουν ευκολότερα και γενικά η συντήρηση είναι πιο εύκολη.

Τα μειονεκτήματα των δίσκων:

1. Επειδή δεν έχουν καθόλου αυτοσφήνωση στα μεσαίου και μεγάλου βάρους αυτοκίνητα, χρειάζεται σερβομηχανισμός για να βοηθά τη δύναμη του οδηγού.
2. Υπάρχει δυσκολία για ένα ικανοποιητικό χειρόφρενο.
3. Η ικανότητα του δίσκου ν' αντέχει στις υψηλές θερμοκρασίες εξουδετερώνεται από την αυξημένη φθορά των πλινθίων.
4. Υπάρχει αυξημένος κίνδυνος εξάτμισης του υγρού και καταστροφής των στεγανωτικών παράκυκλων όταν εργάζονται σε υψηλές θερμοκρασίες.
5. Δύσκολα προστατεύεται ο δίσκος απ' τις ακαθαρσίες του δρόμου.

6. Μεγαλύτερο κόστος έναντι των τύμπανων.

Ως γενικό συμπέρασμα μπορεί να λεχθεί ότι όσο οι κατασκευαστές κατασκευάζουν αυτοκίνητα με μεγαλύτερη επιτάχυνση και μεγαλύτερη μέγιστη ταχύτητα, τα δισκόφρενα είναι η καλύτερη προοπτική για την λύση των προβλημάτων της πέδησης.

3.4 Η ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΛΕΥΡΑ ΤΗΣ ΠΕΔΗΣΗΣ

Θερμοκρασίες που Επικρατούν σε μία Απλή πέδηση. Όταν ένα όχημα κινείται με σταθερή ταχύτητα σ' ένα οριζόντιο έδαφος, έχει κινητική ενέργεια ανάλογη προς τη μάζα του και προς το τετράγωνο της ταχύτητάς του. Κατά την πέδηση όλη αυτή η ενέργεια μεταβάλλεται σε θερμότητα, αλλά όχι μόνο από τα φρένα. Υπάρχουν και άλλες αιτίες που επιβραδύνουν το όχημα, όπως π.χ. η αντίσταση του αέρα, η αντίσταση της κύλισης των τροχών του πάνω στο κατάστρωμα του δρόμου, οι τριβές στα έδρανα των τροχών του, μέσα στο διαφορικό, στο κιβώτιο ταχυτήτων κλπ.

ΠΙΝΑΚΑΣ Αύξηση της θερμοκρασίας
σε δίσκους και τύμπανα μετά από πέδηση από ταχύτητα 100 km /h.

ΒΑΡΟΣ	Σχέση πέδησης		Βάρος (kg)		Αύξηση θερμοκρασίας
	Εμπρός	Πίσω	Δίσκου	Τύμπανου	°C
825	70	30		2.40	70
1065	57	43		2.94	65
965	60	40	2.15		80
1268	77	23	3.28		95
1336	80	20	4.53		95

Σημαντική συμβολή στην πέδηση προσφέρει ο κινητήρας, η οποία είναι τόσο πιο μεγάλη όσο μικρότερη ταχύτητα είναι σε εμπλοκή στο κιβώτιο ταχυτήτων. Έτσι, όταν το όχημα σταματά με μικρή επιβράδυνση και με χαμηλή ταχύτητα στο κιβώτιο

ταχυτήτων, πολύ μικρό μέρος από την κινητική του ενέργεια πηγαίνει στα φρένα. Στις μεγαλύτερες όμως επιβραδύνσεις, που μπορούν να επιτύχουν τα σύγχρονα αυτοκίνητα, ένα πολύ μεγάλο ποσοστό της κινητικής τους ενέργειας γίνεται θερμότητα και διασκορπίζεται από τα φρένα. Για παράδειγμα αναφέρεται, ότι για ένα αυτοκίνητο που σταματά με επιβράδυνση 0,4 g με την ταχύτητα στο νεκρό σημείο και από ταχύτητα 100 Km/h, το 85% της κινητικής του ενέργειας μετατρέπονται σε θερμότητα μέσα στα φρένα. Από την θερμότητα αυτή στα φρένα με τύμπανα το 95% πηγαίνει στο τύμπανο, στα δισκόφρενα το 99% πηγαίνει στο δίσκο, γιατί τα υλικά τριβής είναι πολύ κακοί αγωγοί της θερμότητας. Τα μεγάλα αυτά ποσά που δημιουργούνται σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα, μπορούν να προκαλέσουν πολύ υψηλές θερμοκρασίες στα τύμπανα και στους δίσκους. Μερικές τυπικές περιπτώσεις αύξησης της θερμοκρασίας σε δίσκους και σε τύμπανα που μετρήθηκαν σ' αυτοκίνητα που σταμάτησαν από ταχύτητα 100 Km/h με επιβράδυνση 0,4g και με νεκρό σημείο στο κιβώτιο ταχυτήτων, δίνονται στον παραπάνω πίνακα.

Όταν η ταχύτητα του οχήματος διπλασιαστεί, η κινητική του ενέργεια τετραπλασιάζεται και παρά την αύξηση της αντίστασης του αέρα, μπορεί κανείς να πει σε γενικές γραμμές, πως οι παραπάνω τιμές αύξησης της θερμοκρασίας τετραπλασιάζονται. Μπορεί κανείς να πει επίσης, πως όταν τοποθετούνται δίσκοι στους εμπρός τροχούς είναι γενικά ελαφρότεροι από τα αντίστοιχα τύμπανα και φέρουν μεγαλύτερο ποσοστό της προσπάθειας πέδησης του οχήματος, επομένως οι δίσκοι φτάνουν σε υψηλότερες θερμοκρασίες απ' ότι τα τύμπανα, για κάθε ξεχωριστό τύπο πέδησης.

Πολύ υψηλές θερμοκρασίες δημιουργούνται επίσης, όταν ένα όχημα κατεβαίνει σε μακρύ και απότομο κατήφορο, γιατί πάλι μεγάλα ποσά θερμότητας πρέπει να διασκορπιστούν στον αέρα από τα φρένα. Για να κατέβει ένα όχημα σε μακρύ κατήφορο σταθερής κλίσης, πρέπει να εφαρμόζεται στους τροχούς του, σταθερή δύναμη πέδησης και το γινόμενο της δύναμης αυτής επί την απόσταση είναι το έργο που δημιουργείται μέσα στα φρένα. Το έργο αυτό μπορεί να είναι πολύ μεγάλο αν ο κατήφορος είναι πολύ μακρύς και πολύ απότομος, όπως σε μερικούς δρόμους των Άλπεων.

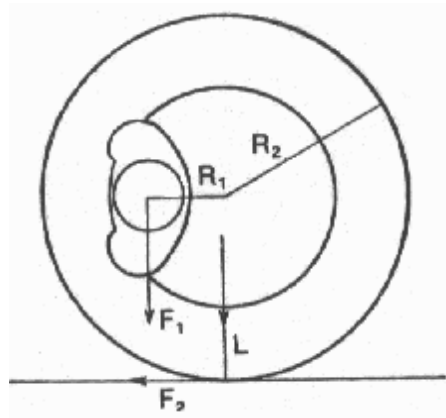
Ακόμα και σε μικρότερους κατήφορους η θερμοκρασία που μπορεί να φτάσουν τα φρένα είναι πολύ υψηλή. Έτσι ένα αυτοκίνητο βάρους 1.268 Kg με εμπρόσθιους δίσκους που ο καθένας απ' αυτούς ζύγιζε 3,28 Kg και με το 75% της προσπάθειας πέδησης στους εμπρόσθιους τροχούς, κατεβαίνοντας μια κλίση 8% σε μήκος 1.200 μέτρων, θα έχει θερμοκρασία 270 °C στους δίσκους του. Ο χρόνος πέδησης θα είναι 90 δευτερόλεπτα.

Η θερμοκρασία που φτάνει το τύμπανο ή ο δίσκος σε μία συγκεκριμένη πέδηση εξαρτάται από το είδος του μετάλλου. Μέταλλα όπως ο χαλκός και το αλουμίνιο έχουν μεγάλη θερμική αγωγιμότητα και η θερμοκρασία στην οποία φτάνουν δίσκοι ή τύμπανα κατασκευασμένα από αυτά, στην αρχή της εφαρμογής των φρένων, είναι μικρότερη από εκείνη που θα έφταναν αν οι δίσκοι ή τα τύμπανα ήταν από χυτοσίδηρο. Στο τέλος της πέδησης η θερμοκρασία εξαρτάται από τη θερμοχωρητικότητα του δίσκου ή του τύμπανου, δηλαδή την ειδική θερμότητα του μετάλλου του πολλαπλασιασμένη επί το βάρος του. Δίσκοι του ίδιου μεγέθους αλλά φτιαγμένοι από χαλκό ή χυτοσίδηρο θα φτάσουν στην ίδια θερμοκρασία, αλλά δίσκοι από αλουμίνιο θα φτάσουν σε υψηλότερη θερμοκρασία λόγω του βάρους τους (πυκνότητας). Ο χαλκός και το αλουμίνιο δεν είναι κατάλληλα υλικά για κατασκευή τύμπανων ή δίσκων γιατί χαράζονται και φθείρονται εύκολα από τα συνηθισμένα υλικά τριβής. Πολλές φορές όμως οι καλές θερμικές ιδιότητες του αλουμινίου χρησιμοποιούνται πλεονεκτικά, κάνοντας διμεταλλικό το τύμπανο. Αποτελείται δηλαδή από μία λεπτή στεφάνη από χυτοσίδηρο ενσωματωμένη στο κυλινδρικό μέρος ενός αλουμινένιου τύμπανου. Ένα τέτοιο τύμπανο φτάνει τα 70% της θερμοκρασίας ενός αντίστοιχου από χυτοσίδηρο τύμπανου σε πέδηση για μεγάλο χρονικό διάστημα.

3.5 ΠΡΟΣΦΥΣΗ ΔΡΟΜΟΥ-ΕΛΑΣΤΙΚΟΥ

Αν μια μικρή οριζόντια δύναμη εφαρμοστεί σ' ένα σώμα που βρίσκεται ήρεμο πάνω σε μια επίπεδη οριζόντια επιφάνεια, το σώμα αντιστέκεται από τη δύναμη της τριβής μεταξύ του σώματος και της επιφάνειας. Αν τώρα η δύναμη αυξάνεται σταδιακά, θα έρθει μια στιγμή κατά την οποία το σώμα θ' αρχίζει να κινείται. Η δύναμη που χρειάζεται ακριβώς για να το κινήσει είναι ίση με τη στατική τριβή F . Η στατική τριβή F είναι ανάλογη του βάρους του σώματος ή γενικότερα του φορτίου N που πιέζει τις επιφάνειες που βρίσκονται σε επαφή, δηλαδή $F = \mu \cdot N$ ή $\mu = F/N$. Το μ ονομάζεται

συντελεστής στατικής τριβής και είναι λίγο-πολύ ανεξάρτητος του φορτίου ή του μεγέθους της επιφάνειας του σώματος. Όταν το σώμα αρχίζει να κινείται, πολύ συχνά χρειάζεται μια μικρότερη δύναμη για να το διατηρήσει σε κίνηση με σταθερή ταχύτητα απ' ό,τι χρειάζεται για να το βάλει σε κίνηση. Ο λόγος της δύναμης αυτής προς το φορτίο ονομάζεται συντελεστής δυναμικής τριβής.



Τα παραπάνω δεν ισχύουν απόλυτα για το ελαστικό το οποίο είναι ένα ιδιόρρυθμο υλικό. Σ' αυτό ο συντελεστής δυναμικής τριβής, μ , αυξάνεται με την ταχύτητα στις πολύ χαμηλές ταχύτητες, φτάνει σ' ένα μέγιστο και μετά πέφτει καθώς η ταχύτητα αυξάνει ακόμη περισσότερο.

Η τριβή παίζει σημαντικό ρόλο σε δύο σημεία της πέδησης. Πρώτον υπάρχει η τριβή μεταξύ του πλινθίου (τακουινιού) και του δίσκου, ή μεταξύ της σιαγόνας και του τύμπανου, η οποία επιβραδύνει το δίσκο ή το τύμπανο αντίστοιχα. Δεύτερον, και όχι τόσο φανερό, υπάρχει η τριβή μεταξύ του ελαστικού επίσωτρου και του δρόμου, η οποία επιβραδύνει το αυτοκίνητο.

Επειδή η δύναμη της πέδησης δίνεται από την εξίσωση $F/L = f/g$ (Δεύτερος Νόμος του Νεύτωνα) και καθώς $F/L = \mu A$ συνεπάγεται ότι αν η συνάρτηση διαιρεθεί με το g γίνεται ίση με το συντελεστή μA πρόσφυσης. Η μεγαλύτερη δυνατή επιβράδυνση διαιρούμενη δια g είναι ίση με το συντελεστή της πρόσφυσης.

Η πραγματική τιμή της πρόσφυσης μεταξύ ελαστικού επίσωτρου και του καταστρώματος του δρόμου, εξαρτάται κυρίως από την κατάσταση του

καταστρώματος του δρόμου. Σ' ένα στεγνό κατάστρωμα η πρόσφυση είναι μεγάλη και δεν εξαρτάται πολύ από την ταχύτητα ή από το είδος του καταστρώματος, αν και ελεύθερα αδρανή (σκύρα, άμμος κλπ.) θα προκαλέσουν μείωση της πρόσφυσης. Σε υγρό κατάστρωμα, όμως, η πρόσφυση θα μειωθεί πολύ και προσδιορίζεται από πολλούς παράγοντες, όπως η υφή και οι φυσικές ιδιότητες του καταστρώματος, οι φυσικές ιδιότητες του πέλματος (μπακλαβάς) και η ταχύτητα του αυτοκινήτου. Σε υγρό κατάστρωμα το νερό τείνει να εμποδίσει την επαφή μεταξύ ελαστικού επίσωτρου και δρόμου και δρα σαν λιπαντικό.

Η επιφάνεια επαφής του ελαστικού επίσωτρου με το κατάστρωμα του δρόμου μπορεί να διαιρεθεί σε τρεις ζώνες. Στην πρώτη ζώνη Α, το ελαστικό και ο δρόμος χωρίζονται από ένα συνεχές στρώμα νερού, στη δεύτερη ζώνη Β, μέρη της επιφάνειας του ελαστικού έχουν έρθει σε επαφή με το κατάστρωμα διαμέσου του στρώματος του νερού και στην Τρίτη ζώνη Γ, το ελαστικό και το κατάστρωμα είναι σε πλήρη επαφή, εκτός βέβαια από τα κενά που αφήνουν τα σχέδια του πέλματος.

Είναι φανερό πως η πρώτη και η δεύτερη ζώνη πρέπει να μειωθούν όσο είναι δυνατό και η πρόσφυση αντίστοιχα μπορεί να αυξηθεί δίνοντας στο κατάστρωμα μια κατάλληλη άγρια υφή. Αιχμηρές άκρες στην επιφάνεια δημιουργούν υψηλές πιέσεις και διασπούν το στρώμα του νερού και μια χονδρόκοκκη υφή βοηθά το νερό να αποστραγγίζεται πέρα από την επιφάνεια επαφής. Δυστυχώς ο οδηγός δεν μπορεί να αναγνωρίσει από την εμφάνιση κατά πόσο το κατάστρωμα έχει μεγάλη ή μικρή πρόσφυση, όταν αυτό είναι υγρό. Οι μικρές πέτρες της επιφάνειας που φαίνονται άγριες και θαμπές, μπορεί να έχουν λειανθεί από την κίνηση κι έτσι η επιφάνεια μπορεί να είναι ολισθηρή όταν είναι υγρή. Από την άλλη πλευρά όμως μια επιφάνεια η οποία φαίνεται λεία και γυαλιστερή όταν είναι υγρή, είναι δυνατό να έχει υψηλή πρόσφυση, αλλά θα ήταν επικίνδυνο να κάνει κανείς πειράματα σ' αυτή την επιφάνεια.

Το Εργαστήριο Οδικών Ερευνών και Μεταφορών της Αγγλίας απέδειξε τη σημασία που έχει η υφή της επιφάνειας πάνω στην πρόσφυση, συγκρίνοντας το ρυθμό των ατυχημάτων σε ορισμένες περιοχές πριν και μετά τις εργασίες αύξησης της πρόσφυσης που έγιναν στους δρόμους αυτούς. Η διαφορά ήταν καταπληκτική. Σε μία μελέτη που περιλάμβανε 55 τοποθεσίες που συνέβαιναν ατυχήματα πριν και μετά από

τη βελτίωση του καταστρώματος, υπήρχε μία μείωση κατά 80% των ατυχημάτων που είχαν σχέση με ολίσθηση κατά τη διάρκεια υγρού καιρού και μια μείωση 70% στο σύνολο των ατυχημάτων.

Οι κατασκευαστές του καταστρώματος του δρόμου προσπαθούν να χρησιμοποιήσουν αδρανή υλικά, που να έχουν ανώμαλο σχήμα με κοφτερές άκρες, ανθεκτικές στη λείανση απ' τη χρήση και να προεξέχουν από την επιφάνεια του συνδετικού υλικού όταν αυτό φθαρεί. Ατυχώς τα περισσότερα αυτοκίνητα επιταχύνονται ή επιβραδύνονται στο ίδιο τμήμα του καταστρώματος του δρόμου, π.χ. στους σηματοδότες, στα σταυροδρόμια και κοντά στις στροφές, κι έτσι υπάρχει μία τάση οι μικρές πέτρες του καταστρώματος να λειαινούνται στις περιοχές όπου η υψηλή πρόσφυση είναι περισσότερο αναγκαία. Αυτός είναι ένας φοβερός συντελεστής ατυχημάτων. Το 70% από όλα τα σοβαρά ατυχήματα στο Λονδίνο συμβαίνουν περίπου μέσα σε 20 μέτρα από σταυροδρόμια και πολλά από αυτά περιλαμβάνουν ολίσθηση με μπλοκαρισμένους τροχούς. Έχουν δημιουργηθεί διάφοροι τρόποι για να αυξηθεί η πρόσφυση στις επικίνδυνες αυτές περιοχές. Μία μέθοδος είναι να καλυφθεί το κατάστρωμα με σκληρό και διαρκές επίστρωμα σαν τα διάφορα οξειδία του αλουμινίου, με σκληρό μα εύκαμπτο συνδετικό υλικό. Μία άλλη μέθοδος είναι να επιστρωθεί το κατάστρωμα με ζεστή άσφαλτο και θερμά ψιλά σκύρα. Υπάρχει κάποια ένδειξη ότι η πρόσφυση είναι λιγότερη κατά τη διάρκεια των πρώτων βροχών μετά από ζεστό και ξηρό χρονικό διάστημα παρά μετά από συνεχείς βροχές που τείνουν να παρασύρουν κάθε ακαθαρσία από την επιφάνεια του καταστρώματος.

Υπάρχει επίσης μια εποχιακή διακύμανση στην πρόσφυση που είναι μάλλον λιγότερη το καλοκαίρι παρά το χειμώνα. Πιθανόν, το καλοκαίρι, ελαστικό από τους τροχούς, σκόνη και οργανικές ακαθαρσίες κάθονται στο κατάστρωμα, ενώ το χειμώνα όλες αυτές οι ακαθαρσίες είναι πιο πιθανό να έχουν ξεπλυθεί από τις βροχές. Η βροχή, επίσης, μπορεί να χαράζει μερικά από τα πετραδάκια του καταστρώματος και να τα κάνει πιο άγρια.

Το χιόνι και ο πάγος, βέβαια, κάνουν το κατάστρωμα του δρόμου πολύ ολισθηρό. Φρεσκοπεσμένο και ασυμπιεστο χιόνι σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες μπορεί να έχει αρκετά υψηλή πρόσφυση. Αυτό εξηγεί γιατί οι επιδέξιοι οδηγοί αγώνων μπορούν να

επιτυγχάνουν πολύ καλές μέσες ταχύτητες σε προφανώς δύσκολες καταστάσεις. Αν το χιόνι είναι σκληρό, πατημένο ή κοντά στο σημείο τήξης του είναι θανάσιμα επικίνδυνο για την οδήγηση. Ο λερωμένος πάγος είναι ιδιαίτερα επικίνδυνος. Ο οδηγός μπορεί να μην τον δει, και το λεπτό στρώμα του πάγου γρήγορα λιώνει για να δώσει ένα πολύ επικίνδυνο λιπαντικό στρώμα.

Η πρόσφυση επίσης εξαρτάται από το υλικό που είναι κατασκευασμένο το πέλημα του ελαστικού. Μερικά συνθετικά ελαστικά έχουν υψηλότερο συντελεστή πρόσφυσης από το φυσικό ελαστικό και τα υψηλής υστέρησης συνθετικά ελαστικά έχουν ακόμη υψηλότερο μ . Τα υψηλής υστέρησης υλικά οφείλουν τη μεγάλη τους πρόσφυση στην έλλειψη ευλυγισίας, αλλά εξαιτίας αυτής ακριβώς της ιδιότητας απορροφούν ενέργεια και τείνουν να θερμαίνονται περισσότερο από τα φυσικά ελαστικά. Για να υπερνικηθεί το ελάττωμα αυτό, το ελαστικό γίνεται διπλό, το σώμα (μάγουλα) είναι εύκαμπτο ενώ το πέλημα είναι από υψηλής υστέρησης ελαστικό.

Γενικά, η πρόσφυση μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας του ελαστικού. Κατά συνέπεια, όταν ο τροχός ολισθαίνει χωρίς να κυλιέται, η θερμότητα από την τριβή της μικρής επιφάνειας επαφής τροχού-εδάφους κάνει να πέσει η πρόσφυση ακόμη χαμηλότερα. Η θερμοκρασία μπορεί να είναι αρκετά υψηλή ώστε να λιώσει το ελαστικό ή το συνδετικό υλικό του καταστρώματος του δρόμου και να δημιουργηθούν τα χαρακτηριστικά μαύρα σημάδια της ολίσθησης. Τα ελαστικά των αυτοκινήτων που ταξιδεύουν με μεγάλες ταχύτητες είναι δυνατό να θερμανθούν τόσο ώστε να χαμηλώσει η πρόσφυση τους ιδιαίτερα αν είναι κακοφουσκωμένα.

Το σχέδιο των ραβδώσεων του πέλματος του ελαστικού έχει μικρή επιρροή επί της πρόσφυσης όταν ο δρόμος είναι ξηρός και καθαρός. Πραγματικά ένα λείο ελαστικό μπορεί να έχει ακόμη και μεγαλύτερη πρόσφυση από ένα ραβδωτό πέλημα επειδή έχει μεγαλύτερη επιφάνεια επαφής με το δρόμο, αλλά οι ραβδώσεις του πέλματος έχουν σοβαρή σημασία στην πρόσφυση όταν ο δρόμος είναι υγρός. Μερικές τυπικές τιμές του συντελεστή πρόσφυσης για πίσω από φυσικό ελαστικό, από συνθετικό και από ελαστικό υψηλής υστέρησης για λείο και ραβδωτό πέλημα πάνω σε υγρές επιφάνειες. Οι επάνω γραμμές αντιπροσωπεύουν το συντελεστή ακριβώς πριν οι τροχοί ακινητοποιηθούν, δηλαδή το μέγιστο της τιμής του συντελεστή κύλισης και οι κάτω

γραμμές του συντελεστή ολίσθησης, δηλαδή με τους τροχούς ακινητοποιημένους και το αυτοκίνητο να ολισθαίνει. Οι τιμές που λήφθηκαν με συνθετικά υλικά και καλά ραβδωτά πέλματα, είναι σχεδόν εξίσου υψηλές, είτε ο δρόμος είναι υγρός, είτε είναι ξηρός, αν και όταν οι τροχοί απροσδόκητα σταματήσουν να στρέφονται η πρόσφυση προσδιορίζεται από τη μορφή των ραβδώσεων του πέλματος μάλλον παρά από το υλικό του ελαστικού. Ακόμη και για τους τροχούς που έχουν ελαστικά υψηλής υστέρησης η πρόσφυση πέφτει από 0,6 στα 50 Km/h σε 0,2 ή και λιγότερο στα 120 Km/h για λεία πέλματα. Είναι πιθανόν ο οδηγός να μην το αντιλαμβάνεται αλλά οδηγώντας με λεία πέλματα σε υγρό δρόμο είναι εξίσου επικίνδυνο με το να ταξιδεύει με 120 Km/h σε παγωμένο δρόμο με καλά πέλματα. Μία σχετικά μικρή χρήση των φρένων ή μία ελάχιστη στροφή στο τιμόνι θα προκαλέσει ολίσθηση.

Ο σκοπός των ραβδωτών πελμάτων όπως και της άγριας υφής του καταστρώματος του δρόμου είναι να αναγκάζονται τα νερά να φεύγουν από τις επιφάνειες επαφής τροχού-δρόμου. Σε υψηλές ταχύτητες μπορεί να μην υπάρχει αρκετός χρόνος ώστε το νερό να προφταίνει να φεύγει διαμέσου των αυλακιών που σχηματίζονται μεταξύ των ραβδώσεων και γι' αυτό διαμορφώνονται επιπλέον αιχμές, χαρακιές και κοιλότητες. Οι αιχμές βοηθούν στη διάσπαση του στρώματος του νερού και οι κοιλότητες ή οι χαρακιές ανοίγουν κάτω από την πίεση του φορτίου, απορροφούν το νερό και μετά το εκτοξεύουν μακριά όταν βρεθούν εκτός της επιφάνειας επαφής.

Η μείωση της πρόσφυσης που παρατηρείται με τις αυξανόμενες ταχύτητες έστω και σε ραβδωτά πέλματα, οφείλεται στην έλλειψη χρόνου για την πλήρη εκδίωξη του νερού. Αν υπάρχει πολύ νερό και το αυτοκίνητο ταξιδεύει με πολύ μεγάλη ταχύτητα, οι τροχοί μπορεί να ολισθαίνουν πάνω στο νερό (πλανάρισμα), δηλαδή ανασηκώνονται πάνω σε σφήνες υγρού όπως οι άξονες στα έδρανα (κουζινέτα) με τη λίπανση. Η πρόσφυση τότε γίνεται σχεδόν μηδενική και το αυτοκίνητο είναι ακυβέρνητο.

Είναι δυνατό να αυξήσει κανείς λίγο περισσότερο την πρόσφυση πατώντας πολλές φορές για λίγο (τρομπάροντας) τα φρένα, δηλαδή να πατάει ο οδηγός τα φρένα αρκετές φορές το δευτερόλεπτο και να τα αφήνει λίγο πριν σταματήσουν οι τροχοί. Έχει αποδειχτεί πειραματικά ότι η απόσταση φρεναρίσματος σε υγρό κατάστρωμα

είναι μικρότερη μ' αυτή τη μέθοδο παρά με σταματημένους τους τροχούς, οπωσδήποτε όμως είναι ίδια ή και μεγαλύτερη απ' ότι είναι σε δρόμους με υψηλή πρόσφυση. Με τα πολλά μικρά φρεναρίσματα ο οδηγός μπορεί να κρατήσει τη διεύθυνση του αυτοκινήτου. Χρειάζεται βέβαια κάποια ικανότητα για να χρησιμοποιήσει κανείς αυτή τη μέθοδο φρεναρίσματος αποτελεσματικά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

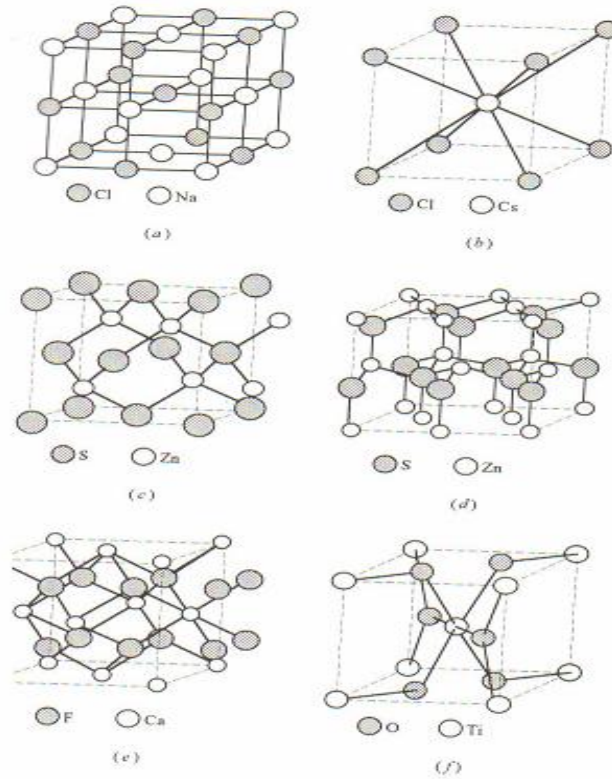
ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΩΝ ΚΕΡΑΜΙΚΩΝ

Τα κεραμικά υλικά συντίθενται από δύο τουλάχιστον στοιχεία, και επομένως η δομή τους είναι γενικά πιο σύνθετη απ' ό τι στα μέταλλα. Ωστόσο πολλά μέταλλα είναι κυβικά εδροκεντρωμένα (Face-Centered Cubic ή FCC) ή κυβικά χωροκεντρωμένα (Body Centered Cubic ή BCC) ή εξαγωνικά (HCP). Τα κεραμικά εμφανίζουν μεγάλη ποικιλία από κρυσταλλικές δομές. Επιπλέον σε αντίθεση με τα μέταλλα, η δομή τους και η ατομική τους διεύθυνση είναι πιο παραστατική. Για παράδειγμα συγκεντρώσεις όπου τα ανιόντα και τα κατιόντα ήταν διευθετημένα όπως το FeO. Ομοίως οποιοδήποτε απόθεμα το οποίο κρυσταλοποιείται κατά τη διεύθυνση, εμφανίζει να έχει δομή όπως του κορουνδίου.

Τρεις παράγοντες είναι κρίσιμοι στον προσδιορισμό της δομής των κεραμικού αποθεμάτων. α) η κρυσταλλική στοιχειομετρία, β) η αναλογία ακτίνας και γ) η τάση για ισοσθένεια.

4.1 ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΗ ΣΤΟΙΧΕΙΟΜΕΤΡΙΑ

Οποιοσδήποτε κρύσταλλος πρέπει να είναι ηλεκτρικά ουδέτερος. Ο αριθμός των θετικών στοιχείων πρέπει να είναι σε ισορροπία με τον αντίστοιχο των αρνητικών στοιχείων. Αυτό είναι ένα γεγονός που αντικατοπτρίζεται στην χημική φόρμουλα των αποθεμάτων. Για παράδειγμα στην Αλουμίνα κάθε 2 κατιόντα Al πρέπει να ισορροπούν με τρία ανιόντα O. Άρα η χημική φόρμουλα είναι Al_2O_3 (αργιλοξείδιο). Αυτή η ανάγκη χρειάζεται αυστηρό περιορισμό στον τύπο της δομής του ανιόντος.

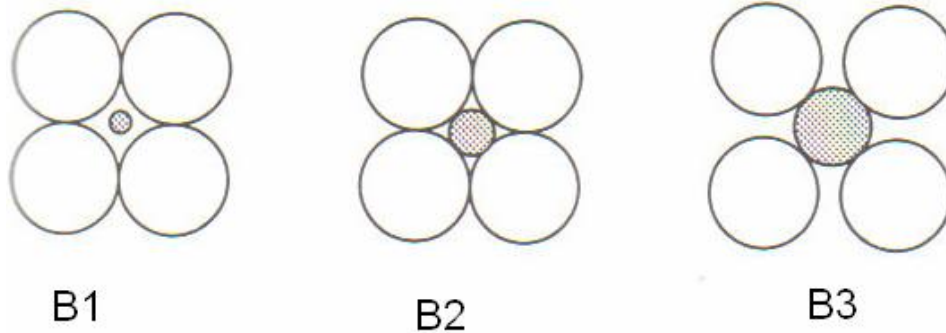


(Κυβικά ενδροκεντρωμένα πλέγματα)

4.2 ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΑΚΤΙΝΑΣ.

Για να επιτευχθεί το επίπεδο της χαμηλής ενέργειας, τα κατιόντα και τα ανιόντα πρέπει να έχουν την τάση να μεγιστοποιήσουν την έλξη και να ελαχιστοποιήσουν την απώθηση μεταξύ τους. Η έλξη μεγιστοποιείται όταν τα κατιόντα περιστοιχίζονται με όσο το δυνατόν περισσότερα ανιόντα, με την επιφύλαξη ότι ούτε τα κατιόντα ούτε τα ανιόντα έρχονται σε επαφή. Για επεξήγηση έστω τέσσερα ανιόντα να περιστοιχίζουν κατιόντα, όπως φαίνεται στο σχέδιο Β. Η ατομική διευθέτηση στο σχέδιο Β1 δεν είναι σταθερή λόγω της απώθησης ανιόντων μεταξύ τους. Ωστόσο ισοσταθμίζεται από την αμοιβαία έλξη των ανιόντων και των κατιόντων. Όταν τα ανιόντα μόλις που έρχονται σε επαφή (σχέδιο Β2) η διάταξή τους μετατρέπεται σε ασταθείς. Τα κατιόντα είναι συνήθως μικρότερα από τα ανιόντα. Η κρυσταλλική δομή τους είναι συνήθως προσδιορισμένη από τον μέγιστο αριθμό των ανιόντων που είναι τριγύρω από τα κατιόντα. Γεωμετρικά αυτό μπορεί να παρουσιαστεί στην ακτινική αναλογία r_c/r_a όπου r_c και r_a είναι οι αντίστοιχες ακτίνες κατιόντων και ανιόντων. Η κρίσιμη ακτινική

αναλογία για διάφορους αριθμούς παρουσιάζεται στο σχέδιο B3.



Ακόμα και τα μικρότερα κατιόντα μπορούν να περιστοιχισθούν με δύο ανιόντα με αποτέλεσμα να βρεθούν σε γραμμική θέση. Όσο το μέγεθος των κατιόντων μεγαλώνει το r_c/r_a μεγαλώνει. Ο αριθμός των ανιόντων που μπορεί να προσαρμοστούν τριγύρω μεγαλώνει στα 3 ανιόντα και η τριγωνοειδής δομή γίνεται σταθερή. Για $r_c/r_a \geq 0,225$ η τετραεδρική διευθέτηση γίνεται σταθερή.

4.3 ΤΑΣΗ ΓΙΑ ΙΣΟΣΘΕΝΕΙΑ ΚΑΙ ΤΕΤΡΑΕΔΡΙΚΗ ΣΥΓΚΡΟΤΗΣΗ

Σε πολλές ενώσεις έχουν παρατηρηθεί τετραεδρικές κρυσταλλικές δομές, παρά το γεγονός ότι η ακτινική αναλογία είναι προβλέψιμη π.χ. πολλές ενώσεις με ακτινική αναλογία μεγαλύτερη από 0.414, εξακολουθεί να κρυσταλοποιείται με τετραεδρική διευθέτηση όπως ψευδαργύρου σφαλερίτη. Αυτή η κατάσταση τυπικά γίνεται κατανοητή όταν ο δεσμός ενισχυθεί. Οι κεραμικές δομές μπορεί να είναι περίπλοκες και ποικίλες. Στις περισσότερες περιπτώσεις εξαρτάται από τον τύπο του δεσμού που παρουσιάζεται στα κεραμικά που έχουν ιονικούς δεσμούς.

Οι δομές των ισοσθενών κεραμικών έχουν ως βάση το Si και βασίζονται στο τετραεδρικό SiX_4 . Αυτά τα τετράεδρα συνήθως συνδέονται το ένα με το άλλο στις γωνίες. Για το πυριτικό άλας η δομή του είναι κατασκευασμένη από τετράεδρο SiO_4 . Η πιο σημαντική παράμετρος για να προσδιορίσει τη δομή του πυριτικού άλατος είναι

η αναλογία O/Si. Η ελάχιστη αναλογία είναι 2 και καταλήγει σ' ένα τρισδιάστατο δίκτυο. Το συμπλήρωμα από τροποποιημένο οξείδιο σε πυριτικό άλας αυξάνει την αναλογία και καταλήγει στην διαμόρφωσή της μη γεφύρωσης οξυγόνου και της προοδευτικής καταστροφής της δομής. Όταν ο λόγος O/Si μεγαλώνει η κατασκευή μετατρέπεται σε επίστρωση, σε αλυσίδα και στην συνέχεια σε πυριτικό άλας όταν η αναλογία είναι 4.

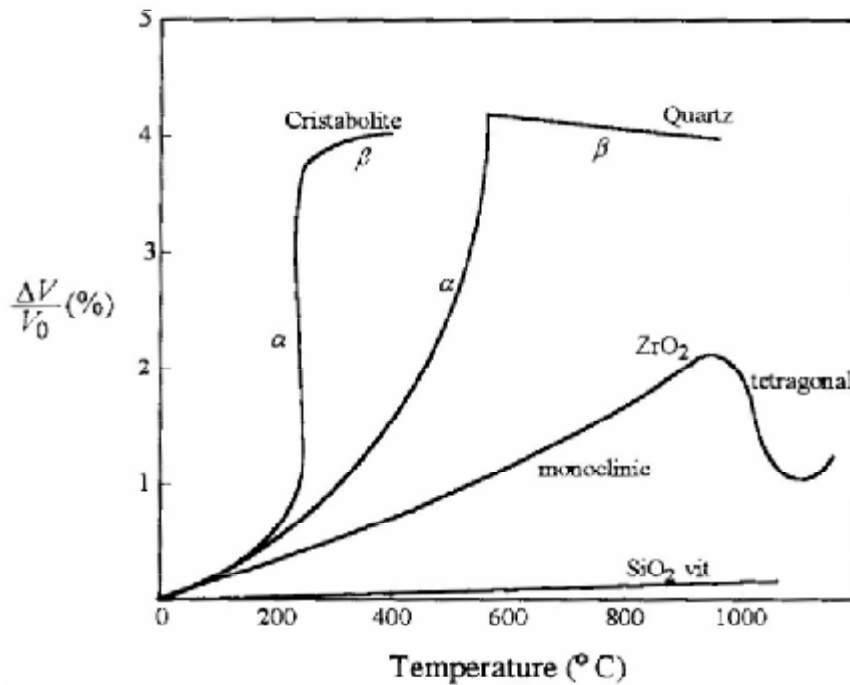
4.4 ΓΕΝΙΚΕΥΣΕΙΣ

α = συντελεστής γραμμικής διαστολής.

1) Τα κεραμικά υλικά έχουν μικρότερο α από ότι τα μέταλλα.

2) Ο συντελεστής α μεγαλώνει με την αύξηση της θερμοκρασίας. Αυτό αντικατοπτρίζει το γεγονός ότι η πηγή ενέργειας γίνεται πιο ασύμμετρη καθώς αυξάνει το α , με την αύξηση της θερμοκρασίας. Κατά συνέπεια είναι σημαντικό να προσδιοριστεί η διακύμανση της θερμοκρασίας, όπου η θερμική διαστολή του συντελεστή έχει μετρηθεί, εφόσον έχει προκληθεί διαστολή μέσω της διακύμανσης της θερμοκρασίας. Η μέση διαστολή του συντελεστή επίσης θα αυξηθεί.

3) Κεραμικά με ισοσθενείς δεσμούς όπως το SiC και το S₃N₄ έχουν χαμηλότερο α από πιο απομονωμένες κεραμικές δομές όπως το NaCl και το MgO. Η προστιθέμενη θερμική ενέργεια μπορεί να καταλήξει σε αλλαγή γωνιακών δεσμών χωρίς ενδεικτικές αλλαγές στο μήκος των δεσμών της περιφέρειας. Ένα από τα πιο σοβαρά παραδείγματα της σπουδαιότητάς της ατομικής συγκέντρωσης στο (α) είναι η πυριτία. Η υαλώδης πυριτία έχει εξαιρετικά χαμηλό α λαμβανομένου υπόψη τα quartz και τα cristobalite έχουν πολύ μεγαλύτερο θερμικό συντελεστή διαστολής όπως δείχνει το σχέδιο Γ.



(σχ Γ)

4) Παρόλα αυτά τα ως τώρα προαναφερθέντα είναι αληθινά για ισεντροπικά κυβικά πολυκρυσταλικά υλικά. Οι κρύσταλλοι οι οποίοι είναι μη κυβικοί και επομένως είναι ανισοτροπικοί και ο θερμικός συντελεστής διαστολής συμπεριφέρεται κάπως διαφορετικά. Σε μερικές περιπτώσεις ένας κρύσταλλος μπορεί ακόμα και να συρρικνωθεί σε μια κατεύθυνση καθώς διαστέλλεται από την άλλη πλευρά. Όταν ένας πολυκρύσταλος είναι φτιαγμένος από τέτοιους κρυστάλλους όπου ο μέσος όρος θερμικής διαστολής μπορεί να είναι πολύ μικρός. Ο κορδιερίτης και το λίθιο - αλουμινοπυρίτιο (Las) είναι καλά παραδείγματα της κατηγορίας αυτών των υλικών. Αυτή η ανισοτροπική και θερμική διαστολή που έχει αξιοποιηθεί για τη δημιουργία στοιχείων με πολύ μικρό συντελεστή α μπορεί να καταλήξει στην κατασκευή ενός μεγάλου θερμικού κατάλοιπου ισχύος. Αυτό μπορεί να είναι επιβλαβές στην αντοχή και στην ακεραιότητα των κεραμικών υλικών.

4.5 ΣΗΜΕΙΑ ΤΗΞΗΣ ΚΕΡΑΜΙΚΩΝ

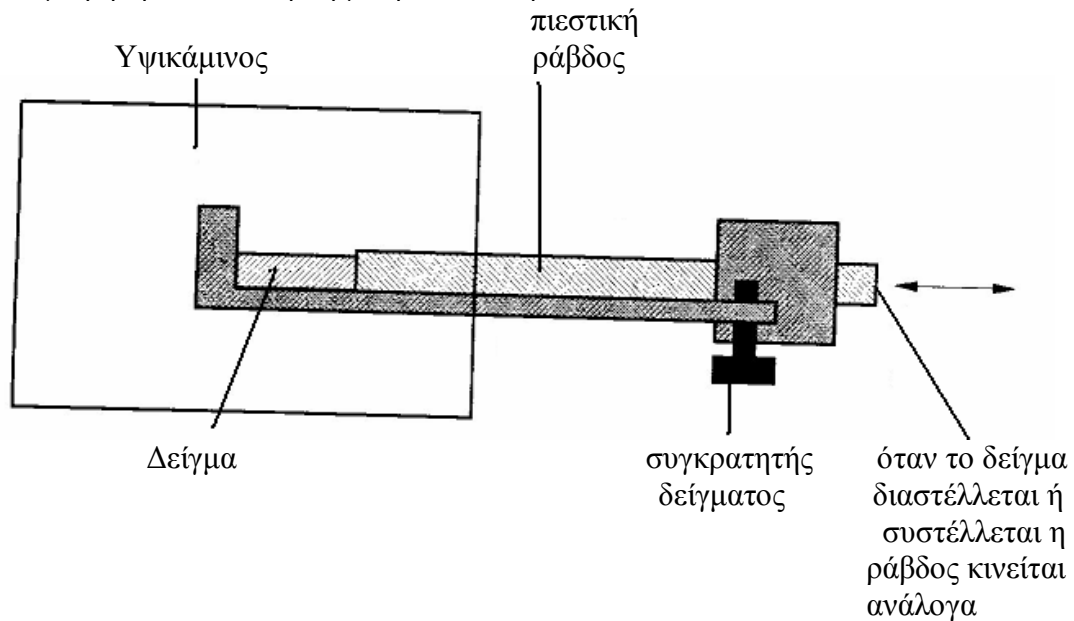
Πολλές μέθοδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό του σημείου τήξης των στερεών. Οι πιο απλή πιθανότητα είναι η βασική χρήση θερμικού διαφορικού αναλυτή. Το δείγμα και το αδρανές υλικό συνήθως αλουμίνα τοποθετούνται μαζί σε ένα φούρνο και πανομοιότυπα όργανα μέτρησης της θερμοηλεκτρικής τάσης τοποθετούνται κάτω από την υψικάμινο. Η θερμοκρασία της υψικάμινου σταδιακά ανεβαίνει και η διαφορά θερμοκρασίας $\Delta T = T_{\text{sample}} - T_{\text{ref}}$ μετριέται ως τη θερμοκρασία λειτουργία της υψικάμινου οι οποία μετριέται από ένα τρίτο όργανο μέτρησης της θερμοηλεκτρικής τάσης. Όσο καιρό και το δείγμα και το υλικό αναφοράς είναι αδρανή, πρέπει να έχουν την ίδια θερμοκρασία και το $\Delta T = 0$. Ωστόσο, εάν για οποιοδήποτε λόγο το δείγμα απορροφήσει (ενδοθερμική διαδικασία) ή δώσει (εξωθερμική διαδικασία) θερμότητα, η θερμοκρασία του θα μεταβληθεί σε σχέση με το όργανο μέτρησης της θερμοηλεκτρικής τάσης του οποίου θα αλλάξει αναλόγως η ένδειξή του.

4.6 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ

Ο συντελεστής θερμικής διαστολής μετριέται με διαστολόμετρο που είναι ουσιαστικά η μέτρηση στη ράβδο της υψικάμινου υψηλής θερμοκρασίας (σχήμα Δ).

Η μια πλευρά της ράβδου είναι τοποθετημένη προς την πλευρά του δείγματος, στην οποία η θερμική διαστολή θα πρέπει να μετρηθεί και στην άλλη πλευρά όπου ακουμπά τη συσκευή η οποία μπορεί να μετρήσει τη διαφορά της ράβδου με μεγάλη ακρίβεια. Σε ένα τυπικό πείραμα το δείγμα τοποθετείται μέσα στη υψικάμινο και θερμαίνεται με συνεχή ρυθμό. Ταυτόχρονα η διαφορά λόγω της πίεσης που ασκείται από την διαστολή στην ράβδο μετριέται.

(σχ. Δ) μέτρηση συντελεστή θερμικής διαστολής

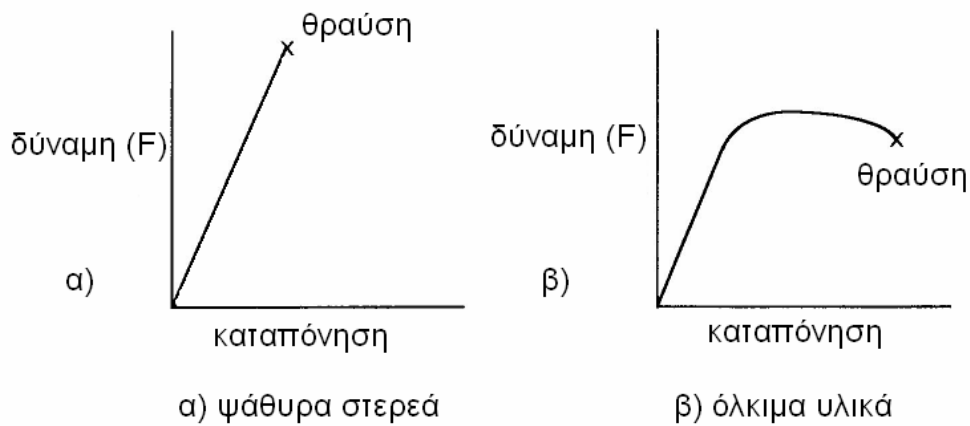


4.7 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Μια πληθώρα μεθόδων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να μετρηθεί η επιφανειακή ενέργεια των κεραμικών. Μία τεχνική, με περιορισμένο βαθμό εφαρμογής είναι η μέτρηση της δύναμης που χρειάζεται για να σχιστεί ένας κρύσταλλος αρχίζοντας με μία αιχμηρή χαρακιά κατά μήκος, c . Η επόμενη σχέση μεταξύ επιφανειακής ενέργειας, του μέτρου Young και της προσδιδόμενης τάσης θραύσης σ_{app} είναι η παρακάτω $\gamma = (Ac\sigma_{app}^2)/2y$. Όπου το A είναι μία γεωμετρική σταθερά που εξαρτάται από τις συνθήκες φόρτισης και από τη γεωμετρία του δείγματος, όταν το σ_{app} μετρηθεί για ένα δοσμένο μήκος c η επιφανειακή ενέργεια γ υπολογίζεται εύκολα από την εξίσωση εάν το μέτρο Young είναι γνωστό. Η εξίσωση δείχνει ότι όλη η μηχανική ενέργεια που εφοδιάζεται δημιουργεί μία νέα επιφάνεια. Ακόμα είναι αυτονόητο ότι δεν υπάρχει ενεργειακή συνέχεια στους μηχανισμούς στο σημείο ρωγμής. Η θραύση είναι σταθερή και είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι αυτή η συνθήκη ικανοποιείται μόνο για ένα μικρό αριθμό ιοντικών και ισοσθενών κεραμικών .

1. Η αντοχή των δεσμών μεταξύ των ατόμων ή των ιόντων σε ένα στερεό προσδίδει πολλές από τις ιδιότητες όπως το σημείο τήξης και το σημείο βρασμού, σκληρότητα μετάλλου θερμική διαστολή και θεωρητική αντοχή.
2. Όσο ισχυρότεροι είναι οι δεσμοί τόσο υψηλότερο είναι το σημείο τήξης,

ωστόσο η μερική ισοσθένεια σ' έναν ιοντικό δεσμό θα τείνει να ισοροπήσει, τα ξεχωριστά τμήματα στο σημείο τήξης και χαμηλότερα από το σημείο τήξης.



3. Η θερμική διαστολή ξεκινά από μία αρμονική δόνηση των ατόμων σε ένα στερεό. Η ασυμμετρία της πηγής ενέργειας έχει ως συνέπεια την άνιση κατανομή της ενέργειας και επομένως χαμηλότερες τιμές του α . Επιπροσθέτως, η ατομική διεύθετηση μπορεί να παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στον καθορισμό του α .
4. Σε πρώτη προσέγγιση η καμπύλη της πηγής ενέργειας / απόσταση είναι ένα μέτρο της σκληρότητας ή του μέτρου του Young σε ένα στερεό. Γενικά όσο πιο σκληρός είναι ο δεσμός τόσο σκληρότερο είναι το στερεό. Άλλοι παράγοντες όπως η ατομική διεύθετηση είναι εξίσου σημαντικοί.
5. Η θεωρητική αντοχή ενός δεσμού είναι ίση με $Young/10$. Η πραγματική αντοχή των κεραμικών είναι χαμηλότερη από τη θεωρητική.
6. Η επιφανειακή ενέργεια ενός στερεού δεν βασίζεται μόνο στην ενέργεια του δεσμού αλλά επίσης εξαρτάται από τον κρυσταλλογραφικό προσανατολισμό.

4.8 ΣΗΜΕΙΑ ΑΤΕΛΕΙΩΝ

Σε αντίθεση με τα καθαρά μέταλλα και τους στοιχειώδεις κρυστάλλους, για τα οποία τα ελαττωματικά σημεία είναι ξεκάθαρα για να περιγραφούν, η κατάσταση στα κεραμικά είναι πιο σύνθετη. Τελικά τα ελαττώματα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- Στοιχειομετρικά ελαττώματα.
- Μη στοιχειομετρικά ελαττώματα.

Αυτές οι ελαττωματικές δομές από την επιλεκτική πρόσθεση ή την απώλεια ενός ή περισσοτέρων συστατικών του κρυστάλλου τελικά οδηγεί στην αλλαγή της κρυσταλλικής χημείας και της έννοιας της μη – στοιχειομετρίας οι οποίες συζητούνται παρακάτω. Η βασική ιδέα είναι ότι η σύνθεση των ενώσεων με απλή αναλογία μεταξύ του πλήθους των ατόμων, π.χ. ενώ στο MgO ο λόγος κατιόντων / ανιόντων είναι ενιαίος στην περίπτωση του Al_2O_3 είναι $2/3$. Στην πραγματικότητα ωστόσο μπορεί να αποδειχθεί αυστηρά χρησιμοποιώντας θεωρία θερμοδυναμικής ότι η σύνθεση οποιωνδήποτε ενώσεων πρέπει να είναι υπαρκτή. Ένα υλικό υφίσταται αλλαγές στη σύνθεσή του με επιλεκτική απώλεια ενός από τα συστατικά του στο περιβάλλον του με δημιουργία ή απαλοιφή των ελαττωμάτων. Στη συνέχεια η ένωση θα προσαρμόσει τη σύνθεσή της έτσι ώστε να ανακλά στις θερμοδυναμικές παραμέτρους. Αυτό οδηγεί στην ιδέα της μη στοιχειομετρίας όπου η απλή αναλογία μεταξύ των συστατικών των ατόμων μιας ένωσης καταρρέει. Για παράδειγμα αν ένα οξείδιο σκληρυνθεί, σε περιβάλλον με υψηλή σημειακή πίεση και μεγάλη περιεκτικότητα σε οξυγόνο τότε ο αριθμός των ατόμων του οξυγόνου θα είναι κατά αναλογία μεγαλύτερος από των αριθμό των κατιόντων. Αντιστρόφως εάν η σημειακή πίεση του οξυγόνου είναι πολύ χαμηλή κάποιος θα περίμενε ότι η συγκέντρωση των κατιόντων θα ήταν υψηλότερη.

Η σημασία της μη στοιχειομετρίας βασίζεται στον παράγοντα ότι πολλές φυσικές ιδιότητες όπως το χρώμα, η διάχυση, η ηλεκτρική διαπερατότητα και η μαγνητική ευαισθησία μπορούν να διαφέρουν με μικρές αλλαγές στη σύνθεσή τους.

ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΑΤΕΛΕΙΕΣ

Αυτές οι ατέλειες παρουσιάζονται ως αποτέλεσμα της παρουσίας ακαθαρσιών στον κεντρικό κρύσταλλο.

4.9 ΑΤΕΛΕΙΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ

- Η μορφοποίηση διαφόρων σημειακών ατελειών περιγράφεται καλύτερα από τις χημικές αντιδράσεις για τις οποίες οι παρακάτω κανόνες πρέπει να ακολουθούνται.
- *Ισορροπία της μάζας.* Η μάζα δεν μπορεί να δημιουργηθεί ή να καταστραφεί. Το κενό έχει μηδενική μάζα.
- *Ηλεκτρική ουδετερότητα ή πλήρωση του κενού.* Η ενέργεια δεν μπορεί να δημιουργηθεί ή να καταστραφεί.
- *Διατήρηση απλής αναλογίας θέσεων.* Η αναλογία μεταξύ του πλήθους των κανονικών θέσεων των ανιόντων και κατιόντων πρέπει να μένει σταθερή και ίσως στην αναλογία του πρωταρχικού πλέγματος. Κατά συνέπεια, εάν μια κανονική θέση πλέγματος ενός στοιχείου δημιουργείται ή καταστρέφεται ο αντίστοιχος αριθμός των κανονικών θέσεων των άλλων στοιχείων πρέπει ταυτόχρονα να δημιουργείται ή να καταστρέφεται έτσι ώστε να διατηρηθεί η αναλογία θέσεων της ένωσης. Αυτή η αναγκαιότητα αναγνωρίζει ότι δεν μπορεί να δημιουργήσει μια θέση δικτυώματος χωρίς το άλλο στοιχείο και ο κρύσταλλος να διαστέλλεται επ' αόριστον.

4.10 ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΚΕΡΑΜΙΚΩΝ

Οι πιο κοινές μέθοδοι για καλούπια που χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία μετάλλων και πολυμερών δεν είναι κατάλληλες για τα κεραμικά υλικά. Η ψαθυρότητα τους αποκλείει την χρήση μεθόδων για αλλαγή του σχήματός τους, και ο υψηλός βαθμός τήξης, και σε μερικές περιπτώσεις προκαλεί τη διάσπασή τους πριν από την τήξη καθιστώντας αδύνατη τη χύτευση. Επομένως τα περισσότερα πολυκρυσταλικά υλικά κατασκευάζονται είτε από στερεή είτε από υγρή φάση, που συντελεί στη δημιουργία πόρων. Για παράδειγμα η συσσωμάτωση και η ανομοιογένεια κατά την διαδικασία

κονιοποίησης συχνά οδηγεί στην ανάπτυξη ατελειών στο πορώδες σώμα. Αναπόφευκτα, οι ατέλειες υπάρχουν πάντα στα κεραμικά υλικά.

4.11 ΚΕΡΑΜΙΚΟΙ ΔΙΣΚΟΙ

Στο σύστημα δίσκος - τακάκι ο δίσκος κατασκευάζεται από υλικό carbon-carbon στα τριβόμενα μέρη καθώς και τα τακάκια. Λέγεται ότι συντίθενται από ίνες άνθρακα και από πλέγμα άνθρακα. Και η διαφορά σε θερμική αγωγιμότητα μεταξύ των δυο υλικών είναι της τάξης των 30 έως 450 W/m-k σε ακτινική κατεύθυνση σε καθένα από τα υλικά.

(Θερμόμετρο μέτρησης τηγμένων υλικών)



Τα τακάκια παρασκευάζονται με τον εμποτισμό ινών άνθρακα με θερμοπλαστικές ενώσεις και κατόπιν θερμαίνονται και τα δυο. Ακολουθώντας την τυπική κατασκευαστική μέθοδο του οργανικού υλικού του φρένου η θερμοσκληρυνόμενη ρητίνη π.χ. ρητίνη φαινόλης ενισχύεται από οργανικές ίνες, μεταλλικές ίνες και ανόργανες ίνες για να κατασκευαστεί ένα σύνθετο υλικό που έχει ενσωματώσει διάφορων ειδών πρόσθετα για προσαρμοστεί στην τριβή του φρένου που πρέπει να αποκτηθεί, να έρθει στο επιθυμητό σχήμα και μετά να εκτεθούν σε μεγάλη θερμοκρασία τα οποία εξαρτώνται από ποια χρήση θα έχει το φρένο. Η οργανική ύλη ως το πιο σημαντικό μέρος του οργανικού υλικού του φρένου εκτίθενται σε θερμοκρασία περίπου 300 °C η και περισσότερο. Κατά αυτόν τον τρόπο όταν το φρένο φτιάχνεται από οργανικό υλικό και χρησιμοποιείται για κίνηση με μεγάλες ταχύτητες ή

για μεγάλη πίεση δύναμης, θα φθαρεί και θα χάσει την αρχική ποιότητα του από τη θερμοκρασία που έχει προκληθεί από την τριβή. Εξαιτίας αυτού είναι αξιοσημείωτη η διάρκεια ζωής του.

Ένα carbon-carbon υλικό είναι ένα υλικό άνθρακα ενισχυμένο με ίνες άνθρακα. Αυτό το υλικό έχει μικρότερο ειδικό βάρος από ένα φρένο φτιαγμένο από μέταλλο και αυτό είναι πλεονέκτημα δηλαδή η μείωση του βάρους από την τοποθέτηση των φρένων. Εφόσον αυτό το υλικό δεν έχει σημείο τήξης αποφεύγονται πολλά προβλήματα π.χ. το λιώσιμο. Εφόσον το υλικό έχει σημείο διάσπασης περίπου 3000 °C καθώς το οργανικό υλικό του φρένου έχει μικρότερο, η φθορά κατά την διάρκεια της τριβής μπορεί να μειωθεί εκπληκτικά. Ακόμα, καθώς το C/C έχει μικρό συντελεστή θερμικής διαστολής, η ανθεκτικότητα στην θερμότητα είναι πολύ μεγάλη. Τα C/C που χρησιμοποιούνται στην τριβή έχουν επιφανειακή σκληρότητα 1-140. Τα C/C σύνθετα υλικά χρησιμοποιούνται σε διάφορες συνθήκες τριβής και έχουν χαμηλό ρυθμό οξείδωσης στο περιβάλλον σε θερμοκρασίες από 600-1200 °C.

Με τα C/C συνθετικά φρένα αποφεύγεται η ανεπιθύμητη επιμήκυνση λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας. Εξαιτίας της αντοχής τους στις υψηλές θερμοκρασίες τα C/C φρένα χρησιμοποιούνται σε πολλές κατασκευές για να αντέχουν τόσο τη θερμοκρασία που αναπτύσσεται στην περιοχή όσο και την τάση να οξειδώνονται σε υψηλές θερμοκρασίες, κάτι το οποίο προκαλεί αυξημένη φθορά.

Ο συντελεστής τριβής, μ , σε ένα υλικό τριβής χρειάζεται να είναι όσο το δυνατόν πιο μεγάλος. Αυτό ισχύει ώστε να ελαχιστοποιηθεί το φορτίο που χρειάζεται για να δημιουργηθεί δύναμη τριβής ($T = \mu N$) που χρειάζεται για να σταματήσει το όχημα. Το σύνθετο υλικό C/C έχει την τάση να απορροφά νερό, το οποίο μειώνει τον συντελεστή τριβής. Ο χαμηλός συντελεστής τριβής κρατάει μέχρι το φρένο να ζεσταθεί ικανοποιητικά κατά την διάρκεια του φρεναρίσματος ώστε να εξατμιστεί το νερό. Κατά την διάρκεια του φρεναρίσματος ο συντελεστής τριβής ενός C/C σύνθετου υλικού τριβής μπορεί να μεταβληθεί από τρεις ή περισσότερους παράγοντες δημιουργώντας αντίστοιχη αυξομείωση της ροπής στρέψης που θα οδηγήσει σε μη επιθυμητούς κραδασμούς. Τα C/C ακόμα εμφανίζουν στατικό συντελεστή τριβής που είναι μικρότερος από τον δυναμικό συντελεστή τριβής. Η συμπεριφορά της τριβής

μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα κατά την διάρκεια του φρεναρίσματος καθώς το φορτίο αυξάνεται αναγκαστικά καθώς ο τροχός επιβραδύνεται.



Δύο από τα μεγάλα μειονεκτήματα αυτών των φρένων είναι το μεγάλο κόστος τοποθέτησης, το μεγάλο κόστος της επισκευής και αλλαγής του υλικού τριβής λόγω φθοράς.

4.12 ΑΠΟ ΤΙ ΑΠΟΤΕΛΕΙΤΑΙ ΤΟ ΚΕΡΑΜΙΚΟ ΦΡΕΝΟ

α)

α) από ένα μη μεταλλικό δίσκο που περιλαμβάνει το κεραμικό υλικό στο οποίο περιλαμβάνεται και το εσωτερικό χείλος. Ο δίσκος έχει τρύπες και εγχοπές. Έχει μεταλλική πλήμνη περιλαμβάνοντας και δεύτερη επίστρωση χείλους και ακτινική επικάλυψη στο πρώτο εσωτερικό χείλος

(φάσεις παραγωγής κεραμικών δίσκων)



β) το φρένο όπως αναφέρθηκε είναι από κεραμικό υλικό C/C-SiC στο οποίο τα φύλλα περιλαμβάνουν άνθρακα ενισχυμένο με ίνες άνθρακα και τουλάχιστον ένα πρόσθετο βόριο. Το φύλλο στην περιφέρεια μεταβάλλεται σταδιακά σε καρβίδια πυριτίου, έτσι ώστε να ενωθεί με τον δίσκο του φρένου. Η μέθοδος κατασκευής με καλούπι ειδών από ενισχυμένες ίνες C/C-SiC, στο οποίο προσθέεται βόριο είναι σχετικά πρόσφατη. Οι συντελεστές τριβής μετρήθηκαν και είναι μεταξύ 0,35-0,55 με θερμοκρασία στο μέσο του δίσκου είναι 600 °C.

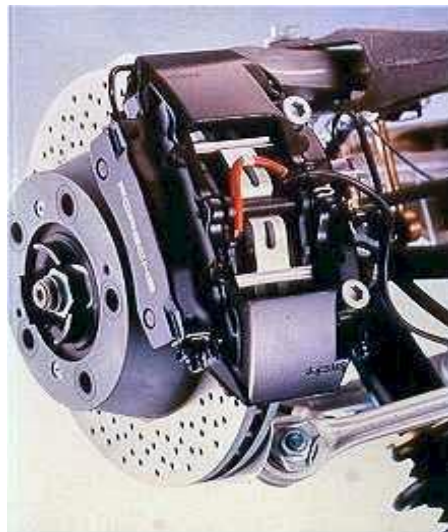
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΚΕΡΑΜΙΚΩΝ ΦΡΕΝΩΝ ΣΕ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

5.1 ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΕΔΗΣΗΣ BOXSTER

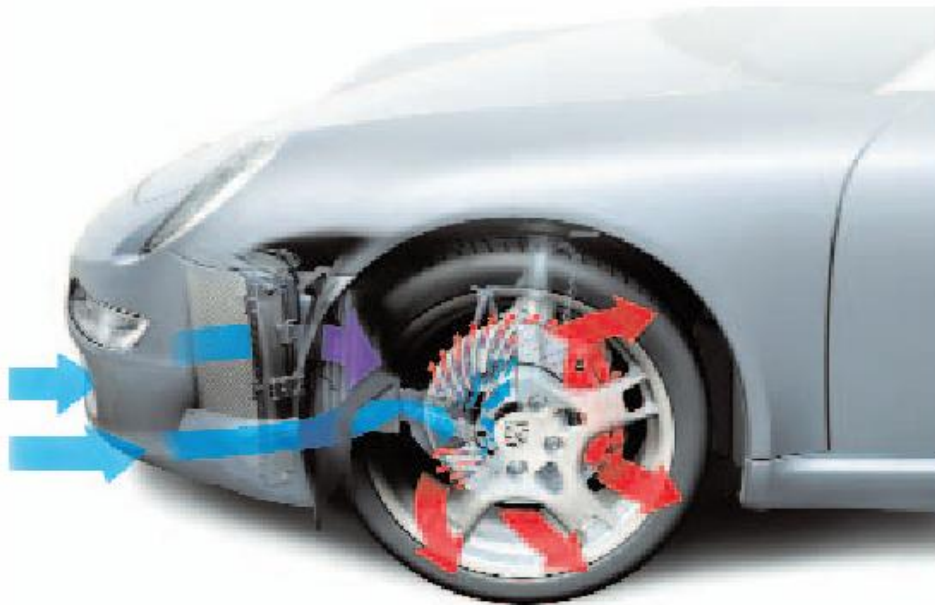
Η βασική εφαρμογή του ισχυρού συστήματος πέδησης διατηρείται από το προηγούμενο μοντέλο της Boxster αλλά έχει βελτιωθεί έτσι ώστε να ληφθούν υπόψη τα τεχνικά πλεονεκτήματα και η αυξημένη απόδοση του νέου μοντέλου. Οι μαύρες μονοκόμματες αλουμινένιες δαγκάνες με τέσσερα έμβολα είναι σε χρήση και στους τέσσερις τροχούς. Οι εσωτερικά αεριζόμενοι δίσκοι τώρα είναι διάτρητοι και η διάμετρος τους στον μπροστινό άξονα έχει αυξηθεί κατά 7mm/0.28in σε σχέση με το προηγούμενο μοντέλο. Ο ενισχυτικός παράγοντας στον ενισχυτή πέδησης έχει επίσης αυξηθεί κατά 17%.

(συστημα πεδησης boxster)



Αυτό σημαίνει ότι χρειάζεται λιγότερη δύναμη δράσης κατά το φρενάρισμα και ότι η συμπεριφορά της αντίδρασης είναι πιο άμεση από πριν. Ο αερισμός έχει βελτιωθεί σε σχέση με το προηγούμενο μοντέλο. Ο νέος σχεδιασμός του φορέα του μπροστινού άξονα, μεγαλύτεροι αεραγωγοί κατά 30% καθώς και η βελτιωμένη ποδιά έχουν ως αποτέλεσμα ο αέρας να πέφτει κατευθείαν στους δίσκους για καλύτερο αερισμό. Οι αγωγοί αερισμού ενισχύουν αυτό το φαινόμενο. Το αποτέλεσμα είναι πολύ σταθερό φρένο με άμεση ανταπόκριση και χαμηλή δύναμη λειτουργίας του οποίου η απόδοση ξεπερνά αισθητά τις τιμές επιβράδυνσης π.χ η μέγιστη δύναμη πέδησης είναι πολλαπλάσιο της μέγιστης δύναμης του κινητήρα.

(Σύστημα ψύξης φρένων Porsche)



5.2 BOXSTER S ΦΡΕΝΑ ΧΡΗΣΗΣ

Παρόλη την αύξηση της απόδοσης η Boxster S χρησιμοποιεί σύστημα πέδησης με ενισχυμένη δύναμη. Αυτό βασίζεται στο σύστημα πέδησης της καινούργιας 911 Carrera. Ο μπροστινός άξονας είναι συνδυασμένος με αλουμινένιες μονοκόμματα δαγκάνες με τέσσερα έμβολα, οι οποίες είναι επίσης μεγαλύτερες από ότι στο βασικό

μοντέλο της Boxster. Οι δαγκάνες στον μπροστινό και πίσω άξονα είναι βαμμένες κόκκινες για να ξεχωρίζουν από αυτές του βασικού μοντέλου.

(μπροστινό σύστημα Porsche Boxter)



Ο συνδυασμός του δραστικού αερισμού των φρένων και του γενικού μεγέθους των φρένων στην Boxster S με 4mm/0.16in παχύτερους δίσκους και κατά 20mm/0.75in μεγαλύτερους δίσκους μπροστά, παρέχει εξαιρετική σταθερότητα και συνεχείς υψηλές τιμές επιβράδυνσης. Αυτό το αποτέλεσμα επιπλέον ενισχύεται από την αύξηση κατά 17% στον ενισχυτικό παράγοντα του ενισχυτή φρένων. Το σύστημα πέδησης έχει ταιριάζει απόλυτα στην Boxster S και είναι αποτελεί εξαιρετικό πλεονέκτημα στην απόδοση του αυτοκινήτου.

5.3 PCCB (Porsche Ceramics Composite Brakes)

Τα κεραμικά φρένα της Porsche PCCB είναι προαιρετικά διαθέσιμα στη νέα Boxster S. Τα κεραμικά φρένα παρέχουν περισσότερο αυξημένη απόδοση σε σχέση με το ήδη

άριστο βασικό σύστημα πέδησης της Boxster S. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα από τα PCCB είναι:

α) απλά δισκόφρενα Porsche

β) κεραμικά δισκόφρενα Porsche



- Γρηγορότερη ανταπόκριση
- Υψηλή αντίσταση στην τριβή
- Υψηλά επίπεδα ασφάλειας κάτω από ισχυρά φορτία
- Μείωση της περιστρεφόμενης μάζας και του βάρους σε σχέση με δίσκους από χυτοσίδηρο του ίδιου τύπου και μεγέθους.
- Μεγάλα διαστήματα service ανάλογα και με τις συνθήκες χρήσης.
- Απόλυτα ελεύθερα από διάβρωση

Τα PCCB είναι αποτέλεσμα πολλών χρόνων εμπειρίας της Porsche που είναι πρωτοπόρος στην τεχνολογία των συστημάτων πέδησης. Οι κεραμικοί δίσκοι που χρησιμοποιούνται στην Boxster S έχουν επιπλέον βελτιωθεί σε σχέση με το

προηγούμενο έκδοση τα οποία χρησιμοποιούνται στην 911. Οι πιο σημαντικές αλλαγές αφορούν το σχήμα των εσωτερικών πτυχών ψύξης και την σύνθεση του υλικού. Το γνωστό επαναστατικό σχήμα των εσωτερικών πτυχών ψύξης έχει τροποποιηθεί έτσι ώστε να αυξηθεί ο αερισμός του περιστρεφόμενου δίσκου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα υψηλότερη ροή αέρα και καλύτερη ψύξη του φρένου.



(εσωτερικές αυλακώσεις ψύξης κεραμικού δισκοφρένου)

Η αντίσταση κατά του επιφανειακής ρηγμάτωσης κάτω από υψηλά φορτία έχει αυξηθεί σημαντικά με την ενίσχυση που προσφέρουν οι ίνες. Για τους πελάτες αυτές οι βελτιώσεις σημαίνουν αυξημένη απόδοση και μεγαλύτερα διαστήματα service του συστήματος πέδησης.



Οι κεραμικοί δίσκοι με διάμετρο 350mm/13.79in μαζί με τα καινούργια τεχνολογίας τακάκια εξασφαλίζουν πολύ υψηλές και συνεχές τιμές τριβής κατά την διάρκεια της επιβράδυνσης. Επιπλέον βοηθούνται από τις αλουμινένιες μονοκόμματα δαγκάνες με έξι έμβολα στον μπροστινό άξονα και από τις αλουμινένιες μονοκόμματα δαγκάνες με τέσσερα έμβολα στον πίσω άξονα. Η ανταπόκριση του φρένου είναι πιο γρήγορη και πιο ακριβής με σημαντική μείωση της δύναμης που απαιτείται στο πεντάλ.

Τα κεραμικά φρένα θέτουν οριστικά στάνταρτ σε θέματα όπως το βάρος η σταθερότητα και η ανταπόκριση. Όπως οι δίσκοι από γκρίζο χυτοσίδηρο της Boxster/Boxster S έτσι και οι κεραμικοί δίσκοι είναι διάτρητοι και εσωτερικά αεριζόμενοι αλλά έχουν περίπου το μισό βάρος από ότι ένας δίσκος από χυτοσίδηρο του ίδιου τύπου και μεγέθους. Από την μείωση του βάρους προκύπτει επιπλέον πλεονέκτημα στον λόγο δύναμης προς βάρος και στην κατανάλωση καύσιμου. Πραγματικά βελτιώνεται η οδηγική συμπεριφορά όσον αφορά το κράτημα και την άνεση.

Τα κεραμικά φρένα διατηρούν την σταθερότητα τους στην τριβή ακόμα και κάτω από μεγάλα και ισχυρά φορτία και έτσι προσφέρουν υψηλό επίπεδο ασφάλειας ειδικότερα σε φρεναρίσματα από υψηλές ταχύτητες. Το νέο σύστημα πέδησης επιδεικνύει εξαιρετικά χαρακτηριστικά σε σχέση με την ανταπόκριση των φρένων με σημαντική μείωση της δύναμης στο πεντάλ. Ένα περαιτέρω πλεονέκτημα των PCCB

είναι η μεγάλη διάρκεια ζωής. Το γδάρισμα των κεραμικών δίσκων είναι εξαιρετικά χαμηλό παρόλη την τραχεία υφή των κεραμικών δίσκων σε σχέση με αυτούς από χυτοσίδηρο.



Τα νέα τακάκια έχουν επίσης μεγάλη διάρκεια ζωής. Ωστόσο η φθορά στα εξαρτήματα του συστήματος πέδησης ειδικότερα στους δίσκους και στα τακάκια εξαρτάται κυρίως από τον τρόπο οδήγησης και τις συνθήκες χρήσης και δεν μπορούν να μπουν σε μια φόρμα χιλιομετρικής εγγύησης.



Ως αποτέλεσμα της μεγάλης σταθερότητας στην τριβή και ειδικότερα στο χαμηλό βάρος τα PCCB είναι ιδανικά για χρήση σε υψηλές θερμοκρασίες και για οδήγηση σε αγώνες. Είτε σε αγώνες είτε σε απαιτητική χρήση στον δρόμο η φθορά στους δίσκους και ειδικότερα στα τακάκια σε ένα σύστημα πέδησης με δίσκους από χυτοσίδηρο αυξάνει σημαντικά. Μετά από χρήση σε αγώνα στην περίπτωση χυτοσιδήρων δίσκων υψηλής απόδοσης τα φρένα πρέπει να ελεγχθούν από τεχνικό και πιθανόν κάποια εξαρτήματα να χρειάζονται αντικατάσταση. Ως τεχνική καινοτομία τα PCCB προσφέρουν υψηλό επίπεδο ποιότητας ασφάλειας και οδηγικής συμπεριφοράς κάτω από απαιτητικές συνθήκες οδήγησης χάρις στα χαρακτηριστικά τους το μειωμένο βάρος, τις υψηλές τιμές πέδησης και τη χαμηλή φθορά.

5.4 ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

Τα συστήματα πέδησης στα σημερινά αυτοκίνητα είναι πολύ αποτελεσματικοί μηχανισμοί, εφόσον βέβαια καταβάλλεται η πρέπουσα προσοχή στη συντήρησή τους. Η προσοχή αυτή είναι απαραίτητη γιατί τα υλικά τριβής και τα κινούμενα μέρη τους φθείρονται και άλλα μέρη τους υπόκεινται σε διάβρωση. Έτσι η σημασία της περιοδικής επιθεώρησης είναι πρωταρχική. Ιδιαίτερη σημασία στην περιοδική

συντήρηση πρέπει να δίνεται σε τόπους που χρησιμοποιούν αλάτι ή άλλα χημικά για το λιώσιμο του χιονιού το χειμώνα. Κατά κανόνα σχεδόν, κάθε αστοχία του συστήματος της πέδησης οφείλεται είτε σε έλλειψη είτε σε κακή συντήρηση.

Ένα γενικό πρόγραμμα συντήρησης δίνεται παρακάτω:

Κάθε 1.500 Km ή κάθε μήνα: Έλεγχος της στάθμη του υγρού και με το μάτι όλο το σύστημα για διαρροές. Πριν αφαιρεθεί το πάμα του δοχείου του υγρού καθαρίζεται καλά γύρω για να μην μπουκν σκόνες μέσα στο υγρό. Η στάθμη του υγρού πρέπει κανονικά να είναι 1 ως 15 εκατοστά από τα χείλη του δοχείου. Η επιθεώρηση αυτή πρέπει να γίνεται πιο συχνά στα δισκόφρενα στα οποία η φθορά των πλινθίων αυξάνει από το υγρό που μένει μέσα στους κυλίνδρους των τροχών. Αν παρουσιαστεί απώλεια υγρού είναι ένδειξη ότι υπάρχει κάποια διαρροή στο σύστημα. Αν υπάρχει τέτοια υποψία πρέπει να επιθεωρηθούν όλες οι σωληνώσεις, οι σύνδεσμοι και οι κύλινδροι, ενώ πρέπει το πεντάλ του φρένου να είναι πατημένο. Η διαδρομή του πεντάλ πρέπει να αρχίζει με ελεύθερη κίνηση 2-3 εκατοστών. Αν η ελεύθερη διαδρομή είναι μεγαλύτερη τα φρένα θέλουν ρύθμιση, όπως θα εξηγηθεί παρακάτω. Αν το πεντάλ δείχνει μία ανεπίτρεπτη ελαστικότητα, όπως σφουγγάρι, είναι ένδειξη ότι έχει μπει αέρας στο υδραυλικό σύστημα.

Κάθε 8.000 Km ή κάθε 6 μήνες: Αν το αυτοκίνητο έχει δισκόφρενα ελέγχεται το πάχος του υλικού τριβής και καθαρίζεται η βάση αδράνειας. Η βαλβίδα εξαέρωσης πρέπει να κλειστεί και να λυθεί το χειρόφρενο για να ανασηκωθεί η σφαίρα από τη θέση της. Η ίδια διαδικασία ακολουθείται και για τους δύο πίσω τροχούς. Αν ο κεντρικός κύλινδρος είναι διπλός, οι δύο αποθήκες υγρού πρέπει να είναι συνέχεια γεμάτες κατά την εξαέρωση. Η εργασία αρχίζει από τους πίσω τροχούς και πρώτα απ' τον αριστερό με σιγανό πάτημα του πεντάλ.

Μερικοί κύλινδροι είναι τοποθετημένοι με κλίση και το ψηλότερο σημείο τους είναι το απέναντι, από τη βαλβίδα εξαέρωσης, άκρο τους. Εκεί συνήθως παγιδεύεται αέρας και είναι δύσκολο να βγει. Πολλές φορές χρειάζεται να γείρει το αυτοκίνητο με το γρύλο για να γίνει ο κύλινδρος πιο οριζόντιος και να βγει ο αέρας. Αν σ' ένα δίχαλο η εξαέρωση παρουσιάζει δυσκολίες, μπορούμε να τον χτυπήσουμε μ' ένα μαλακό σφυρί, που κάνει τις φυσαλίδες του αέρα να ξεκολλούν και να βγαίνουν πιο εύκολα.

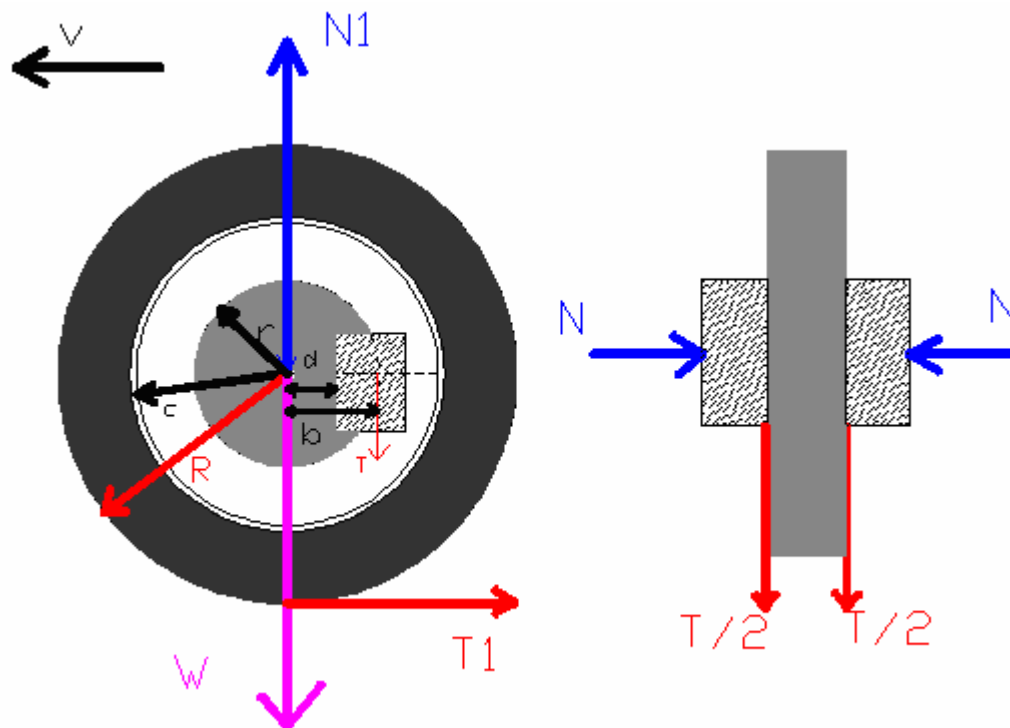
Στο γέμισμα του κεντρικού κυλίνδρου χρησιμοποιείται μόνο καθαρό, καινούριο υγρό.

Μετά από κάθε σοβαρή επέμβαση στο σύστημα της πέδησης γίνονται δοκιμές, για να βεβαιωθούμε για την καλή λειτουργία των φρένων. Στα πρώτα 150-200 Km για τους δίσκους, παρουσιάζεται πάντοτε μία μείωση της αποτελεσματικότητας των φρένων, ώσπου να εφαρμοστούν καλά τα υλικά τριβής. Καλό είναι να χρησιμοποιούμε μαλακά τα φρένα σ' αυτό το διάστημα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Το πρόβλημά μας ασχολείται με την μελέτη των δυνάμεων που ασκούνται σε ένα τροχό και στο σύστημα δισκοφρένου, κατά την διάρκεια φρεναρίσματος ενός αυτοκινήτου με κεραμικά δισκόφρενα το οποίο έχει συνολική μάζα 1370kg. Κινείται με αρχική ταχύτητα $u_{arc}=100\text{km/h}$ έως ότου φρενάρει με επιβράδυνση $\gamma=10\text{m/se}^2$. Γνωρίζοντας ότι η τριβή μεταξύ δρόμου – ελαστικού είναι $n=0.6$ ενώ ο συντελεστής τριβής μεταξύ δισκοφρένου – τακακιού τα οποία είναι και τα δυο από κεραμικό υλικό είναι $\mu=0.9$ με εμβαδόν τακακιού $E_{tak} = 112\text{cm}^2$ και διαστάσεις δίσκου (διάμετρος \times πάχος) = $350\text{mm} \times 34\text{mm}$ εκ της οποίας διαμέτρου τα 175mm είναι η διάμετρος του μουαγέ, (μάζα ζάντας – ελαστικού) = 20kg, (μάζα ζάντας) = 15kg, (μάζα ελαστικού) = 5kg, (μάζα κεραμικού δίσκου) = 3kg, (μάζα μουαγέ = 14kg, προφίλ ελαστικού είναι 105,75mm, η διάμετρο της ζάντας είναι 457,2mm Ζητείται να βρεθούν α) η απόσταση φρεναρίσματος σε όχημα που κινείται με $u_{arc} = 100\text{km/h}$ διαθέτοντας κεραμικά δισκόφρενα έως ότου ακινητοποιηθεί πλήρως, β) Η δύναμη που ασκούν τα τακάκια στο κεραμικό δισκόφρενο, γ) η θερμοκρασία που αναπτύσσεται κατά το φρενάρισμα.



6.1 Απόσταση Φρεναρίσματος

$$u = 100 \text{ km/h} = 27.778 \text{ m/sec}$$

$$g = 10 \text{ m/sec}^2 \text{ (epibradunsh)}$$

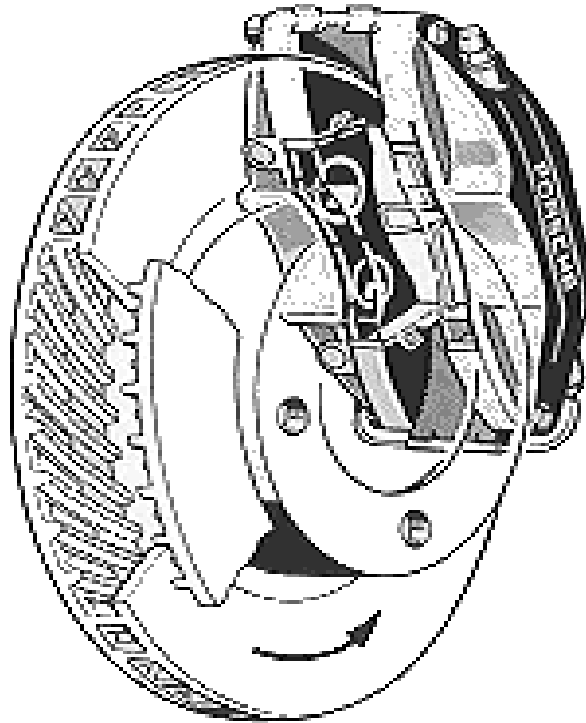
$$u = gt \Rightarrow t = \frac{u}{g} = \frac{27.778}{10} = 2.7778 \text{ sec}$$

$$u_x = \sqrt{u_0^2 - 2S_x g} \Rightarrow u_x^2 = \sqrt{(u_0^2 - 2s_x g)^2} \Rightarrow u_x^2 + 2S_x g = u_0^2 \Rightarrow$$

$$0 + 2S_x g = u_0^2 \Rightarrow S_x = \frac{u_0^2}{2g} \Rightarrow$$

$$S_x = \frac{27.778^2}{2 \times 10} = 38.581 \text{ m}$$

(για ακινητοποίηση)



6.2 Πέδηση Τροχού

Για τον δίσκο και τα τακάκια ισχύει :

$$\frac{T}{2} = mN \quad (1),$$

όπου μ ο συντελεστής τριβής δίσκου - τακάκι

Για τον τροχό - έδαφος ισχύει :

$$T_1 = nN_1 \quad (2),$$

όπου n ο συντελεστής τριβής τροχού - έδαφος

Από την ανάλυση δυνάμεων στον τροχό:

$$N = W \quad (3),$$

άρα η

$$(2) \quad T_1 = nW \quad (4)$$

Για τον τροχό ισχύει :

$$\sum M = Ia \quad (5),$$

όπου I η Ροπή Αδράνειας του τροχού, με

$$a = \frac{dw}{dt} \quad (6)$$

Θεωρώντας ότι η τριβή T από τα τακάκια δρα ως σημειακή δύναμη (και όχι ως κατανεμημένη στην επιφάνεια επαφής μεταξύ δίσκου και τακακιών), η απόσταση d είναι η απόσταση του κέντρου βάρους της επιφάνειας επαφής τακακιού και δίσκου από το κέντρο περιστροφής του τροχού (βλέπε σχήμα 5)

$$\Rightarrow T_1 R - Td = Ia \Rightarrow nWR - Td = Ia \Rightarrow T = \frac{nWR - Ia}{d} \stackrel{(1)}{\Rightarrow} 2mN = \frac{nWR - Ia}{d} \Rightarrow N = \frac{nWR - Ia}{2md} \quad (7)$$

Θεωρώ ότι ο τροχός ΔΕΝ ολισθαίνει αλλά καθ' όλη την διάρκεια της πέδησης έχουμε κύλιση, οπότε ισχύει :

$$V = wR \Rightarrow \frac{dV}{dt} = R \frac{dw}{dt} \stackrel{(6)}{\Rightarrow} g = Ra \Rightarrow a = \frac{g}{R} \quad (8)$$

Η (8) στην (7), οπότε:

$$N = \frac{nWR - I \frac{g}{R}}{2md} \quad (9)$$

Προκειμένου να υπολογιστεί η δύναμη N θα πρέπει να θεωρήσουμε ότι η επιβράδυνση g , που προκαλείται κατά την πέδηση του τροχού, είναι σταθερή. Οπότε :

α) Εάν γνωρίζουμε την αρχική ταχύτητα V_0 και τον χρόνο πέδησης t μέχρι την πλήρη ακινητοποίηση του τροχού είναι :

$$V = V_0 - gt \Rightarrow V_0 = gt \Rightarrow g = \frac{V_0}{t}$$

άρα η (9) γίνεται :

$$N = \frac{nWR - I \frac{Vo}{tR}}{2md}$$

β)Εάν γνωρίζουμε την αρχική ταχύτητα V_0 και την συνολική απόσταση S μέχρι την πλήρη ακινητοποίηση του τροχού είναι :

$$V^2 = V_0^2 - 2gS \Rightarrow 0 = V_0^2 - 2gS \Rightarrow g = \frac{V_0^2}{2S},$$

άρα η (9) γίνεται :

$$N = \frac{nWR - I \frac{V_0^2}{2SR}}{2md} \Rightarrow$$

Για βάρος (W) παίρνουμε το βάρος του αυτοκινήτου και το διαιρούμε με το οχτώ γιατί αναλογεί το 1/8 του βάρους σε κάθε τακάκι.

$$N = \frac{0.6 \times 171.25 \times 9.81 \times 0.33435 - 1.20175948 \times \frac{27.778^2}{2 \times 38.581 \times 0.33435}}{2 \times 0.9 \times 0.0875} \Rightarrow$$

$$N = 1911.582513 \text{Newton}$$



Επιπλέον :

6.3 Ροπή Αδρανείας I Τροχού :

$$I = \frac{1}{2}M(R^2 - c^2) + \frac{1}{2}mr^2 + \frac{1}{2}M_1(c^2 - r^2),$$

$$I = \frac{1}{2}20(0.33435^2 - 0.2286^2) + \frac{1}{2}17(0.175^2) + \frac{1}{2}32(0.2286^2 - 0.175^2) \Rightarrow$$

$$I = 0.59531968 + 0.2603125 + 0.34612736 \Rightarrow$$

$$I = 1.20175948 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

όπου M η μάζα του ελαστικού - ζάντας , m η μάζα του δίσκου πέδησης μαζί με το μπουαγέ και M_1 η μάζα ζάντας – δίσκου πέδησης μαζί με το μπουαγέ

6.4 Εκλυόμενη Θερμότητα



Θ.Μ.Κ.Ε

$$\Delta E = \Delta W \Rightarrow$$

$$E_{tel} - E_{arc} = W_F + Q \Rightarrow 0 - \frac{1}{2} I w^2 = -F_{tak} S + Q \Rightarrow$$

$$Q = F_{tak} S - \frac{1}{2} I w^2$$

$$u = wr$$

$$w = \frac{u}{r} \Rightarrow w = \frac{27.778}{0.175} = 158.7314286 \frac{1}{\text{sec}} \quad (1)$$

άρα από την 1 έχουμε:

$$Q = F_{tak}S - \frac{1}{2}I\frac{u}{r}$$

$$I = \frac{1}{2}MR^2 \Rightarrow \frac{1}{2} \times 17 \times 0.175^2 \Rightarrow I = 0.2603125 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

άρα το Q θα είναι:

$$Q = 1911.582513 \times 38.581 - \frac{1}{2} \times 0.2603125 \times 158.7314286 \Rightarrow$$

$$Q = 73730.10505 \text{ Joule}$$



ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Κατά την προσπάθεια ανάλυσης και κατανόησης της εφαρμογής των κεραμικών δισκοφρένων σε αυτοκίνητα διαπιστώθηκε ότι η εφαρμογή τους είναι αρκετά περιορισμένη λόγω των χαρακτηριστικών που τα αποτελούν γι' αυτό και χρησιμοποιούνται σε αυτοκίνητα υψηλής ιπποδύναμης και μεγάλου βάρους τα οποία χρειάζεται παρ' όλη την μεγάλη ταχύτητα όπου κινούνται να σταματήσουν σε όσο το δυνατόν μικρότερες αποστάσεις. Στα οχήματα αυτά το προσδοκώμενο αποτέλεσμα γίνεται εφικτό με την χρήση των κεραμικών δισκοφρένων όπου η μελέτη μας έδειξε ότι έχουν μεγαλύτερη απόδοση από τα κοινά δισκόφρενα τα οποία αποτελούνται από κράματα χάλυβα και αλουμινίου, δίνοντας μας μικρές αποστάσεις φρεναρίσματος, μεγάλη αξιοπιστία και μεγάλο θερμοκρασιακό φάσμα ομαλής λειτουργίας καθώς παρατηρήθηκε ότι τα κεραμικά δισκόφρενα λειτουργούν ικανοποιητικά κάτω από εξαιρετικά υψηλές θερμοκρασίες όπου τα κοινά δισκόφρενα από μεταλλικά κράματα αδυνατούν να αντεπεξέλθουν στις συνθήκες φόρτισης εξαιτίας του χαμηλού σημείου τήξης που διαθέτουν. Επίσης οι κεραμικοί δίσκοι των φρένων είναι εξαιρετικά ελαφρύτεροι από τους μεταλλικούς δίσκους δίνοντάς μας το πλεονέκτημα της μείωσης βάρους του οχήματος. Αλλά επίσης παρατηρούνται και κάποια μειονεκτήματα. Ένα μειονέκτημα είναι πως για να έρθουν στο σημείο ικανοποιητικού βαθμού απόδοσης πρέπει να έχει επέλθει στο υλικό μια ορισμένη θερμοκρασία η οποία θεωρείται πολύ υψηλή για αυτοκίνητα καθημερινής χρήσης. Ένα ακόμη πολύ σοβαρό μειονέκτημα σε σχέση με τα κοινά δισκόφρενα μεταλλικών κραμάτων είναι η πορώδης σύνθεσή τους δηλαδή λόγω αυτής της σύνθεσης όταν απορροφούν υγρασία η απόδοσή τους πέφτει κατακόρυφα και επαναφέρεται η απόδοσή τους όταν η θερμοκρασία φτάσει σε υψηλά επίπεδα ώστε να έχουμε εξάτμιση της υγρασίας. Επίσης ένα μειονέκτημα είναι η αρνητική επίδραση στα παραπλήσια από κεραμικό δίσκο υλικά εξαιτίας της υψηλής θερμοκρασίας που αναπτύσσεται.

Επιπλέον ένα τελικό μειονέκτημα είναι η εξαιρετικά υψηλή τιμή τους που καθιστά αδύνατη την εφαρμογή τους στα αυτοκίνητα καθημερινής χρήσης. Επομένως δεν συνιστάται η τοποθέτησή τους σε αυτοκίνητα και γενικότερα οχήματα μέσω των απαιτήσεων χωρίς να αποκλείει τη χρήση τους στο μέλλον στις κατηγορίες αυτών των οχημάτων εφόσον έχουν λυθεί τα προβλήματα που παρουσιάζουν.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

BIBΛΙΑ

1. **Peter J.Blau**, «**FRICITION SCIENCE AND TECHNOLOGY**», **1995**
2. **Michael Barsoum**, «**FUNDAMENTALS OF CERAMICS** », **1997**
3. **J.A.Williams**,«**Engineering Tribology** »,**1994**
4. **Bharut bhushan-B.K.Guetu**, «**HANDBOOK OF TRIBOLOGY**», **1991**
5. **Ευάγγελος Βάος,R.P.Surr,T.P.Newcomp**, «**Εγκυκλοπαίδεια του αυτοκινήτου.2/φρένα και συστήματα πέδησης αυτοκινήτου**», **Εκδόσεις «Γαλούσης» 1979**
6. **Ευάγγελος Βάος,Arthur W.Judge**,« **Εγκυκλοπαίδεια του αυτοκινήτου.6/Συντήρηση και επισκευές αυτοκινήτου**», **Εκδόσεις «Γαλούσης» 1979**
7. **N.Παρίκος,Σ.Λέγγας**, «**Αυτοκίνητο.2/Βασικές βλάβες επισκευές**», **Εκδόσεις «Ιών» 1991**
8. **Πασχάλης Ρετζέπης**, «**Τεχνολογία Αυτοκινήτου**», **Εκδόσεις «Ιών» 1993**
9. **Δημήτριος Ζευγώλης, Σταύρος Κώτσόπουλος**, «**Τρίγλωσσο λεξικό τεχνολογίας αυτοκινήτου: ερμηνευτικό και περιγραφικό (γερμανικά – αγγλικά - ελληνικά)**», **Εκδόσεις «Τζιόλα» 2004**

INTERNET

1. «Technology brakes»,
http://www.eurpeancarweb.com/tech/0406ec_brakes/
διαθέσιμο 8/2/2006

2. «ceramic brakes», <http://contnt3.us.porsche.com> διαθέσιμο 8/2/2006

3. «Porsche ceramic composite brakes»,
<http://www3.porsche.com/pccb/default.asp?market=PCNA>
διαθέσιμο 8/2/2006

4. «auto designer braking»,
http://www.worldauto.com/ar/auto_designer_braking/
διαθέσιμο 8/2/2006