

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η συγκεκριμένη εργασία εκπονήθηκε από τους φοιτητές Συμεωνίδα Δημήτριο και Παληκύρα Ευάγγελο με υπεύθυνο και επιβλέπων καθηγητή τον κύριο Μίχο Φώτιο. Σκοπός της είναι, να αναφερθούν και να περιγραφούν τα κύρια είδη πέδησης των οχημάτων καθώς και το πώς αυτά τα συστήματα εξελίχθηκαν και βελτιώθηκαν με το πέρασμα του χρόνου. Επιπλέον γίνεται αναφορά και στα βοηθητικά συστήματα πέδησης. Επίσης η εργασία αυτή περιγράφει τα διάφορα εξαρτήματα που αποτελούν ένα σύστημα πέδησης και αναφέρει τα υλικά από τα οποία κατασκευάζονται. Η εργασία περιγράφει διεξοδικά τις πιο συχνές βλάβες που μπορούν να παρουσιαστούν σε ένα κύκλωμα πέδησης και αναφέρει τρόπους για την σωστή λειτουργία και συντήρηση των φρένων ενός οχήματος. Τέλος γίνεται και αναφορά σε πιο σπάνια συστήματα πέδησης και στα μελλοντικά όπως το brake by wire.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
1.1 Ιστορική αναδρομή	4
1.2 Πέδηση	5
1.3 Χαρακτηριστικά	6
2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΒΑΣΙΚΑ ΕΙΔΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΕΔΗΣΗΣ	8
2.1 Ταμπούρο	8
2.1.1 Τρόπος λειτουργίας	9
2.1.2 Ιστορική αναδρομή	10
2.1.3 Εξαρτήματα	12
2.1.4 Πλεονεκτήματα	17
2.1.5 Μειονεκτήματα	17
2.2 Δίσκος	20
2.2.1 Τρόπος λειτουργίας	21
2.2.2 Ιστορική αναδρομή	23
2.2.3 Εφαρμογές σε αγώνες	24
2.2.4 Μαζική παραγωγή	24
2.2.5 Εξαρτήματα	25
2.2.6 Πλεονεκτήματα	30
2.2.7 Μειονεκτήματα	30
2.3 Φρένο κινητήρα	31
2.3.1 Βενζινοκινητήρες	31
2.3.2 κινητήρες ντίζελ	32
3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΥΛΙΚΑ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΕΔΗΣΗΣ.....	34
3.1 Οργανικά	34
3.2 Ημιμεταλλικά	35
3.3 Κεραμικά	36
3.4 Μεταλλικά	36
4. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΒΟΗΘΗΣΗΣ ΠΕΔΗΣΗΣ	38
4.1 Υγρά φρένων	39
4.1.1 Χαρακτηριστικά	39

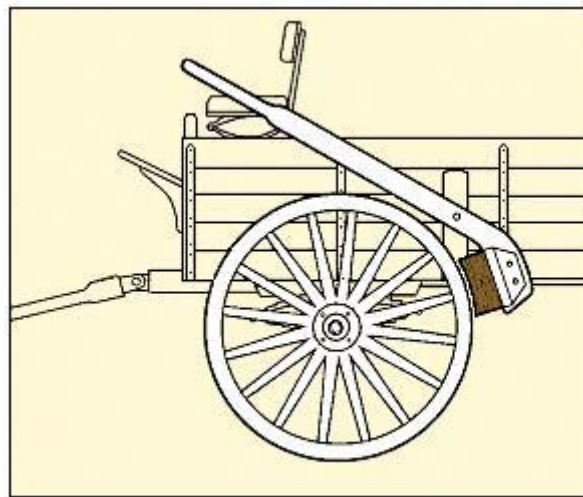
4.1.2 Συντήρηση.....	43
4.2 Λειτουργία πέδησης με συμπιεσμένο αέρα	45
4.2.1 Σχεδιασμός και λειτουργία	45
4.2.2 Εξαρτήματα	48
4.2.3 Πλεονεκτήματα	56
5. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ	57
5.1 ABS	57
5.1.1 Ιστορία	58
5.1.2 Λειτουργία	59
5.1.3 Εξαρτήματα	60
6. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΨΥΞΗ	64
6.1 Αεριζόμενοι δίσκοι	65
6.2 Αγωγοί αέρα	69
6.3 Εφαρμογή σε μοτοσυκλέτες	71
7. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΒΛΑΒΕΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ	73
7.1 Φρένα τυμπάνου	73
7.2 Φρένα με δίσκο	75
7.3 Σωστή χρήση των φρένων	80
7.4 Σωστή συντήρηση των φρένων	81
8. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ΑΛΛΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΕΔΗΣΗΣ	82
8.1 Φρένο με βαλβίδα στραγγαλισμού στην εξάτμιση	82
8.2 Retarder	84
8.3 Intarder	87
9. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΕΔΗΣΗΣ	88
9.1 Brake by wire	88
9.1.1 Αρχή λειτουργίας	88
ΕΠΙΛΟΓΟΣ	92
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΠΗΓΕΣ	93

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ιστορική αναδρομή

Από την αρχή που ο άνθρωπος άρχισε να κατασκευάζει τροχοφόρα οχήματα, υπήρχε ανάγκη για μια μονάδα κίνησης του οχήματος καθώς επίσης και ενός συστήματος το οποίο θα μπορούσε να επιβραδύνει και να ακινητοποιήσει το όχημα. Έτσι λοιπόν εφευρέθηκε το φρένο. Αρχικά τοποθετήθηκε ένας μοχλός ο οποίος, με την κίνηση που έκανε ο οδηγός, μπλόκαρε την κίνηση των τροχών και έτσι πραγματοποιούνταν η πέδηση του οχήματος. Αυτό το σύστημα ξεκίνησε από τις άμαξες και χρησιμοποιήθηκε στα πρώτα αυτοκινούμενα οχήματα. Λόγω του ότι αυτό το σύστημα πέδησης μπορούσε να λειτουργήσει σε πολύ χαμηλές ταχύτητες (περίπου στα 15 με 30 χιλιόμετρα) εγκαταλείφθηκε γρήγορα από τους ελάχιστους τότε κατασκευαστές αυτοκινήτων και παραχώρησε την θέση του σε πιο ολοκληρωμένα και πιο ισχυρά συστήματα πέδησης.



1.2 Πέδηση

Η πέδηση είναι πολύ σημαντικός παράγοντας στον τομέα των οχημάτων. Εξαρτάται από πολλές παραμέτρους μερικές από τις οποίες είναι το είδος του συστήματος πέδησης, η εφαρμοζόμενη δύναμη πέδησης, τα υλικά των φρένων, η υγρασία, η θερμοκρασία, η κατάσταση και η επιφάνεια του εδάφους. Η πέδηση σε ένα όχημα-αναλόγως της χρήσης του- θα πρέπει να είναι αποτελεσματική, σταθερή και όσο το δυνατό σε συντομότερο χρονικό διάστημα από την στιγμή που ο οδηγός ενεργοποιήσει τα φρένα.

Το φρένο είναι μια μηχανική διάταξη η οποία αναστέλλει την κίνηση, επιβραδύνοντας ή σταματώντας ένα κινούμενο αντικείμενο συνεπώς και την κίνησή του. Συνήθως χρησιμοποιούνται φρένα τριβής μεταξύ δύο επιφανειών τα οποία πιέζονται μαζί για να μετατραπεί η κινητική ενέργεια του κινούμενου αντικειμένου σε τριβή και θερμότητα.

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλες μέθοδοι μετατροπής ενέργειας. Για παράδειγμα η αναγεννητική πέδηση μετατρέπει μεγάλο μέρος της κινητικής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια, η οποία μπορεί να αποθηκευθεί για μεταγενέστερη χρήση. Αυτή η μέθοδος όμως θα περιγραφεί σε άλλο κεφάλαιο. Άλλες μέθοδοι μετατρέπουν την κινητική ενέργεια σε δυνητική ενέργεια η οποία αποθηκεύεται σε μορφές όπως πεπιεσμένος αέρας ή λάδι υπό πίεση. Τα φρένα εφαρμόζονται γενικά σε άξονες που περιστρέφονται ή στους τροχούς.

Ορισμένα οχήματα (αγωνιστικά) χρησιμοποιούν ένα συνδυασμό μηχανισμών πέδησης, όπως ένα αλεξιπτώτο. Επίσης τα αεροπλάνα εκτός από τα φρένα τροχών χρησιμοποιούν και τα φρένα αέρα τα οποία λειτουργούν με τα πτερύγια του αεροσκάφους υπό μια κλίση κατά την οποία παράγεται αντίσταση του αέρα και συνεπώς επιτυγχάνετε ένα ποσοστό πέδησης. Επειδή η κινητική ενέργεια αυξάνεται με την ταχύτητα, ένα αντικείμενο που κινείται με 10 m / s έχει 100 φορές περισσότερη ενέργεια από ένα με την ίδια μάζα το οποίο κινείται με 1 m / s . Κατά συνέπεια η θεωρητική απόσταση πέδησης που απαιτείται είναι 100 φορές μεγαλύτερη. Στην πράξη, τα γρήγορα οχήματα χρησιμοποιούν σημαντικά την αντίσταση του αέρα. Σχεδόν όλα τα τροχοφόρα οχήματα έχουν ένα φρένο κάποιου είδους. Τα φρένα στα αυτοκίνητα, κατά την πέδηση, παράγουν θερμότητα στο ταμπόρο ή τον δίσκο η οποία στη συνέχεια αποβάλλεται στον αέρα σταδιακά. Όταν το όχημα ταξιδεύει σε κατηφορικό δρόμο μπορεί να χρησιμοποιηθεί το φρένο του κινητήρα του (αυτό επιτυγχάνεται επιλέγοντας μια μικρή σχέση μετάδοσης στο κιβώτιο ταχυτήτων και ως αποτέλεσμα έχει το όχημα να επιβραδύνει και να κρατά μια σταθερή ταχύτητα.

1.3 Χαρακτηριστικά

Τα φρένα συχνά περιγράφονται σύμφωνα με χαρακτηριστικά όπως:

- **Μέγιστη δύναμη** - Η μέγιστη δύναμη είναι η μέγιστη επίδραση επιβράδυνσης που μπορεί να επιτευχθεί. Η μέγιστη δύναμη είναι συχνά μεγαλύτερη από το όριο πρόσφυσης των ελαστικών, σε αυτήν την περίπτωση το φρενάρισμα μπορεί να προκαλέσει την ολίσθηση ενός τροχού.
- **Συνεχής κατανάλωση ισχύος** – Τα φρένα συνήθως ζεσταίνονται κατά τη χρήση, και η απόδοσή τους μειώνεται όταν η θερμοκρασία γίνεται πολύ υψηλή. Η μεγαλύτερη ποσότητα της ενέργειας (ενέργεια ανά μονάδα χρόνου) η οποία μπορεί να διαχέεται μέσω του φρένου είναι η συνεχής κατανάλωση ισχύος. Η συνεχής κατανάλωση ισχύος εξαρτάται από την θερμοκρασία και την ταχύτητα του αέρα του περιβάλλοντος ψύξης.
- **Φθορά** – Όταν τα φρένα ζεσταίνονται, μπορεί να καταστούν λιγότερο αποτελεσματικά και αυτό ονομάζεται φθορά του φρένου. Μερικά συστήματα φρένων είναι επιρρεπή στο να φθείρονται σε σχετικά μεγάλο βαθμό, ενώ άλλα είναι σε μικρότερο. Συχνά οι μέθοδοι ψύξης των φρένων έχουν μεγάλη επίδραση ενάντια στην φθορά.
- **Ομαλότητα** – Όταν ένα φρένο δεν είναι λείο, μπορεί να προκαλέσει διακυμάνσεις στην επιφάνειά του δίσκου και αυτό να προκαλεί διακυμάνσεις κατά την πέδηση και ανομοιόμορφο φρενάρισμα. Για παράδειγμα, οι τροχοί των σιδηροδρόμων έχουν μικρή πρόσφυση, και τα φρένα τριβής χωρίς αντιολισθητικό μηχανισμό συχνά προκαλούν διακυμάνσεις στις γραμμές του τρένου, γεγονός που αυξάνει το κόστος συντήρησης και οδηγεί σε ταλαντώσεις στο εσωτερικό των βαγονιών.
- **Ισχύς** - Τα φρένα συχνά περιγράφονται ως "ισχυρά" όταν μια μικρή ανθρώπινη δύναμη προκαλεί μια δύναμη πέδησης η οποία είναι υψηλότερη από άλλα συστήματα πέδησης στην ίδια κατηγορία. Αυτή η έννοια του «ισχυρού» δεν σχετίζεται με τη συνεχή κατανάλωση ισχύος.

- **Αίσθηση στο πεντάλ** – Η αίσθηση στο πεντάλ του φρένου περιλαμβάνει υποκειμενική αντίληψη της ισχύος πέδησης ως συνάρτηση της διαδρομής του πεντάλ. Η διαδρομή του πεντάλ επηρεάζεται από τη μετατόπιση του υγρού του φρένου και από άλλους παράγοντες.
- **Ανθεκτικότητα** –Τα φρένα τριβής έχουν επιφάνειες οι οποίες φθείρονται και πρέπει να ανανεώνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα. Οι επιφάνειες που φθείρονται περιλαμβάνουν τα τακάκια των φρένων , καθώς επίσης τους δίσκους και τα τύμπανα. Επίσης συστήματα πέδησης με υψηλή δύναμη πέδησης έχουν και την ανάλογη αυξημένη φθορά.
- **Βάρος** – Τα φρένα συχνά έχουν πρόσθετο βάρος και αυτό δεν εξυπηρετεί καμία λειτουργία. Επιπλέον , τα φρένα είναι συχνά τοποθετημένα στους τροχούς, και η μη αναρτημένη μάζα μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την πρόσφυση σε ορισμένες περιπτώσεις. Το βάρος μπορεί να περιλαμβάνει το βάρος του ίδιου του φρένου, ή μπορεί να περιλαμβάνει επιπλέον δομή υποστήριξης του συστήματος πέδησης.
- **Θόρυβος** – Τα φρένα δημιουργούν συνήθως κάποιους μικρούς θορύβους όταν ενεργοποιούνται , αλλά συχνά εμφανίζεται το λεγόμενο τρίξιμο ή σφύριγμα των φρένων το οποίο είναι αρκετά δυνατό.
 Αν και στην ιδανική περίπτωση ένα φρένο θα μετατρέψει όλη την κινητική ενέργεια σε θερμότητα, στην πράξη ένα σημαντικό ποσό μπορεί να μετατραπεί σε ακουστική ενέργεια συμβάλλοντας στην ηχορύπανση.
 Για τα οδικά οχήματα, ο θόρυβος που παράγεται διαφέρει σημαντικά με την κατασκευή των ελαστικών, του οδοστρώματος και το μέγεθος της επιβράδυνσης. Ο θόρυβος μπορεί να προκληθεί από διάφορους λόγους.
 Μερικοί θόρυβοι είναι σημάδι ότι μπορεί να υπάρχουν προβλήματα με τη φθορά των φρένων κατά την πάροδο του χρόνου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

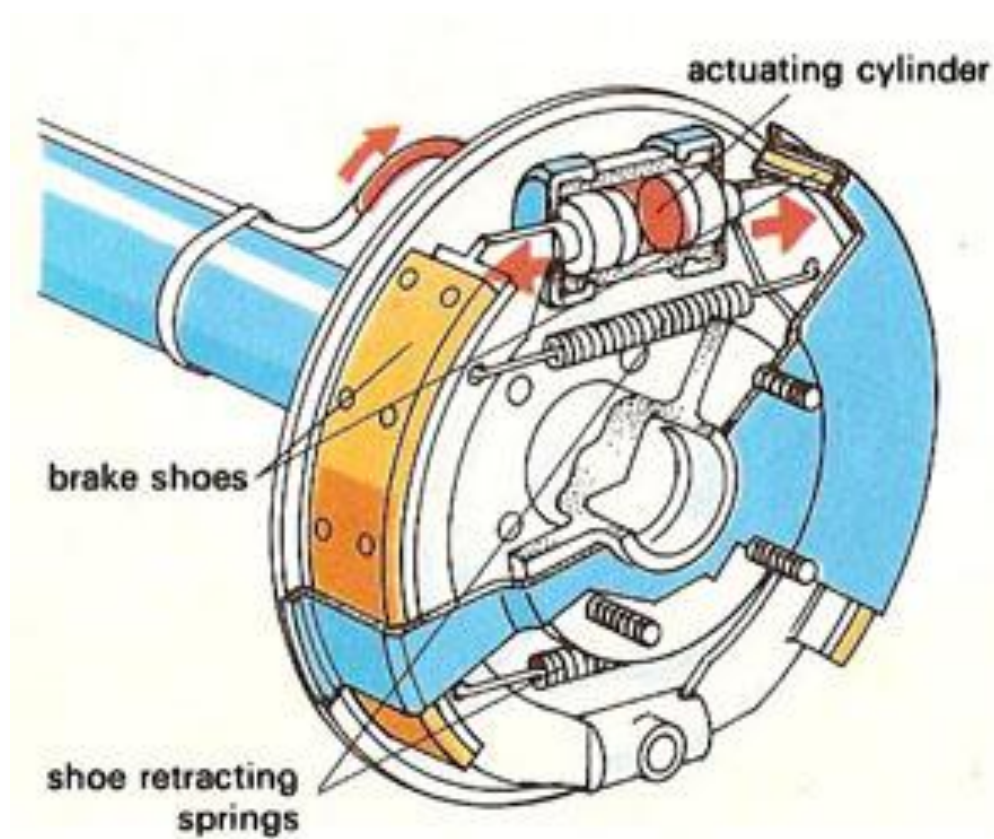
ΒΑΣΙΚΑ ΕΙΔΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΕΔΗΣΗΣ

2.1 Ταμπούρο



Αυτό το είδος φρένου είναι το παλαιότερο καθώς και το πιο οικονομικό. Ο τρόπος λειτουργίας του είναι απλός. Η συντήρηση του είναι σχετικά εύκολη καθώς η αντικατάσταση των εξαρτημάτων του είναι μια απλή διαδικασία.

2.1.1 Τρόπος λειτουργίας



Κατά τη λειτουργία του, το φρένο τυμπάνου ωθείται είτε από υδραυλική πίεση είτε από δύναμη η οποία μεταφέρετε μέσω καλωδίου (ντίζα). Στη συνέχεια η πίεση αυτή μεταφέρεται στο επενεργητικό κυλινδράκι το οποίο με τη σειρά του ωθεί δυο βέργες προς την έξω μεριά του τυμπάνου. Οι βέργες αυτές σπρώχνουν τις σιαγόνες των φρένου και αυτές ακουμπούν στο εσωτερικό μέρος του τυμπάνου. Ως αποτέλεσμα έχει, μέσω της τριβής που παράγεται μεταξύ τυμπάνου και σιαγόνων, να ακινητοποιείτε ο τροχός του οχήματος συνεπώς και όλο το όχημα. Όταν ο οδηγός αφήσει το φρένο τα δύο ελατήρια επαναφέρουν τις σιαγόνες στην αρχική τους θέση.

2.1.2 Ιστορική αναδρομή

Το φρένο τυμπάνου στην σύγχρονη βιομηχανία αυτοκινήτων χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά σε ένα αυτοκίνητο κατασκευασμένο από την Maybach το 1900, παρόλο που λίγο αργότερα η συγκεκριμένη τεχνολογία κατοχυρώθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας το 1902 από τον Louis Renault. Συνήθως χρησιμοποιούταν αμίαντος για την επένδυση στα ταμπούρα, καθώς δεν υπήρχε εναλλακτική λύση για να διαχέεται η θερμότητα όπως με την χρήση αυτής της μεθόδου, αν και Maybach είχε χρησιμοποιήσει λιγότερο εξελιγμένα ταμπούρα. Στο πρώτο φρένο τύμπανου, οι μοχλοί και οι ράβδοι ή καλώδια (ντίζες) ωθούσαν τα τακάκια μηχανικά. Από τα μέσα της δεκαετίας του 1930, χρησιμοποιήθηκε η πίεση λαδιού σε ένα μικρό κύλινδρο με έμβολα το οποίο ενεργοποιούσε τα φρένα, αν και ορισμένα οχήματα συνέχισαν να λειτουργούν με καθαρά μηχανικά συστήματα για δεκαετίες. Μερικά σχέδια φρένων αποτελούνται από δύο κυλίνδρους ώθησης των φρένων.

Τα τακάκια στα ταμπούρα φθειρόντουσαν, και απαιτούνταν η τακτική ρύθμισή τους μέχρι την καθιέρωση των αυτορύθμιστων φρένων στη δεκαετία του 1950. Τα τύμπανα είναι επιρρεπή στην αυξημένη φθορά κατά την επαναλαμβανόμενη χρήση.

Το 1953, η Jaguar τοποθέτησε σε τρία αυτοκίνητα της δισκόφρενα στον αγώνα του Le Mans, όπου κέρδισε, και μεγάλο μέρος της επιτυχίας τους οφείλονταν στην πολύ καλή πέδηση σε σχέση με τους -εξοπλισμένους με φρένο τυμπάνου- αντιπάλους τους. Αυτό αποτελούσε την αρχή του τέλους για την κυριαρχία του φρένου τυμπάνου στα επιβατικά αυτοκίνητα. Από το 1955 έως τη δεκαετία του 1970, το δισκόφρενο αντικατέστησε σταδιακά το φρένο τύμπανου στους μπροστινούς τροχούς των αυτοκινήτων. Τώρα σχεδόν όλα τα αυτοκίνητα είναι εξοπλισμένα με δισκόφρενα στους εμπρός τροχούς και πολλά από αυτά εξοπλίζονται με δισκόφρενα και στους οπίσθιους τροχούς.

Στις Ηνωμένες Πολιτείες, το μοντέλο Jeep CJ-5 (που κατασκευαζόταν από την AM General) ήταν το τελευταίο αυτοκίνητο (που παραγόταν για την Ταχυδρομική Υπηρεσία των ΗΠΑ) το οποίο χρησιμοποιούσε μπροστινά φρένα τυμπάνων όταν καταργήθηκε το 1984. Ωστόσο, τα ταμπούρα εξακολούθησαν να χρησιμοποιούνται συχνά για τα χειρόφρενα των αυτοκινήτων, καθώς είχε αποδειχθεί πολύ δύσκολο να σχεδιαστεί ένα δισκόφρενο κατάλληλο να ακινητοποιήσει ένα παρκαρισμένο αυτοκίνητο. Επιπλέον, ήταν πολύ εύκολο να χωρέσει ένα τύμπανο χειρόφρενου στο εσωτερικό ενός δισκοφρένου έτσι ώστε μία μονάδα να χρησιμεύει ως φρένο λειτουργίας και ως χειρόφρενο.

Τα πρώτα τακάκια των φρένων περιείχαν αμιάντο. Κατά την εργασία στα συστήματα πέδησης των παλαιότερων αυτοκινήτων, θα έπρεπε να λαμβάνετε μέριμνα ώστε να μην εισπνεόταν σκόνη που υπάρχει στο σύστημα του φρένου. Η ομοσπονδιακή κυβέρνηση των Ηνωμένων Πολιτειών άρχισε σιγά σιγά να περιορίζει την χρήση αμιάντου στην κατασκευή των φρένων, και οι κατασκευαστές έπρεπε να στραφούν σε συστήματα που δεν περιείχαν αμιάντο. Οι ιδιοκτήτες αρχικά παραπονέθηκαν για κακή απόδοσή πέδησης με τους αντικαταστάτες του αμιάντου. Ωστόσο, η τεχνολογία προχώρησε και τα προβλήματα εξαλείφτηκαν. Η πλειοψηφία των παλαιών οχημάτων καθημερινής χρήσης εξοπλίστηκε με επενδύσεις χωρίς αμιάντο. Πολλές άλλες χώρες περιόρισαν την χρήση του αμιάντου στα φρένα.

2.1.3 Εξαρτήματα

Ένα φρένο τυμπάνου αποτελείται από εξαρτήματα όπως την πλάκα υποστηρίξεως (κιθάρα) , το τύμπανο , τα τακάκια , τα υδραυλικά κυλινδράκια , και διάφορους άλλους μηχανισμούς.

- **Πλάκα Υποστηρίξεως (κιθάρα)**

Η πλάκα υποστηρίξεως αποτελεί την βάση για τα υπόλοιπα εξαρτήματα μέσα στο τύμπανο. Είναι τοποθετημένη στο εσωτερικό του τροχού και αποτελεί μια μη-περιστρεφόμενη άκαμπτη επιφάνεια πάνω στους τροχούς στην οποία στερεώνονται οι σιαγώνες (τακάκια) , τα κυλινδράκια και διάφορα εξαρτήματα του φρένου . Δεδομένου ότι κατά την λειτουργία της πέδησης ασκείται πίεση στην πλάκα στήριξης, θα πρέπει να είναι ισχυρή και ανθεκτική στη φθορά. Μηχανισμοί για το φρένο έκτακτης ανάγκης ή για το φρένο στάθμευσης , και τον αυτόματο ρυθμιστή προστέθηκαν επίσης τα τελευταία χρόνια.



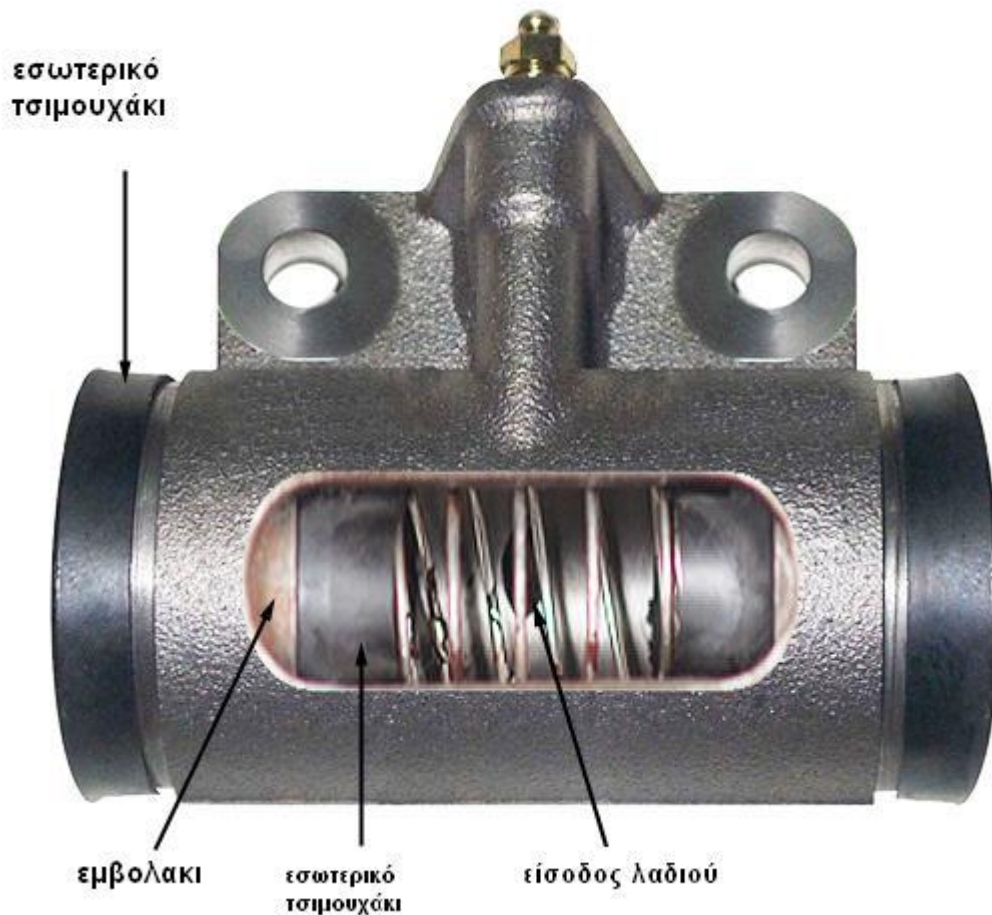
- **Ταμπόρο του φρένου**

Το ταμπόρο του φρένου είναι κατασκευασμένο από χυτοσίδηρο ειδικού τύπου που είναι θερμικά αγωγίμος και ανθεκτικός στη φθορά. Περιστρέφεται μαζί με τον τροχό. Όταν ο οδηγός ενεργοποιεί τα φρένα, οι σιαγώνες ωθούνται προς την εσωτερική επιφάνεια του τυμπάνου, και από την τριβή που δημιουργείται επιβραδύνεται ή σταματά η περιστροφή του τροχού και συνεπώς ολόκληρου του οχήματος. Αυτή η τριβή όμως προκαλεί θερμότητα.



- **Υδραυλικό κυλινδράκι πίεσης**

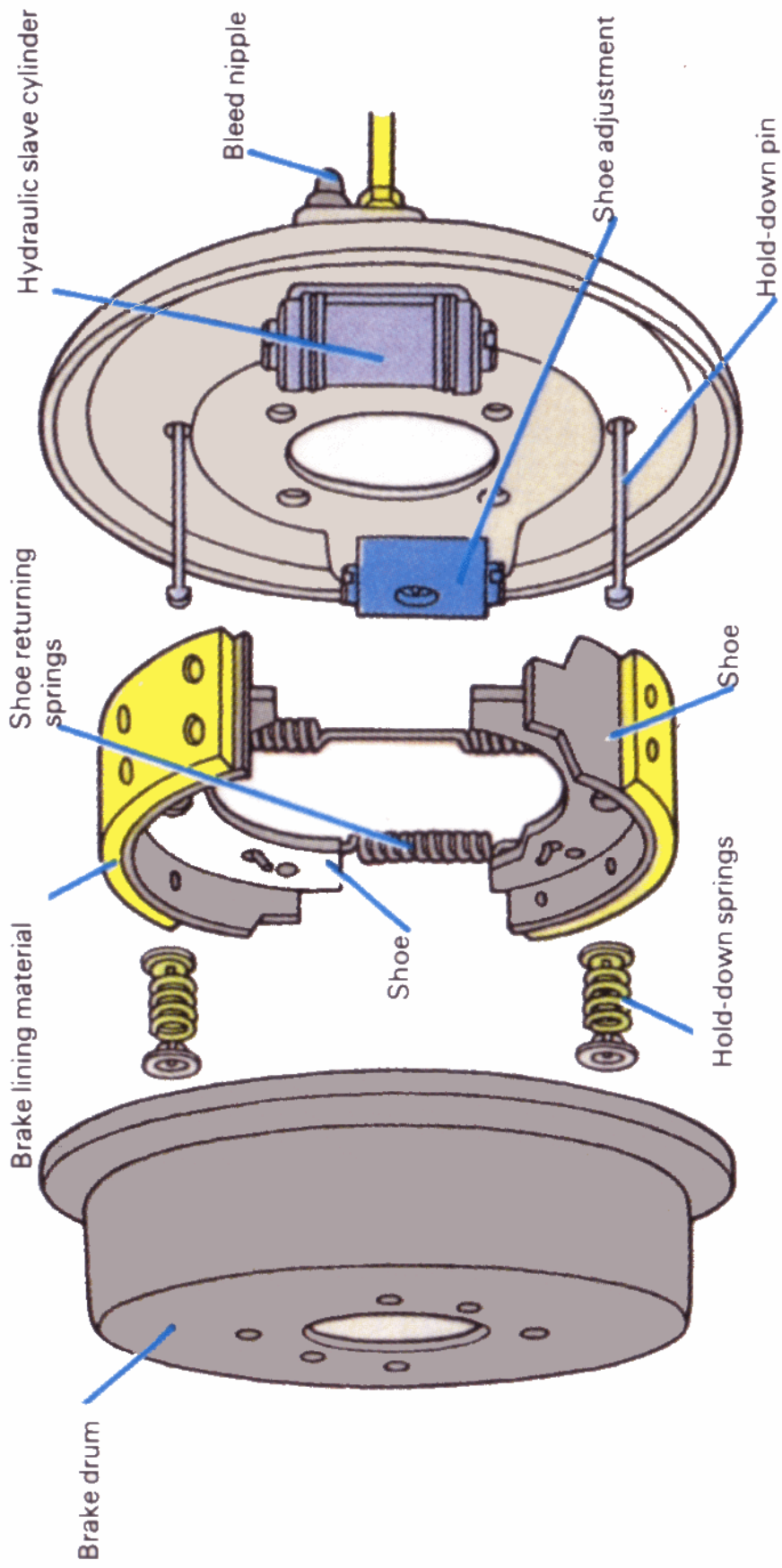
Το υδραυλικό κυλινδράκι τοποθετημένο στην πλάκα στήριξης, ενεργοποιεί το φρένο σε κάθε τροχό. Δύο έμβολα ωθούν τις σιαγώνες , ένα σε κάθε άκρο του τυμπάνου του τροχού. Η υδραυλική πίεση από τον κύριο κύλινδρο δρα στις βάσεις των εμβόλων, ωθώντας τα προς τα τακάκια , αναγκάζοντάς τις σιαγώνες να πιέσουν τα εσωτερικά τοιχώματα του τυμπάνου. Όταν ο οδηγός σταματήσει να φρενάρει , τα ελατήρια που βρίσκονται στο εσωτερικό του τυμπάνου επαναφέρουν τις σιαγώνες στην αρχική τους θέση (απεμπλοκή). Τα τμήματα του υδραυλικού κυλίνδρου φαίνονται στην εικόνα.



- **Σιαγόνες της πέδης**

Οι σιαγόνες των φρένων συνήθως αποτελούνται από δύο κομμάτια χονδρού ελάσματος χάλυβα τα οποία είναι συγκολλημένα μεταξύ τους. Το υλικό τριβής είναι είτε καρφωμένο στην σιαγόνα ή στερεωμένο με κόλλα. Το κομμάτι σε σχήμα ημισελήνου περιέχει τρύπες και σχισμές σε διάφορα σχήματα για τα ελατήρια επιστροφής, το φρένο στάθμευσης και τον μηχανισμό ρύθμισης του φρένου. Όλη η εφαρμοζόμενη δύναμη πέδησης ασκείται μέσω του υδραυλικού κυλίνδρου και μέσω του μηχανισμού στην επένδυση της σιαγόνας (θερμουίτ). Κάθε τύμπανο πέδης αποτελείται από δυο σιαγόνες, την πρωτεύουσα και την δευτερεύουσα. Η πρωτεύουσα σιαγόνα βρίσκεται στην μεριά του μπροστινού μέρους του οχήματος και η επένδυση της είναι τοποθετημένη με μια μικρή διαφορά σε σχέση με την δευτερεύουσα σιαγόνα. Οι επενδύσεις των σιαγόνων (θερμουίτ) θα πρέπει να είναι ανθεκτικές ενάντια στις υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται κατά την πέδηση, ανθεκτικές στην φθορά και να έχουν υψηλό συντελεστή τριβής ο οποίος να μην επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και της υγρασίας. Τα υλικά από τα οποία κατασκευάζεται η επένδυση στο τακάκι του φρένου είναι κονιοποιημένα μέταλλα όπως ο μόλυβδος, ο ψευδάργυρος, ο ορείχαλκος, το αλουμίνιο και άλλα μέταλλα που αντιστέκονται στην φθορά από την θερμότητα, υλικά σκλήρυνσης και υλικά όπως το καουτσούκ για την μείωση του θορύβου κατά το φρενάρισμα.





Τα φρένα τυμπάνου εφαρμόζονται συνήθως στους οπίσθιους τροχούς του οχήματος αφού το μεγαλύτερο μέρος της δύναμης πέδησης εφαρμόζεται στα μπροστινά φρένα του οχήματος –τα οποία είναι εξοπλισμένα με δίσκο- και ως εκ τούτου η θερμότητα που παράγεται στο πίσω μέρος είναι σημαντικά μικρότερη.

Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του φρένου τυμπάνου αναφέρονται παρακάτω:

2.1.4 Πλεονεκτήματα:

- Μικρότερο κόστος παραγωγής
- Ελαφρώς χαμηλότερη συχνότητα συντήρησης λόγω καλύτερης αντίστασης στην διάβρωση σε σύγκριση με τους δίσκους
- Απαιτείται λιγότερη δύναμη εισόδου στο υδραυλικό υγρό
- Η επισκευή των υδραυλικών κυλίνδρων είναι πιο εύκολη σε σχέση με τις δαγκάνες των δισκοφρένων
- Μικρή εξοικονόμηση βάρους, κυρίως επειδή οι υδραυλικοί κύλινδροι είναι μικρότεροι και ελαφρύτεροι από τις δαγκάνες

2.1.5 Μειονεκτήματα:

Τα ταμπούρα, όπως και τα περισσότερα άλλα φρένα, μετατρέπουν την κινητική ενέργεια σε θερμότητα από την τριβή. Αυτή η θερμότητα πρέπει να διαχέεται στον περιβάλλοντα αέρα, αλλά μπορεί εξίσου εύκολα να μεταφερθεί σε άλλα εξαρτήματα του συστήματος πέδησης. Τα φρένα τυμπάνου θα πρέπει να είναι μεγάλα για να αντιμετωπίζουν τις τεράστιες δυνάμεις που δημιουργούνται, και θα πρέπει να είναι σε θέση να απορροφούν και να αποβάλλουν την θερμότητα που παράγεται κατά το φρενάρισμα. Η απαγωγή της θερμότητας στον περιβάλλοντα αέρα μπορεί να επιτευχθεί καλύτερα με την ενσωμάτωση πτερυγίων ψύξης επάνω στο τύμπανο. Ωστόσο, μπορεί να προκληθεί υπερβολική θέρμανση από βαριά ή επαναλαμβανόμενη πέδηση, το οποίο φαινόμενο μπορεί να προκαλέσει στρέβλωση στο τύμπανο, προκαλώντας κραδασμούς κατά την πέδηση.

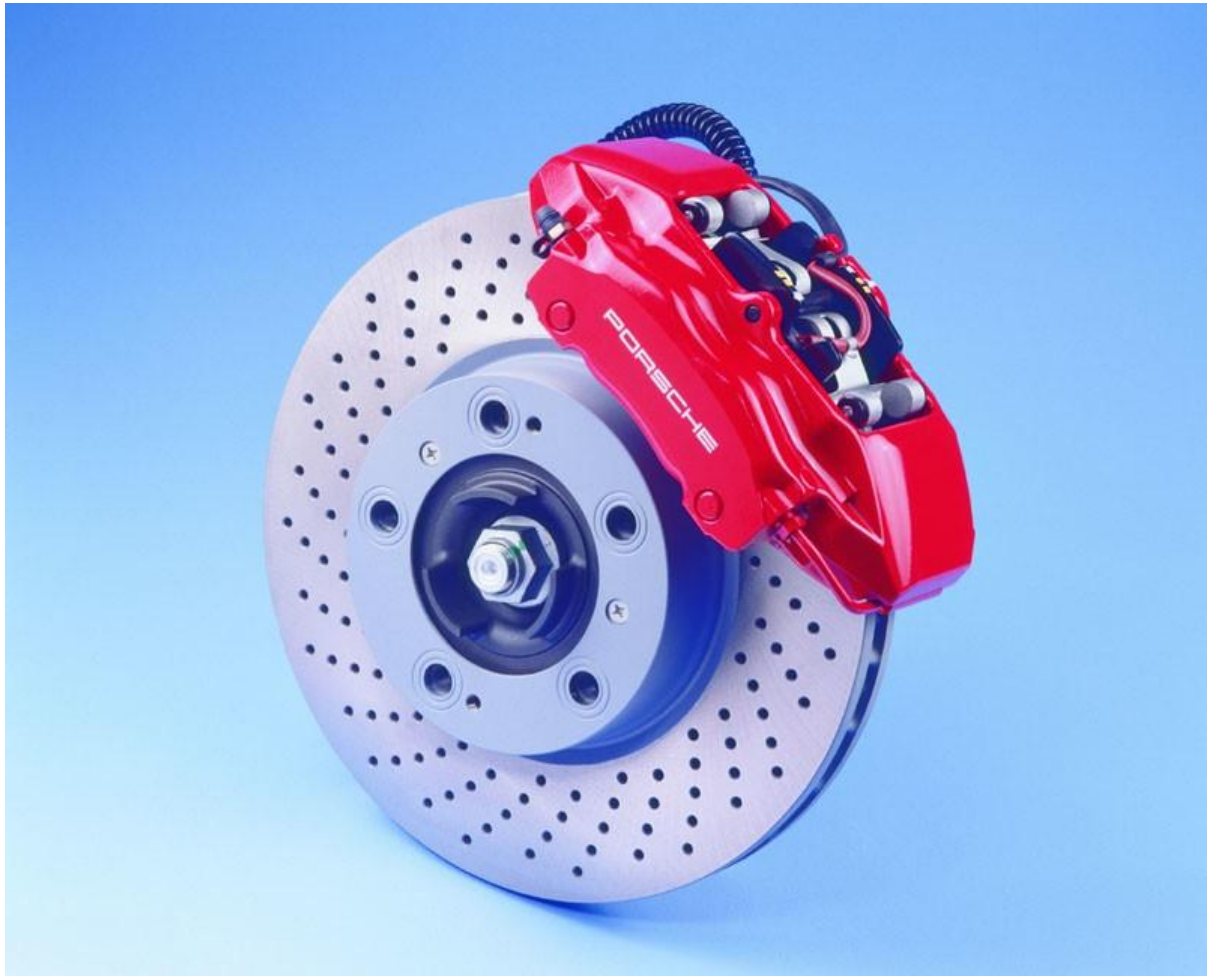
Μια άλλη συνέπεια της υπερθέρμανσης του φρένου τυμπάνου είναι η κόπωση. Αυτό οφείλεται συνήθως στους παρακάτω λόγους:

- Όταν τα φρένα θερμαίνονται με το υπερβολικό φρενάρισμα, η διάμετρος του τυμπάνου αυξάνεται ελαφρώς λόγω της θερμικής διαστολής. Η απόσταση που θα πρέπει να διανύσουν τα τακάκια θα πρέπει να είναι λίγο πιο μακρινή από την συνηθισμένη. Συνεπώς και η διαδρομή του πεντάλ του φρένου αυξάνεται.
- Οι ιδιότητες του υλικού τριβής μπορούν να αλλάξουν εάν αυτό θερμανθεί, με αποτέλεσμα τον μειωμένο συντελεστή τριβής. Αυτό αποτελεί ένα πολύ μεγαλύτερο πρόβλημα στα φρένα τύμπανου σε σχέση με τα δισκόφρενα, εφόσον οι σιαγόνες βρίσκονται στο εσωτερικό του τυμπάνου και δεν ψύχονται σωστά. Η απώλεια τριβής είναι συνήθως προσωρινή και το υλικό ανακτά την αποτελεσματικότητά του όταν ψύχεται, όμως αν η επιφάνεια της επένδυσης της σιαγόνας υπερθερμανθεί σε σημείο όπου γίνεται λεία, η απόδοση πέδησης μειώνεται μόνιμα. Οι επικαλύψεις της επιφάνειας η οποία έχει γίνει λεία μπορούν να απομακρυνθούν με την περαιτέρω χρήση των φρένων, πράγμα το οποίο απαιτεί χρόνο.
- Η υπερβολική θέρμανση του φρένου μπορεί να προκαλέσει εξάτμιση στο υγρό φρένων, το οποίο μειώνει την υδραυλική πίεση που εφαρμόζεται στις σιαγόνες. Ως εκ τούτου, τα φρένα παρέχουν μικρότερη επιβράδυνση για μία δεδομένη απόσταση που διανύει του πεντάλ. Αυτό μπορεί να επιδεινωθεί από την κακή συντήρηση του συστήματος πέδησης. Το παλιό υγρό φρένων έχει απορροφήσει υγρασία, έχει χαμηλό σημείο βρασμού, και έτσι η φθορά του φρένου εμφανίζεται νωρίτερα από ότι αν τα υγρό είχε αντικατασταθεί.

Συνεπώς τα βασικά μειονεκτήματα του φρένου τυμπάνου είναι:

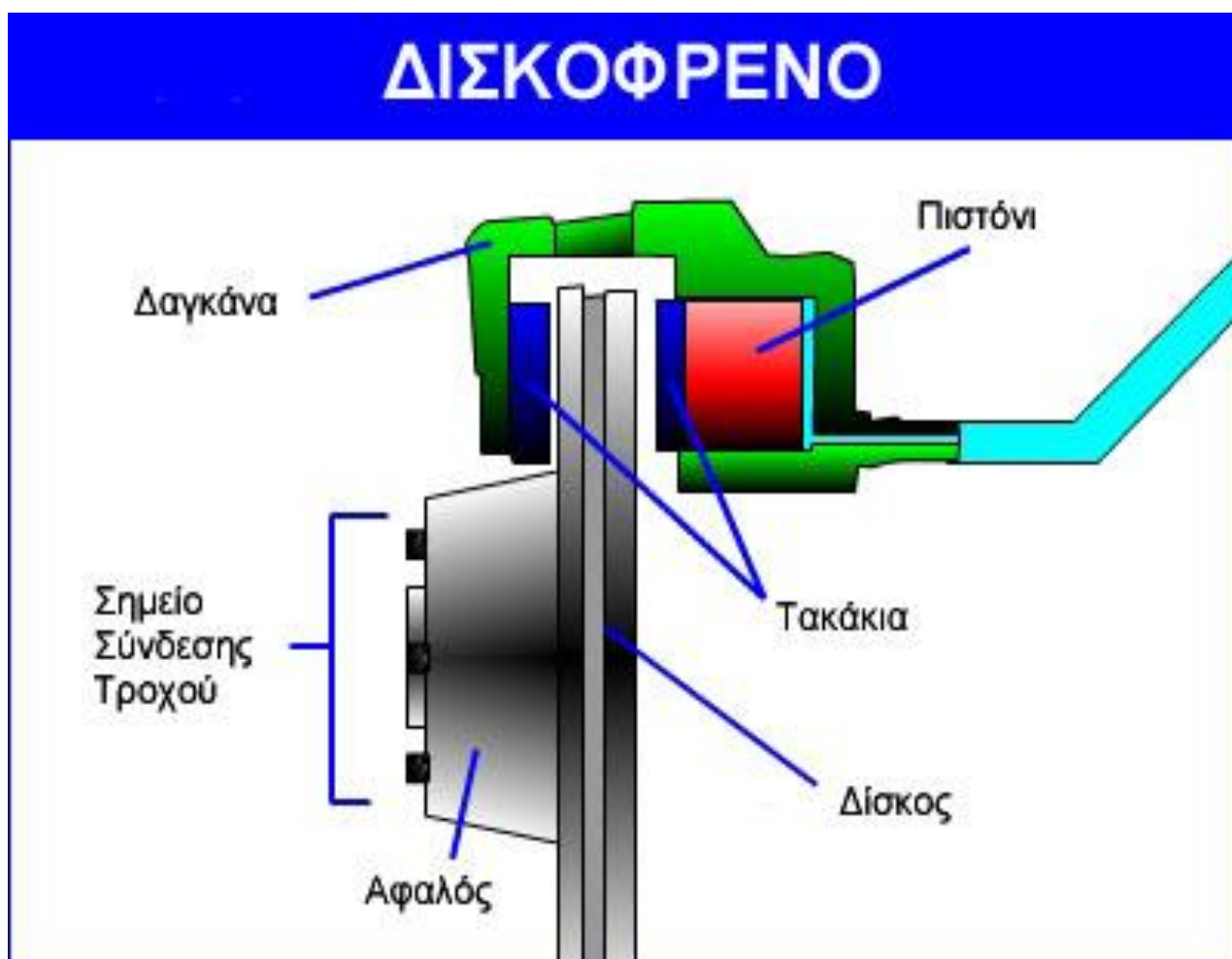
- Στρέβλωση τυμπάνου από υπερθέρμανση
- Κόπωση των φρένων λόγω της υπερθέρμανσης (φθορά λόγω μεγάλων θερμοκρασιών η λόγω παρουσίας νερού ανάμεσα στην επένδυση της σιαγόνας και του εσωτερικού του τυμπάνου)
- Δυσκολία απαγωγής θερμότητας και απομάκρυνσης υγρασίας λόγω κλειστού χώρου λειτουργίας
- Μεγαλύτερη φθορά εάν στην επιφάνεια του φρένου μαζευτεί σκουριά λόγω χαμηλών θερμοκρασιών και υγρασίας
- Αδυναμία απομάκρυνσης διαφόρων ακαθαρσιών λόγω κατασκευαστικών περιορισμών (οι σιαγόνες δεν μπορούν να έχουν πολύ μικρή απόσταση με το τύμπανο για να καθαρίζει η επιφάνεια των φρένων όπως συμβαίνει με το δισκόφρενο)
- Περισσότερα εξαρτήματα σε σχέση με το φρένο με δίσκο συνεπώς και πολυπλοκότητα του όλου μηχανισμού
- Αργή απόκριση του συστήματος πέδησης λόγω της κατασκευής του μηχανισμού του φρένου τυμπάνου

2.2 Δίσκος



Αυτό το είδος πέδησης είναι το πλέον διαδεδομένο και πιο αποτελεσματικό. Συναντάται στην πλειοψηφία των σύγχρονων οχημάτων και στους τέσσερις τροχούς. Έχει μεγαλύτερη επιφάνεια τριβής, μεγαλύτερη πίεση στο κύκλωμα του, καλύτερη απαγωγή θερμότητας, λιγότερη φθορά. Αυτοί είναι οι κύριοι λόγοι οι οποίοι το καταστούν ως τον καλύτερο και πιο αξιόπιστο τρόπο πέδησης που έχει ανακαλυφθεί. Η συντήρησή του όμως απαιτεί περισσότερα χρήματα από το φρένο τυμπάνου.

2.2.1 Τρόπος λειτουργίας



Κατά τη λειτουργία του φρένου με δίσκο το έμβολο της δαγκάνας ωθείται από την υδραυλική πίεση που εφαρμόζεται από το σύστημα πέδησης και σπρώχνει τα τακάκια του φρένου πάνω στην δισκόπλακα. Κατά αυτήν την επαφή παράγεται τριβή, πολύ μεγαλύτερη από το φρένο τυμπάνου, και με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η πέδηση του οχήματος σε λιγότερο χρόνο και πολλές φορές με μικρότερη φθορά από ότι το κλασσικό φρένο τυμπάνου. Κατά την επαναφορά τα τακάκια επιστρέφουν στην αρχική τους θέση.

Το δισκόφρενο είναι ένα είδος πέδης που χρησιμοποιεί δαγκάνες οι οποίες ωθούν ένα ζεύγος μεταλλικών ελασμάτων (τακάκια) πάνω στην επιφάνεια ενός δίσκου, προκειμένου να δημιουργηθεί τριβή που θα επιβραδύνει την περιστροφή ενός άξονα, όπως έναν άξονα ενός οχήματος και να μειώσει την ταχύτητα περιστροφής του ή ακόμα και να το ακινητοποιήσει. Όπως και στο φρένο τυμπάνου, έτσι και εδώ η κινητική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμότητα η οποία πρέπει να αποβληθεί στον περιβάλλοντα αέρα. Τα υδραυλικά δισκόφρενα χρησιμοποιούνται πιο συχνά στα μηχανοκίνητα οχήματα και οι αρχή λειτουργίας του δισκοφρένου εφαρμόζεται σχεδόν σε κάθε περιστρεφόμενο άξονα.

Σε σύγκριση με τα φρένα τυμπάνου, τα δισκόφρενα προσφέρουν καλύτερες επιδόσεις κατά την πέδηση, διότι η ψύξη του δίσκου είναι πιο εύκολη λόγω κατασκευής. Σαν συνέπεια, το δισκόφρενο είναι λιγότερο επιρρεπές στην φθορά η οποία προκαλείται όταν τα εξαρτήματα του υπερθερμανθούν. Επίσης τα φρένα αυτού του είδους διώχνουν γρηγορότερα την υγρασία που υπάρχει στην επιφάνειά τους.

Τα περισσότερα φρένα τυμπάνου έχουν μία πρωτεύουσα σιαγόνα η οποία εφάπτεται πρώτη στην επιφάνεια του τυμπάνου. Αντίθετα, στο φρένο δίσκου τα τακάκια δεν διαχωρίζονται σε πρωτεύον και δευτερεύον και η δύναμη πέδησης είναι πάντοτε ανάλογη με την πίεση που δημιουργείται από το σύστημα πέδησης μέσω του πεντάλ των φρένων. Αυτό προσδίδει στον οδηγό μια καλύτερη αίσθηση φρεναρίσματος και βοηθά να αποφευχθεί το μπλοκάρισμα των τροχών.

Ο δίσκος του φρένου είναι συνήθως κατασκευασμένος από χυτοσίδηρο και σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να είναι κατασκευασμένος από σύνθετα υλικά, όπως ανθρακονήματα ή σύνθετα κεραμικά υλικά. Ο δίσκος συνδέεται στον τροχό ή –σε πιο σπάνιες περιπτώσεις- επάνω στον άξονα του οχήματος. Για να επιβραδύνουν τον τροχό, τα τακάκια των φρένων, είναι τοποθετημένα σε μια συσκευή που ονομάζεται δαγκάνα, η οποία τα ωθεί μηχανικά, υδραυλικά, πνευματικά, ή και ηλεκτρομαγνητικά πάνω τις δύο πλευρές του δίσκου. Η τριβή που δημιουργείται αναγκάζει τον δίσκο και συνεπώς τον τροχό να επιβραδύνει και να σταματήσει.

2.2.2 Ιστορική αναδρομή

Τα πρώτα πειράματα

Η ανάπτυξη της τεχνολογίας των δισκοφρένων ξεκίνησε στην Αγγλία το 1890, αλλά για τα επόμενα 60 χρόνια ήταν σε ελάχιστη διαθεσιμότητα στα οχήματα παραγωγής.

Το πρώτο σύστημα πέδησης με σύστημα δαγκάνας-δίσκου κατοχυρώθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας από τον Frederick William Lanchester στο εργοστάσιο του στο Birmingham το έτος 1902 και χρησιμοποιήθηκε με επιτυχία στα αυτοκίνητα της εν λόγω εταιρίας του. Ωστόσο, οι περιορισμένες πηγές παροχής των μετάλλων κατά την περίοδο αυτή σήμαινε ότι έπρεπε να χρησιμοποιήσει χαλκό για την κατασκευή των δίσκων. Όμως η κακή κατάσταση των δρόμων και τα σκονισμένα και δύσβατα μονοπάτια προκαλούσαν την γρήγορη φθορά του χαλκού, καθιστώντας το σύστημα αυτό ως μη αξιόπιστο.

Για έξι μήνες το 1950, η αμερικάνικη εταιρία Crosley κατασκεύασε ένα αυτοκίνητο με αυτά τα φρένα, και στη συνέχεια επέστρεψε στην τεχνολογία του φρένου τυμπάνου. Η έλλειψη επαρκούς έρευνας και ανάπτυξης προκάλεσε τεράστια προβλήματα αξιοπιστίας, ειδικά σε περιοχές όπου οι δρόμοι ήταν καλυμμένοι με αλάτι το χειμώνα, και οδηγούσαν στην διάβρωση των δίσκων. Ο δίσκος της Crosley αποτελούσε μια εξέλιξη της εταιρίας Goodyear και ήταν ένα είδος δισκοφρένου με αεριζόμενους δίσκους, που αρχικά προοριζόταν για εφαρμογές αεροσκαφών.

Η Chrysler ανέπτυξε ένα μοναδικό σύστημα πέδησης από το 1949 έως το 1953. Σε αυτό το σύστημα χρησιμοποιούνταν δύο δίσκοι οι οποίοι εφάπτονταν πάνω στην εσωτερική επιφάνεια του τυμπάνου πέδησης η οποία ήταν κατασκευασμένη από χυτοσίδηρο. Λόγω του κόστους, τα φρένα αυτά ήταν διαθέσιμα μόνο από την Chrysler και στην πόλη Νιούπορτ.

2.2.3 Εφαρμογές σε αγώνες

Μια αξιόπιστη εφαρμογή της τεχνολογίας πέδησης με δίσκο εμφανίστηκε για πρώτη φορά το 1953 σε αγωνιστικό αυτοκίνητο της Jaguar στο μοντέλο C-Type. Αυτή η εφαρμογή επέτρεψε στην –μικρή τότε αυτή- εταιρεία να κερδίσει το 1953 τον 24ωρο αγώνα αντοχής του Le Man. Η τεχνολογία αυτή αναπτύχθηκε στο Ηνωμένο Βασίλειο από την εταιρία Dunlop. Την ίδια χρονιά, το μοντέλο – κατασκευασμένο από αλουμίνιο- Healey-100S της εταιρίας Austin, ήταν το πρώτο αυτοκίνητο παραγωγής που κατασκευάστηκε με δισκόφρενα τοποθετημένα και στους τέσσερις τροχούς.

2.2.4 Μαζική παραγωγή

Η πρώτη εταιρία που έκανε χρήση της σύγχρονης τεχνολογίας του δισκοφρένου σε μαζική παραγωγή ήταν η Citroen στο μοντέλο DS το 1955, το οποίο κατείχε δισκόφρενα στους εμπρόσθιους τροχούς μεταξύ των πολλών καινοτομιών του. Αυτοί οι δίσκοι τοποθετούνταν εσωτερικώς κοντά στο σύστημα μετάδοσης, και τροφοδοτούνταν από την κεντρικό υδραυλικό σύστημα του οχήματος. Αυτό το μοντέλο προορίστηκε να πουλήσει 1,5 εκατομμύρια μονάδες μέσα σε 20 χρόνια, με την συγκεκριμένη τεχνολογία στο σύστημα πέδησης του. Οι εταιρίες Triumph και Jensen με τα μοντέλα TR3 και 541 αντίστοιχα, ακολούθησαν την στρατηγική της Citroen το 1956.

Τα δισκόφρενα ήταν πιο δημοφιλή στα σπορ αυτοκίνητα όταν εμφανίστηκαν για πρώτη φορά, δεδομένου ότι τα οχήματα αυτά ήταν πιο απαιτητικά σχετικά με την απόδοση των φρένων τους. Οι δίσκοι έχουν αποκτήσει πλέον μια συγκεκριμένη μορφή στα περισσότερα επιβατικά αυτοκίνητα, Πολλά οχήματα (κυρίως ελαφρώς τύπου) χρησιμοποιούν ταμπούρα στους πίσω τροχούς για λόγους κόστους και βάρους, καθώς και για να απλοποιηθούν οι διατάξεις για την εγκατάσταση του συστήματος του χειρόφρενου. Καθώς τα φρένα στους εμπρόσθιους τροχούς κατέχουν το μεγαλύτερο ποσοστό της πέδησης, αυτό φαίνεται να αποτελεί μια λογική και πρακτική λύση.

Στις πρώτες εφαρμογές στα αυτοκίνητα με δισκόφρενο τα φρένα τοποθετούνταν στην εσωτερική πλευρά του κινητήριου άξονα, κοντά στο διαφορικό, αλλά τα περισσότερα φρένα σήμερα βρίσκονται στο εσωτερικό των τροχών. Οι δίσκοι των φρένων κατασκευάζονται σε όλο τον κόσμο με την πλειοψηφία των εργοστασίων να βρίσκονται στην Ευρώπη και την Αμερική. Μεταξύ των ετών 1989 και 2005, οι κατασκευαστές των δίσκων μετέφεραν τις βιομηχανίες τους κυρίως στην Κίνα.

2.2.5 Εξαρτήματα

Τα φρένα με δίσκους αποτελούνται από τρία κύρια εξαρτήματα. Τους δίσκους, τα σωληνάκια πίεσης και τις δαγκάνες των φρένων οι οποίες αποτελούνται από το κύριο σώμα της δαγκάνας, τα υλικά τριβής (τακάκια) και τα έμβολα τα οποία ενεργοποιούν τα τακάκια.

- **Δίσκος**

Ο δίσκος του φρένου είναι το εξάρτημα στο οποίο εφαρμόζεται η δύναμη από τα υλικά τριβής. Το υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένος είναι συνήθως φαιός χυτοσίδηρος. Επίσης μπορεί να αποτελείται από κεραμικά υλικά, ανθρακονήματα και σύνθετα υλικά. Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τρόποι σχεδίασης των δίσκων. Δυο ευρέως χρησιμοποιούμενα είδη είναι η απλή δισκόπλακα και η αεριζόμενη η οποία φέρει πτερύγια που ενώνουν τις δύο επιφάνειες επαφής του δίσκου (συνήθως τα πτερύγια δημιουργούνται κατά την διαδικασία της χύτευσης). Το βάρος και η δύναμη του οχήματος καθορίζουν την ανάγκη για αεριζόμενους δίσκους. Ο σχεδιασμός αυτός του δίσκου βοηθά να απάγεται η θερμότητα που παράγεται κατά το φρενάρισμα και χρησιμοποιείται συνήθως στους εμπρόσθιους δίσκους οι οποίοι κατέχουν το μεγαλύτερο ποσοστό στην διαδικασία του φρεναρίσματος.



- **Δαγκάνες**

Η δαγκάνα του φρένου είναι το εξάρτημα που περιέχει τα τακάκια των φρένων και τα έμβολα. Είναι κατασκευασμένη συνήθως από χυτοσίδηρο ή ανοξείδωτο χάλυβα.



- Έμβολα

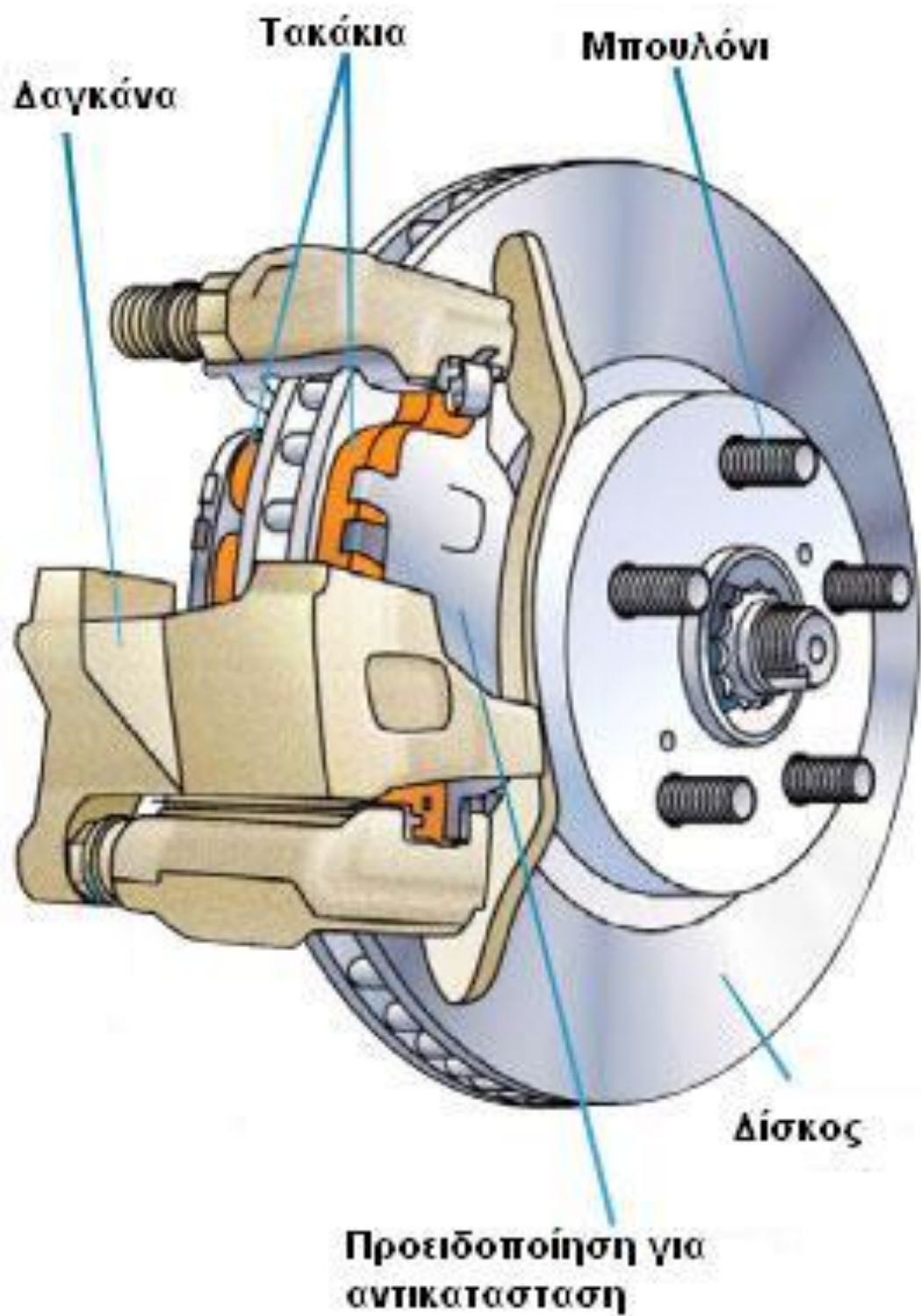
Η πιο κοινή σχεδίαση δαγκάνας αποτελείται από ένα υδραυλικά ενεργοποιούμενο έμβολο εντός ενός κυλίνδρου το οποίο ωθεί τα τακάκια πάνω στον δίσκο. Για αποτελεσματικότερη πέδηση χρησιμοποιούνται περισσότερα από ένα έμβολα. Ο σχεδιασμός του εσωτερικού της δαγκάνας βοηθά επίσης στο να πολλαπλασιάζεται η δύναμη πέδησης.



- **Υλικά τριβής (τακάκια)**

Τα τακάκια φρένων έχουν σχεδιαστεί για να έχουν υψηλό συντελεστή τριβής. Πρέπει να αντικαθίσταται τακτικά (ανάλογα με το υλικό κατασκευής και του τρόπου οδήγησης). Μερικά οχήματα είναι εξοπλισμένα με ένα μηχανισμό που προειδοποιεί τους οδηγούς όταν τα υλικά τριβής των φρένων χρειάζονται αντικατάσταση.





2.2.6 Πλεονεκτήματα

- Αποτελεσματικότερο φρενάρισμα από τα φρένα τυμπάνου λόγω της μεγαλύτερης επιφάνειας τριβής.
- Καλύτερη και πιο γρήγορη απόκριση των φρένων λόγω διαφορετικής κατασκευής από τα φρένα τυμπάνου.
- Τα δισκόφρενα μπορούν να μεταφέρουν μεγαλύτερα ποσά θερμότητας στην ατμόσφαιρα επειδή το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής του δίσκου είναι εκτεθειμένο στον περιβάλλοντα αέρα. Η ψύξη είναι πολύ ταχύτερη από ότι σε ένα φρένο τυμπάνου. Αυτή η ταχύτερη ψύξη καθιστά το φρένο δίσκου καταλληλότερο για αυτοκίνητα υψηλής απόδοσης και βαρέα οχήματα γιατί μειώνει την φθορά των φρένων.
- Απομάκρυνση νερού και σκόνης από τον δίσκο μέσω κάποιων ειδικών αυλακιών στην επιφάνεια του δίσκου.
- Λόγω κατασκευής τα δισκόφρενα είναι αυτορύθμιστα και δεν χρήζουν περιοδικής συντήρησης.

2.2.7 Μειονεκτήματα

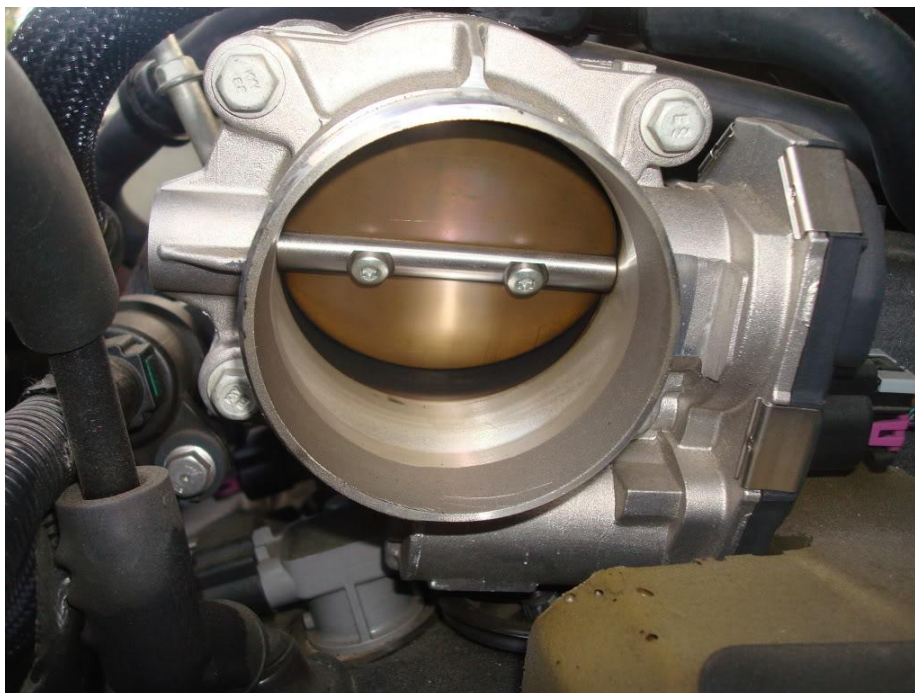
- Τα δισκόφρενα είναι πιο επιρρεπή στον θόρυβο. Κατά την λειτουργία τους πολλές φορές παράγονται ήχοι οι οποίοι αρκετές φορές είναι ενοχλητικοί για τον οδηγό και τους επιβάτες.
- Οι κραδασμοί και οι ανωμαλίες στην επιφάνεια του δίσκου μεταφέρονται πιο εύκολα στο πεντάλ του οδηγού λόγω της μικρής απόστασης του δίσκου και των υλικών τριβής.

2.3 Φρένο κινητήρα

Η πέδηση κινητήρα λαμβάνει χώρα όταν οι δυνάμεις επιβράδυνσης της μηχανής χρησιμοποιούνται για την επιβράδυνση του οχήματος.

2.3.1 Βενζινοκινητήρες

Ο όρος «φρένο του κινητήρα» αναφέρεται στην ικανότητα πέδησης λόγω κλειστής πεταλούδας σε έναν κινητήρα βενζίνης, όταν δηλαδή ο οδηγός δεν πατάει το πεντάλ του γκαζιού. Αν και ένα μέρος της επιβράδυνσης οφείλεται στις τριβές στο σύστημα μετάδοσης, είναι αμελητέο σε σύγκριση με την επίδραση από την κλειστή πεταλούδα του γκαζιού. Όταν το γκάζι είναι κλειστό, η ροή του αέρα στην πολλαπλή εισαγωγής είναι πολύ περιορισμένη. Σε αυτό οφείλετε και το φαινόμενο της πέδησης όταν δηλαδή ο κινητήρας προσπαθεί να εισάγει αέρα μέσω ενός μικρού διακένου στην εισαγωγή της πεταλούδας. Σε εκείνο το σημείο η αρνητική πίεση (υποπίεση) φτάνει στη μεγαλύτερη δυνατή τιμή της. Έτσι αυτό προκαλεί μια επιβράδυνση του κινητήρα και συνεπώς την επιβράδυνση ολόκληρου του οχήματος.



Ο αέρας υποχρεούται να περάσει μέσα από αυτό το μικρό διάκενο που δημιουργεί η πεταλούδα του γκαζιού.

2.3.2 Κινητήρες Ντίζελ

Σε αντίθεση με τους κινητήρες της βενζίνης, στους κινητήρες ντίζελ ελέγχουμε το φορτίο τους με την διακύμανση της ροής του καυσίμου και όχι με τον στραγγαλισμό της ροής του αέρα εισαγωγής και διατηρώντας μια σταθερή αναλογία καυσίμου όπως κάνουμε στους βενζινοκινητήρες. Άρα και το φαινόμενο που προκαλεί την πέδηση ενός πετρελαιοκινητήρα είναι διαφορετικό.

Ορισμένοι εναλλακτικοί μηχανισμοί που αντικαθιστούν ή προσομοιώνουν το πραγματικό φρένο του κινητήρα είναι:

Φρένο απελευθέρωσης της συμπίεσης: Είναι το είδος του φρένου που συγχέεται πιο συχνά με την πραγματική πέδηση ενός κινητήρα. Χρησιμοποιείται κυρίως σε μεγάλα φορτηγά και μηχανήματα έργων με το άνοιγμα των βαλβίδων εξαγωγής στην κορυφή της διαδρομής της συμπίεσης, με αποτέλεσμα την αδιαβατική διαστολή του πεπιεσμένου αέρα, έτσι ώστε η μεγάλη ποσότητα ενέργειας που αποθηκεύεται στο εν λόγω πεπιεσμένο αέρα να μην επιστρέφεται στον στροφαλοφόρο άξονα και να απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα. Συνεπώς επιτυγχάνεται μια πέδηση λόγω του ότι η δύναμη των αερίων δεν μπορεί να μεταφερθεί στα έμβολα του κινητήρα και να τα ωθήσει προς τα κάτω.

Με το φρένο αυτό σε λειτουργία, ο πεπιεσμένος αέρας απελευθερώνεται απότομα ακριβώς πριν το έμβολο αρχίσει την διαδρομή του προς τα κάτω. Έχοντας χάσει την ενέργεια που αποθηκεύεται μέσα στο συμπιεσμένο αέρα, δεν υπάρχει μια δύναμη για να ωθήσει τα έμβολα προς τα κάτω, έτσι ο κινητήρας πρέπει να δαπανήσει ακόμα περισσότερη ενέργεια για να πραγματοποιήσει αυτήν την διαδικασία.

Η χρήση αυτού του τύπου φρένου απαγορεύεται σε πολλές κατοικημένες περιοχές, διότι δημιουργεί αρκετά δυνατούς θορύβους. Ωστόσο, είναι μια πολύ αποτελεσματική μέθοδος πέδησης αφού παράγονται τεράστια ποσά της δύναμης πέδησης που επεκτείνουν σημαντικά τη διάρκεια ζωής των φρένων τριβής.

Φρένο καυσαερίων: Το φρένο αυτό λειτουργεί προκαλώντας περιορισμό στην εξάτμιση, το οποίο μοιάζει πολύ με το κλείσιμο της πεταλούδας ενός βενζινοκινητήρα. Με απλά λόγια, λειτουργεί με την αύξηση της πίεσης των καυσαερίων. Τοποθετείται στην εξάτμιση μπλοκάροντας μερικώς την ροή των καυσαερίων.



Το φρένο καυσαερίων είναι ένας μηχανισμός παρόμοιος με την πεταλούδα του γκαζιού στους βενζινοκινητήρες.

Οι σύγχρονοι κινητήρες ντίζελ έχουν χαρακτηριστικά πέδησης που μοιάζουν με αυτά των κινητήρων βενζίνης. Αυτό οφείλεται σε πρόσθετα εξαρτήματα που θα τους επιτρέψουν να συμμορφωθούν με τους κανονισμούς εκπομπών ρύπων. Δύο λόγοι που προκαλούν σημαντική επιβράδυνση στους πετρελαιοκινητήρες είναι:

- **Φίλτρο μικροσωματιδίων:** Αυτή η συσκευή φιλτράρει σωματίδια αιθάλης πριν αυτά εξέλθουν στο περιβάλλον μαζί με τα καυσαέρια. Δημιουργεί ένα μεγάλο εμπόδιο στην πορεία της εξάτμισης το οποίο προκαλεί σημαντική αντίσταση, πράγμα το οποίο επιβραδύνει τον κινητήρα.
- **EGR (ανακύκλωση καυσαερίων):** Με την ανακύκλωση καυσαερίων, ένα ποσοστό τους οδηγείται πίσω στην εισαγωγή αέρα και συνήθως ελέγχεται από ένα εξάρτημα, το οποίο μπορεί να προκαλέσει ένα φαινόμενο παρόμοιο με τον στραγγαλισμό της ροής στους βενζινοκινητήρες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΥΛΙΚΑ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΕΔΗΣΗΣ

Οι δισκόπλακες στα συμβατικά καθημερινά αυτοκίνητα είναι συνήθως από ατσάλι υψηλής αντοχής. Τα τακάκια είναι συνήθως κατασκευασμένα από θερμικές ρητίνες, ανθρακονήματα και κέβλαρ. Στις μοτοσυκλές σαν υλικό στους δίσκους χρησιμοποιείται το ατσάλι διότι συνεργάζεται καλύτερα με τα μεταλλικά τους τακάκια. Στα αυτοκίνητα οι δίσκοι είναι συνήθως από μαντέμι τύπου G8 - G10. Οι παλαιότερες προδιαγραφές του ίδιου υλικού ήταν G 2500 - G 3000.

Τα τελευταία χρόνια στα περισσότερα Supercars και στην Formula 1 είναι από ανθρακονήματα. Πριν περάσουμε να δούμε συγκεκριμένες επιλογές στα υλικά τριβής των φρένων (τακάκια) για τις ανάγκες μας, ας κάνουμε ένα βήμα πίσω για να μπορέσουμε να κατανοήσουμε καλύτερα αυτά που θα ακολουθήσουν.

Κατανοώντας τη σύνθεση των υλικών, κατατάσσουμε τα τακάκια σε τέσσερις βασικούς τύπους σύμφωνα με τη συμπεριφορά που έχουν τα υλικά τους στο αυτοκίνητο, έτσι γίνεται πιο εύκολη η επιλογή στον τύπο του τακακιού που χρειαζόμαστε για να καλύψουμε τις ανάγκες μας.

Τυπικά τα υλικά τριβής για χρήση δρόμου ανήκουν σε τέσσερις κατηγορίες, αυτές διαμορφώνονται από τη σύνθεση των υλικών τους σε :

- Οργανικά
- Ημι-μεταλλικά
- Κεραμικά
- Μεταλλικά

3.1 Οργανικά

Κατασκευάζονται με τη μίξη διαφόρων υλικών και ινών, ουδέτερων πρόσθετων ουσιών (fillers) για την αύξηση του όγκου, καθώς και συνδετική κόλλα ανακατεμένα και ομογενοποιημένα όλα μαζί. Στα οργανικά τακάκια θα βρούμε κοινά στοιχεία όπως γυαλί, κέβλαρ και άνθρακα. Τα οργανικά τακάκια έχουν προτίμηση από πολλούς για τον απαλό χαρακτήρα τους διότι είναι μαλακά, δεν χαράζουν τους δίσκους και δεν κάνουν θόρυβο. Ειδικά στις ΗΠΑ τα καινούργια αυτοκίνητα εξοπλίζονται με οργανικά τακάκια διότι λόγω των χαμηλών ορίων ταχύτητας που επικρατούν εκεί, δεν χρειάζονται υψηλές θερμοκρασίες για να είναι αποδοτικά, με

τα όρια αυτά δεν αναπτύσσονται υψηλές θερμοκρασίες που θα τα καταστρέψουν και έτσι είναι περισσότερο ασφαλή σε διαφορετικό περιβάλλον. Η άνεση που προσφέρουν τα οργανικά τακάκια είναι και η αχίλλειος πτέρνα τους με οριακή αντοχή σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες, αφού μόλις ξεπεραστεί η θερμοκρασία αντοχής τους υπάρχει άμεση απώλεια τριβής με τους δίσκους και φθείρονται πολύ γρήγορα. Τα υλικά που περιέχουν τα τακάκια αυτού του τύπου είναι τα φθηνότερα που κυκλοφορούν στην αγορά και αυτός είναι ένας από τους βασικούς λόγους που οι κατασκευαστές αυτοκινήτων τα προτιμούν για λόγους κόστους.

3.2 Ημιμεταλλικά

Η σύνθεση των υλικών από τα οποία αποτελούνται τους έδωσε το όνομα αυτό. Κάθε συνταγή υλικών για αύξηση της τριβής σε αυτά τα τακάκια περιέχει μεταλλικά σωματίδια. Κοινά υλικά είναι το ασάλι, ο σίδηρος ή ο χαλκός, αναμεμιγμένα με ουδέτερες ουσίες (fillers) και συνδετικές κόλλες. Στο μίγμα αυτό περιέχονται βελτιωτικά τριβής και λιπαντικά όπως ο γραφίτης. Τα ημι-μεταλλικά υλικά τριβής έχουν μεγαλύτερη αντοχή σε θερμοκρασίες από τα Οργανικά, απάγουν μέρος της θερμοκρασίας από τους δίσκους λόγω των μεταλλικών σωματιδίων που περιέχονται στην πάστα τους, και συνεπώς δεν φθείρονται τόσο εύκολα. Από την άλλη μεριά είναι περισσότερο τραχιά στην υφή και φθείρουν σε μεγαλύτερο βαθμό τους δίσκους λόγω των μεταλλικών τους σωματιδίων. Επίσης κάνουν περισσότερο θόρυβο αφού έχουν μεταλλικά στοιχεία, παράγουν περισσότερη σκόνη και πολλές φορές δεν έχουν ικανοποιητική απόδοση όταν είναι ακόμα κρύα.

Τα περισσότερα υλικά τριβής για σπορ οχήματα στην αγορά είναι σήμερα ημι-μεταλλικά. Λόγω των υλικών τους και των διαφορετικών μεθόδων κατασκευής τους τα τακάκια αυτού του τύπου είναι ακριβότερα από τα οργανικά.

3.3 Κεραμικά

Ο όρος κεραμικά τακάκια εμφανίστηκε στην αγορά την τελευταία δεκαετία και έγινε η μαγική λέξη στον κόσμο των φρένων. Αποτελούνται από μίξη κεραμικών ινών, ουδέτερες ουσίες (fillers) για τον όγκο, κόλλες και άλλα συνδετικά υλικά του μίγματος. Το μεγαλύτερο τους πλεονέκτημα είναι η ελαχιστοποίηση της παραγόμενης σκόνης και του θορύβου. Φθείρονται λιγότερο από τα οργανικά και είναι περισσότερο φιλικά με τους δίσκους. Έχοντας το θερμοκρασιακό τους κατώφλι λίγο υψηλότερα από τα περισσότερα οργανικά τακάκια, δεν μπορούν να φθάσουν σε θερμοκρασιακή αντοχή τα ημι-μεταλλικά ή τα μεταλλικά τακάκια στη βαριά χρήση. Όσοι ασχολούνται συνεχώς με το καθάρισμα και τον καλλωπισμό των τροχών τους θα τα λατρέψουν διότι δεν βγάζουν πολλές ακαθαρσίες, όσοι όμως οδηγούν γρήγορα το αυτοκίνητο τους θα απογοητευτούν από τη απόδοση τους αφού μπορεί να έχουν μεγάλη αντοχή στη θερμοκρασία, δεν έχουν όμως υψηλό συντελεστή τριβής με αποτέλεσμα να πιέζουμε περισσότερο το φρένο αυξάνοντας έτσι τη θερμοκρασία τους αλλά και τη θερμοκρασία των δίσκων με αποτέλεσμα αυτοί να στραβώνουν.

3.4 Μεταλλικά

Αν και τα τακάκια αυτού του τύπου είναι πολύ δημοφιλή στις μοτοσυκλέτες που έχουν ανοξειδωτους (Inox) ατσάλινους δίσκους, η τεχνολογία τους παραμένει απόμακρη για αυτοκινητιστική χρήση. Τα περισσότερα μεταλλικά υλικά τριβής διαμορφώνονται από σκόνη κραμάτων χαλκού. Η μεταλλική σκόνη ανακατεύεται με διάφορα λιπαντικά και άλλα υλικά ελέγχου της φθοράς όπως ο γραφίτης και ο άνθρακας και πρεσάρονται όλα μαζί στο επιθυμητό σχήμα στο καλούπι. Στη συνέχεια το φορμαρισμένο τακάκι ψήνεται και συγκολλείται στη μεταλλική βάση σε υψηλή θερμοκρασία της τάξεως των 1050 °C .

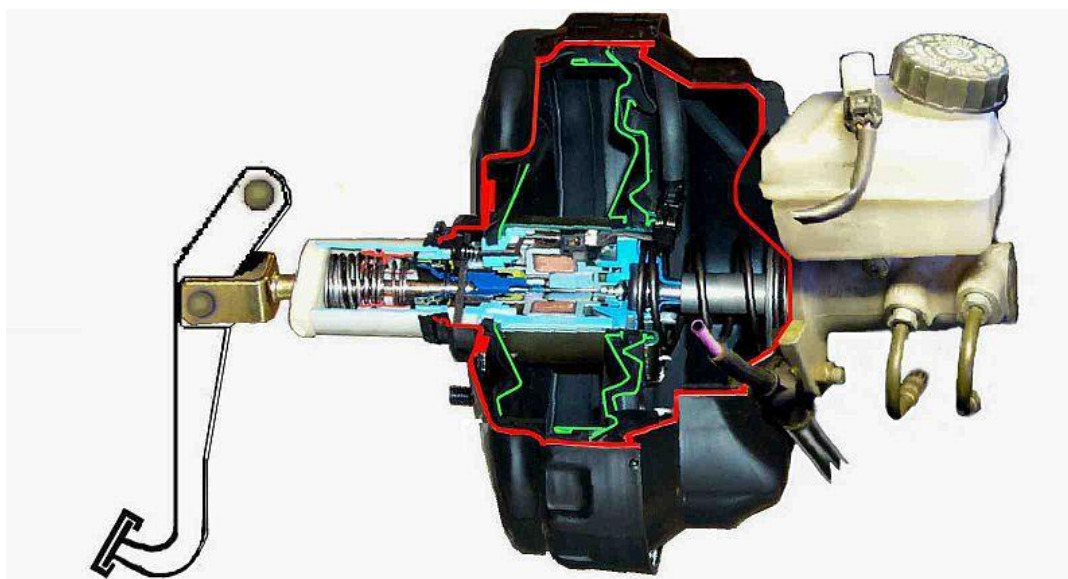
Τα μεταλλικά τακάκια έχουν μοναδικά χαρακτηριστικά έναντι των υπολοίπων τύπων τακακιών. Επειδή αποτελούνται περίπου από καθαρά μεταλλικά στοιχεία παρουσιάζουν σταθερό συντελεστή τριβής από άκρη σε άκρη της θερμοκρασιακής τους κλίμακας και δεν χρειάζεται να αποκτήσουν θερμοκρασία για να αρχίσουν να λειτουργούν. Επίσης επειδή διαμορφώνονται και συγκολλούνται σε πολύ υψηλή θερμοκρασία δεν φθείρονται σε μεγάλο βαθμό κατά την γρήγορη και απότομη οδήγηση.

Επίσης δεν αφήνουν κατάλοιπα στους δίσκους και δεν χρειάζονται το παραδοσιακό στρώσιμο που υποβάλλουμε στα τακάκια των άλλων τύπων. Ακόμα, από τότε που το υλικό τους έγινε ημι-πορώδες είναι κατάλληλα και για όλες τις καιρικές συνθήκες, βροχή, χιόνι, λάσπη, κλπ. Βέβαια δεν υπάρχουν μόνο θετικά αφού -λόγω της μεταλλικής τους φύσης- παρουσιάζουν μεγάλη φθορά στους δίσκους, αρκετό θόρυβο, και μεγάλη μεταφορά της θερμοκρασίας από τους δίσκους στις δαγκάνες με ότι αυτό συνεπάγεται για τα υγρά. Ο λόγος που οι μοτοσικλέτες αλλά και τα αμιγώς αγωνιστικά αυτοκίνητα χρησιμοποιούν υγρά φρένων DOT 5.0 είναι επειδή τα DOT 5.0 έχουν σαν βάση τη σιλικόνη και δεν απορροφούν υγρασία από το περιβάλλον μετά από την ψύξη τους όταν είναι πολύ ζεστά, γιατί η παρουσία της υγρασίας στα υγρά των φρένων τα οδηγεί σε φθορά. Η όποια υγρασία συσσωρεύεται, κατακάθεται στο σύστημα και δεν αναμιγνύεται με τα υγρά των φρένων ,όπως είπαμε, άρα δεν κατεβάζει το βαθμό βρασμού των υγρών. Λόγω της φύσης των υλικών τους και των περίπλοκων τεχνικών της κατασκευής τους, τα μεταλλικά τακάκια είναι τα ακριβότερα από όλους τους τύπους τακακιών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΒΟΗΘΗΣΗΣ ΠΕΔΗΣΗΣ

Για να μπορέσει να επιτευχθεί αποτελεσματικότερη επιβράδυνση και για να πραγματοποιείται η πέδηση με λιγότερη δύναμη, χρησιμοποιείται ένας μηχανισμός που ονομάζεται σερβομηχανισμός πέδησης η booster.



Μεταξύ του πρωτεύοντα κυλίνδρου και του πεταλιού του φρένου, υπάρχει μια αντλία κενού ή booster όπως ονομάζεται πιο συχνά. Αυτό το εξάρτημα μας βοηθάει να διπλασιάσουμε ή και να τετραπλασιάσουμε τη δύναμη του ποδιού μας πριν φτάσει στον κύλινδρο. Θα έχετε νιώσει πολλές φορές πως με σβηστή τη μηχανή το πετάλι του φρένου πιέζεται πολύ δύσκολα. Αυτό συμβαίνει γιατί με τον κινητήρα σβηστό δεν λειτουργεί η αντλία κενού και έτσι κάνουμε όλη τη δουλειά μόνοι μας. Εδώ να επισημάνουμε πως ακόμα και με σβηστό τον κινητήρα μπορούμε να φρενάρουμε, απλά απαιτείται πολύ περισσότερη πίεση από μέρους μας. Μέσα στην αντλία κενού υπάρχουν δύο “διαμερίσματα” που στο ένα υπάρχει ατμοσφαιρική πίεση και στο άλλο κενό. Το κενό δημιουργείται από ένα σωληνάκι που καταλήγει στην εισαγωγή του αυτοκινήτου. Ανάμεσά τους υπάρχει ένα διάφραγμα και πάνω σε αυτό, με τη βοήθεια ενός ελατηρίου, είναι ενωμένο το έμβολο του πρωτεύοντα κυλίνδρου. Κάθε φορά λοιπόν που πατάμε φρένο, αυτή η διαφορά πίεσης μας υποβοηθά να σπρώξουμε το έμβολο 2 ή και 4 φορές πιο εύκολα, αναλόγως του διαφράγματος.

Ήδη μια δύναμη πέντε κιλών από το πόδι μας μπορεί να γίνει 100 κιλά πριν ακόμα χρησιμοποιήσουμε την επόμενη “βοήθεια”.

4.1 Υγρά φρένων

Το υγρό φρένων είναι ένας τύπος υδραυλικού υγρού που χρησιμοποιείται στα υδραυλικά φρένα και στους υδραυλικούς συμπλέκτες σε αυτοκίνητα, μοτοσικλέτες, ελαφρά φορτηγά, και μερικά ποδήλατα. Χρησιμοποιείται για να μεταφέρει τη δύναμη με την βοήθεια της πίεσης, και για να ενισχύεται η δύναμη πέδησης. Λειτουργεί με βάση την αρχή του ότι τα υγρά - στη φυσική τους κατάσταση- είναι ασυμπίεστα λόγω του ότι τα συστατικά μόρια τους δεν έχουν εσωτερικά κενά και έτσι η μεταφερόμενη δύναμη δεν έχει σχεδόν καθόλου απώλειες. Τα περισσότερα υγρά φρένων που χρησιμοποιούνται σήμερα έχουν βάση την γλυκόλη και τον αιθέρα, το ορυκτέλαιο και την σιλικόνη και βάση των συστατικών τους χωρίζονται σε κατηγορίες που θα περιγραφούν παρακάτω.

Τα υγρά φρένων πρέπει να πληρούν ορισμένες προϋποθέσεις όπως ορίζονται από διάφορα πρότυπα που ορίζονται από οργανισμούς όπως το SAE(Society of Automotive Engineers). Για παράδειγμα, τα περισσότερα υγρά φρένων που πωλούνται έχουν χαρακτηριστεί με τον όρο DOT και με βάση τις ιδιότητες και τα συστατικά τους διαχωρίζονται σε κατηγορίες όπως DOT 3, DOT 4 και DOT 5. Ο κάθε κατασκευαστής αναγράφει τον τύπο υγρού φρένων με το οποίο τροφοδοτείται και λειτουργεί το σύστημα πέδησης στο εκάστοτε όχημα. Όλα τα εγκεκριμένα υγρά πρέπει να είναι άχρωμα ή με κίτρινο χρώμα, εκτός από την υγρά DOT 5 –τα οποία περιέχουν σιλικόνη όπως αναφέρθηκε παραπάνω- το χρώμα των οποίων πρέπει να είναι μωβ.

4.1.1 Χαρακτηριστικά

Τα υγρά φρένων πρέπει να έχουν ορισμένα χαρακτηριστικά και να πληρούν ορισμένα πρότυπα ποιότητας έτσι ώστε το σύστημα πέδησης να λειτουργεί σωστά. Τα χαρακτηριστικά των υγρών φρένων είναι **το σημείο βρασμού, το ιξώδες, η διάβρωση και η δυνατότητα συμπίεσης**. Στη συνέχεια ακολουθεί περιγραφή των

χαρακτηριστικών τα οποία αναφέρθηκαν καθώς και ένας πίνακας με τις μέγιστες θερμοκρασίες λειτουργίας των υγρών βάση της κατηγορίας τους.

Σημείο βρασμού

Τα υγρά φρένων υποβάλλονται σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες, ιδιαίτερα στους κυλίνδρους των τροχών όπου εδράζονται τα ταμπούρα και οι δαγκάνες των δίσκων. Πρέπει να έχουν ένα υψηλό σημείο βρασμού για να αποφευχθεί η εξάτμιση στο κύκλωμα των φρένων. Αυτή η εξάτμιση είναι ένα μεγάλο πρόβλημα, διότι οι ατμοί συμπιέζονται πολύ εύκολα και ως εκ τούτου η υδραυλική μεταφορά της δύναμης πέδησης μειώνεται δραματικά με αποτέλεσμα την αποτυχία της πέδησης του οχήματος. Έτσι η θερμοκρασία βρασμού των υγρών φρένων θα πρέπει να ξεπερνά την μέγιστη θερμοκρασία που ανέρχεται στο σύστημα πέδησης κατά την υπερθέρμανση έτσι ώστε να αποφεύγεται αυτό το φαινόμενο. Τα ποιοτικά πρότυπα αναφέρονται σε στεγνό και υγρό σημείο βρασμού. Το υγρό σημείο βρασμού, το οποίο είναι συνήθως πολύ χαμηλότερο (σε κανονικές θερμοκρασίες λειτουργίας), αναφέρεται στο σημείο βρασμού του υγρού μετά την απορρόφηση ενός ορισμένου ποσοστού υγρασίας. Το ποσοστό αυτό φυσικά είναι μονοψήφιο σε κλίμακα επί τις εκατό και διαφέρει ανάλογα με την κατηγορία των υγρών. Τα μη υγροσκοπικά υγρά όπως αυτά με βάση την σιλικόνη (DOT 5) και το ορυκτέλαιο, είναι υδρόφοβα, και μπορούν να διατηρήσουν ένα αποδεκτό σημείο θερμοκρασίας βρασμού για όλη την διάρκεια ζωής της λειτουργίας τους. Τα υγρά με βάση τη σιλικόνη είναι περισσότερο συμπιεστά από ότι τα υγρά με βάση την γλυκόλη, με αποτέλεσμα να προσδίδουν μια μαλακή και προοδευτική αίσθηση πέδησης. Αυτός είναι και ο κύριος λόγος που τα υγροσκοπικά υγρά φρένων χρησιμοποιούνται κατά κόρων από τους κατασκευαστές των οχημάτων στο σύστημα πέδησης.

Ιξώδες

Για αξιόπιστη και συνεπή λειτουργία του συστήματος πέδησης, τα υγρά φρένων πρέπει να διατηρούν ένα σταθερό ιξώδες κάτω από ένα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών, συμπεριλαμβανομένων και των ακραίων χαμηλών. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε οχήματα με σύστημα ασφαλείας κατά την πέδηση όπως το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος των τροχών (ABS), το σύστημα ελέγχου πρόσφυσης

και ελέγχου ευστάθειας (ESP), καθώς τα συστήματα αυτά πιθανότατα να χρησιμοποιούν μια βαλβίδα η οποία λειτουργεί με χρόνο, παρά με την μέτρηση της πίεσης ή του όγκου, για να ελέγχει της ποσότητα του υγρού που μεταφέρεται.

Διάβρωση

Τα υγρά φρένων δεν πρέπει να διαβρώνουν τα μέταλλα που χρησιμοποιούνται στο εσωτερικό του συστήματος πέδησης όπως τις δαγκάνες, τους κυλίνδρους των ταμπούρων των τροχών, και τις βαλβίδες ελέγχου ABS. Θα πρέπει επίσης να προστατεύουν το κύκλωμα από τη διάβρωση, όταν η υγρασία εισβάλει στο σύστημα. Για να επιτευχθεί αυτό προστίθενται αντιδιαβρωτικά υλικά στο βασικό ρευστό. Η σιλικόνη είναι λιγότερο διαβρωτική σε αντίθεση με υγρά φρένων με βάση την γλυκόλη και τον αιθέρα. Το πλεονέκτημα των υγρών που έχουν ως βάση τους το ορυκτό πετρέλαιο, όπως για παράδειγμα αυτά που χρησιμοποιεί η Citroën (κατηγορία LHM), είναι η αντίσταση κατά της διάβρωσης. Το μειονέκτημα αυτών των υγρών είναι η φθορά των λαστιχένιων και πλαστικών εξαρτημάτων του συστήματος πέδησης η οποία φθορά προκαλείται από τον χρόνο και τις ώρες λειτουργίας του οχήματος. Όμως τα συστήματα αυτά έχουν εξαιρετικά μεγάλη διάρκεια ζωής.

Δυνατότητα συμπίεσης

Τα υγρά φρένων πρέπει να διατηρούν ένα χαμηλό επίπεδο συμπιεστότητας, ακόμη και υπό διαφορετικές θερμοκρασίες για να διασφαλιστεί η σωστή λειτουργία του συστήματος πέδησης σε διάφορες περιβαλλοντικές συνθήκες. Αυτό είναι σημαντικό για να εξασφαλιστεί η καλή αίσθηση του οδηγού κατά το φρενάρισμα όταν αυτός πατάει το πεντάλ του φρένου. Καθώς αυξάνεται η συμπιεστότητα, αναλόγως αυξάνεται και η διαδρομή του πεντάλ, για να επιτευχθεί η ίδια ποσότητα της δύναμης του εμβόλου στη δαγκάνα του φρένου.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των υγρών φρένων με τα όρια των θερμοκρασιών λειτουργίας τους:

ΕΙΔΟΣ	Σημείο βρασμού(στεγνό)	Σημείο βρασμού (υγρό)	Όριο ιξώδους	Κύριο συστατικό
DOT 2	190 °C	140 °C	---	Καστορέλαιο/αλκοολή
DOT 3	205 °C	140 °C	1500 mm ² /s	Γλυκόλη αιθέρας
DOT 4	230 °C	155 °C	1800 mm ² /s	Γλυκόλη αιθέρας/Βορικός εστέρας
DOT 5	260 °C	180 °C	900 mm ² /s	Σιλκόνη
DOT 5.1	260 °C	180 °C	900 mm ² /s	Γλυκόλη αιθέρας/Βορικός εστέρας
LHM	249 °C	249 °C	1200 mm ² /s	Ορυκτέλαιο

4.1.2 Συντήρηση

Οι περισσότεροι επαγγελματίες μηχανικοί αυτοκινήτων συμφωνούν ότι τα υγρά φρένων με βάση τη γλυκόλη (DOT 3, DOT 4 και DOT 5.1) θα πρέπει να αλλάζονται κάθε 1 με 2 χρόνια υπό κανονικές συνθήκες. Πολλοί κατασκευαστές ωστόσο απαιτούν περιοδικές αλλαγές στα υγρά των φρένων για να εξασφαλίζεται η αξιοπιστία και η ασφάλεια. Μόλις η υγρασία εισχωρήσει στο κύκλωμα του συστήματος πέδησης, διαχέεται μέσα στα υγρά, μέσω των σωληνώσεων των φρένων και τελικά, αυτά χρήζουν αντικατάστασης, όταν η περιεκτικότητά τους σε νερό γίνει πολύ υψηλή. Επίσης υπάρχουν στο εμπόριο ηλεκτρονικοί αισθητήρες και ταινίες μέτρησης, τα οποία καταγράφουν την περιεκτικότητα των υγρών σε υγρασία. Ένας παράγοντας που προκαλεί φθορές στο σύστημα πέδησης είναι η διάβρωση. Το πρώτο μέταλλο το οποίο υπόκειται διάβρωση στο σύστημα είναι ο χαλκός. Υπάρχει δυνατότητα εντοπισμού της διάβρωσης στο κύκλωμα των φρένων όταν τα ιόντα χαλκού φτάσουν τα 200 ppm (parts per million). Τα καινούργια υγρά φρένων θα πρέπει πάντα να αποθηκεύονται σε ένα σφραγισμένο δοχείο για την αποφυγή της διείσδυσης υγρασίας.

Τα υγρά DOT 5 περιέχουν σιλικόνη και δεν ταξινομούνται με τα υπόλοιπα υγρά φρένων. Τα υγρά με βάση την σιλικόνη δεν επιτρέπουν στην υγρασία να εισέλθει στο σύστημα και δεν την διαχέουν μέσω του κυκλώματος, εν αντιθέσει με τα υπόλοιπα υγρά φρένων. Μεγάλο μειονέκτημα όμως αποτελεί ότι αυτά τα υγρά δεν περιέχουν αναστολείς διάβρωσης με αποτέλεσμα όποια υγρασία εισέλθει στο κύκλωμα να μην μπορεί να εξαλειφθεί.

Μια μικρή πτώση της στάθμης του υγρού φρένων στο δοχείο της αντλίας φρένων μπορεί να αναπληρωθεί αν γίνει συμπλήρωση αλλά αν το επίπεδο της στάθμης μειώνετε συνεχώς, η αιτία θα πρέπει να διερευνηθεί και το σύστημα να επισκευαστεί. Επίσης η στάθμη του υγρού φρένων στην αντλία μειώνετε καθώς τα υλικά τριβής των φρένων (τακάκια) φθείρονται. Η στάθμη των υγρών φρένων μπορεί επίσης να είναι χαμηλή εξαιτίας μιας διαρροής, η οποία θα μπορούσε να οδηγήσει σε απώλεια της υδραυλικής πίεσης και κατά συνέπεια μια σημαντική απώλεια της αποτελεσματικότητας πέδησης. Τα σύγχρονα αυτοκίνητα διαθέτουν πλεονάζοντα υδραυλικά κυκλώματα (δύο ξεχωριστά κυκλώματα) για την εξασφάλιση της σωστής επιβράδυνσης του οχήματος αν υπάρξει κάποιο πρόβλημα στο σύστημα πέδησης.

Τα υγρά φρένων με διαφορετικές κατηγοριοποιήσεις (DOT) δεν μπορούν πάντα να αναμιχθούν. Θα πρέπει να είναι του ίδιου τύπου ή τουλάχιστον της ίδιας διαβάθμισης. Τα υγρά DOT 5.1 μπορούν να αντικατασταθούν με υγρά DOT 4 και DOT 3. Τα υγρά DOT 5 δεν πρέπει να αναμιγνύονται ποτέ με οποιαδήποτε από τα παραπάνω γιατί η ανάμειξη της γλυκόλης με την σιλικόνη μπορεί να προκαλέσει διάβρωση λόγω της παγιδευμένης υγρασίας στην σιλικόνη.

Τέλος κατά την αντικατάσταση των υγρών φρένων απαιτείται μεγάλη προσοχή διότι τα υγρά είναι ιδιαίτερα τοξικά και ενδέχεται να προκαλέσουν φθορές σε βαμμένες επιφάνειες και σε πλαστικά εξαρτήματα.



Τύποι υγρών φρένων με τυποποίηση και με το εμπορικό του όνομα.

4.2 Λειτουργία πέδησης με συμπιεσμένο αέρα

Αυτό το σύστημα είναι ένας τύπος πέδης το οποίο λειτουργεί με συμπιεσμένο αέρα πιέζοντας ένα έμβολο για να εφαρμοστεί η πίεση στις σιαγόνες των φρένων. Ο τύπος αυτός των φρένων με υποβοήθηση συμπιεσμένου αέρα χρησιμοποιείται σε εφαρμογές βαρέων οχημάτων, ιδιαίτερα σε αυτά που διαθέτουν πολλαπλά ρυμουλκούμενα τα οποία πρέπει να συνδεθούν με το σύστημα πέδησης, όπως φορτηγά, λεωφορεία, ρυμουλκούμενα και ημιρυμουλκούμενα οχήματα. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στα τομέα των σιδηροδρομικών δικτύων και αναπτύχθηκε από τον George Westinghouse. Ο ίδιος έκανε πολλές αλλαγές για τη βελτίωση του συστήματος αυτού, οι οποίες οδήγησαν σε διάφορες μορφές της αυτόματης πέδησης. Στις αρχές του 20ου αιώνα, εφόσον τα πλεονεκτήματά αυτής της μεθόδου αποδείχθηκαν μέσω των σιδηροδρομικών δικτύων, υιοθετήθηκαν και από τους κατασκευαστές των φορτηγών και μεγάλων οχημάτων.

4.2.1 Σχεδιασμός και λειτουργία

Το σύστημα αποτελείται από τα φρένα, το φρένο στάθμευσης (χειρόφρενο), το πεντάλ, και μια δεξαμενή αποθήκευσης αέρα. Για το χειρόφρενο, υπάρχει μια διάταξη η οποία χρησιμοποιεί συνήθως ένα ανεξάρτητο δισκόφρενο ή ένα μηχανισμό ο οποίος μανδαλώνει τις σιαγόνες του φρένου στη ανοιχτή τους θέση ακουμπώντας το τύμπανο (ταμπούρο). Για την λειτουργία των κανονικών φρένων, αυτά δηλαδή που χρησιμοποιούνται κατά την οδήγηση για την επιβράδυνση ή την ακινητοποίηση του οχήματος, εφαρμόζεται στο πεντάλ του φρένου μια δύναμη η οποία συμπιέζει τον αέρα (περίπου 100-120 psi) σε ένα θάλαμο. Η πίεση αυτή είναι αρκετή για να ενεργοποιήσει τα φρένα του οχήματος. Οι περισσότεροι τύποι των φρένων με λειτουργία συμπιεσμένου αέρα είναι φρένα τυμπάνου, αν και τα τελευταία χρόνια υπάρχει μια αυξανόμενη τάση προς τη χρήση των δισκοφρένων σε αυτή την εφαρμογή. Ο συμπιεστής αέρα αντλεί φιλτραρισμένο αέρα από την ατμόσφαιρα και των οδηγεί σε δεξαμενές υψηλής πίεσης που επικρατεί πίεση που ανέρχεται περίπου στα 8 με 9 bar. Στα περισσότερα βαρέα οχήματα υπάρχει σύστημα που ενημερώνει τον οδηγό για την κατάσταση της πίεσης του κυκλώματος των φρένων εξασφαλίζοντας έτσι την ασφαλή λειτουργία του οχήματος. Ένα σύστημα πέδησης συμπιεσμένου αέρα διαιρείται σε δυο τμήματα. Το σύστημα παροχής και το σύστημα ελέγχου. Το σύστημα παροχής συμπιέζει, αποθηκεύει και παρέχει αέρα υψηλής πίεσης στο σύστημα ελέγχου, καθώς και σε άλλα συστήματα που λειτουργούν με αυτόν τον τρόπο όπως τον μοχλό αλλαγής ταχυτήτων και τον συμπλέκτη. Το σύστημα ελέγχου διαχειρίζεται την λειτουργία της πέδησης του οχήματος.

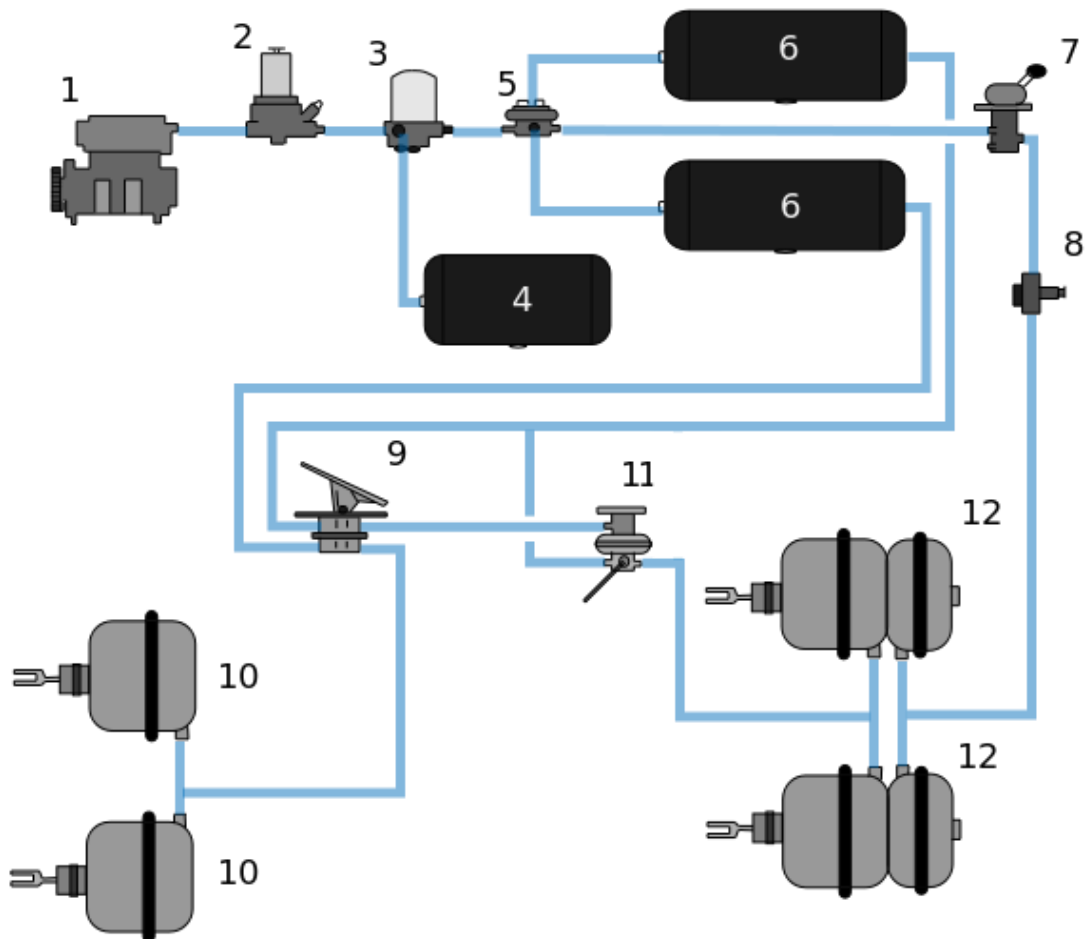
Σύστημα παροχής

Ο συμπιεστής αέρος παίρνει κίνηση από τον κινητήρα είτε με τροχαλία μέσω ενός μάντα ή απευθείας από τα γρανάζια χρονισμού του κινητήρα. Λιπαίνεται και ψύχεται από τα συστήματα λίπανσης και ψύξης του κινητήρα. Ο πεπιεσμένος αέρας διέρχεται πρώτα μέσω ενός σωλήνα ψύξης και έπειτα σε ξηραντήρα αέρος ο οποίος αφαιρεί τις ακαθαρσίες, την υγρασία και τυχόν αναθυμιάσεις του καυσίμου και του λαδιού. Επίσης μπορεί να περιλαμβάνει ένα ρυθμιστή πίεσης και μια βαλβίδα ασφαλείας. Ως εναλλακτική λύση, αντί για τον ξηραντήρα αέρος, το σύστημα παροχής μπορεί να περιλαμβάνει μια αντιψυκτική συσκευή και έναν διαχωριστή λαδιού. Ο συμπιεσμένος αέρας στη συνέχεια αποθηκεύεται σε μια δεξαμενή, από την οποία στη συνέχεια διανέμεται μέσω τεσσάρων βαλβίδων ασφαλείας στην μπροστινή και πισινή δεξαμενή αέρα, στη δεξαμενή λειτουργίας του χειρόφρενου και σε δεξαμενές που χρησιμοποιούνται από άλλα συστήματα στο όχημα. Το σύστημα περιλαμβάνει επίσης και διάφορες άλλες συσκευές έλεγχου που είναι υπεύθυνες για τον περιορισμό της πίεσης, την αποστράγγιση από τις υγρασίες του αέρα καθώς επίσης και βαλβίδες ασφαλείας.

Σύστημα ελέγχου

Το σύστημα ελέγχου είναι υπεύθυνο για την λειτουργία της πέδησης όταν αυτή ενεργοποιείται. Διαιρείται σε δύο τμήματα: το κύκλωμα του χειρόφρενου και το κύκλωμα των φρένων ρυμούλκησης. Αυτό το κύκλωμα διαιρείται περαιτέρω σε κυκλώματα στους εμπρός και πίσω άξονες που λαμβάνουν πεπιεσμένο αέρα από διαφορετικές δεξαμενές για πρόσθετη ασφάλεια σε περίπτωση διαρροής αέρα. Τα φρένα εφαρμόζονται με τη βοήθεια μιας βαλβίδας αέρα στο πεντάλ του φρένου που ρυθμίζει τα δύο κυκλώματα. Το κύκλωμα του χειρόφρενου λειτουργεί με την δύναμη του ελατηρίου η οποία ενεργοποιεί το χειρόφρενο, και ο συμπιεσμένος αέρας ελευθερώνει το χειρόφρενο μέσω μιας βαλβίδας η οποία ελέγχεται από τον οδηγό. Το φρένο ρυμούλκησης αποτελείται από ένα σύστημα δύο γραμμών: την γραμμή τροφοδοσίας και την γραμμή ελέγχου. Η γραμμή παροχής λαμβάνει αέρα από τη δεξαμενή αέρα του χειρόφρενου μέσω μιας βαλβίδας και η γραμμή ελέγχου ρυθμίζεται μέσω της βαλβίδας ελέγχου φρένου του ρυμουλκούμενου. Όλα τα συστήματα παίρνουν αρχικά σήμα από την κεντρική βαλβίδα του πεντάλ του φρένου μόλις ο οδηγός ενεργοποιήσει τα φρένα και στη συνέχεια λειτουργούν και διαχειρίζονται τον συμπιεσμένο αέρα για να επιτευχτεί σωστά η πέδηση του οχήματος.

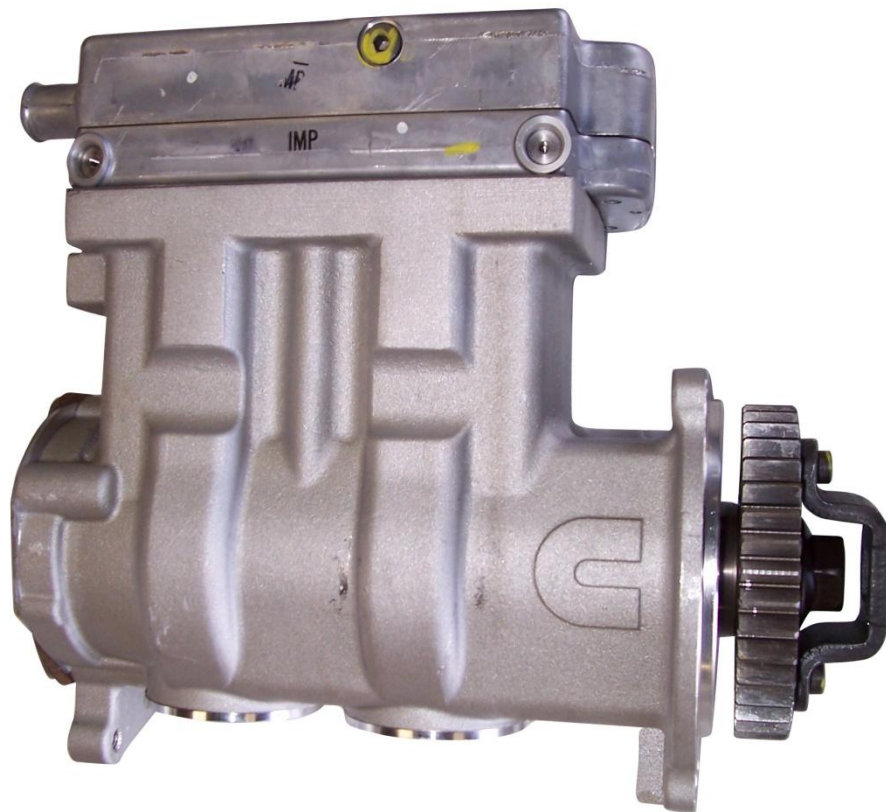
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΦΡΕΝΩΝ ΜΕ ΥΠΟΒΟΗΘΗΣΗ ΣΥΜΠΙΕΣΜΕΝΟΥ ΑΕΡΑ



1. αεροσυμπιεστής, 2. ρυθμιστής πίεσης, 3. ξηραντήρας αέρα, 4. δεξαμενή αναγεννημένου αέρα, 5. τετράοδη βαλβίδα προστασίας, 6. κεντρικές δεξαμενές συμπιεσμένου αέρα, 7. βαλβίδα ελέγχου χειρόφρενου, 8. βαλβίδα απελευθέρωσης του χειρόφρενου, 9. Κεντρική βαλβίδα (πεντάλ) του φρένου, 10. θάλαμοι αέρα μπροστινών φρένων, 11. Βαλβίδα φρένου και αισθητήρας φορτίου, 12. Θάλαμοι αέρα οπίσθιων φρένων

4.2.2 Εξαρτήματα

Συμπιεστής



Ο συμπιεστής είναι υπεύθυνος για την συλλογή και την συμπίεση του ατμοσφαιρικού αέρα μέσα στις δεξαμενές πεπιεσμένου αέρα του οχήματος.

Ξηραντήρας αέρα/Διαχωριστής



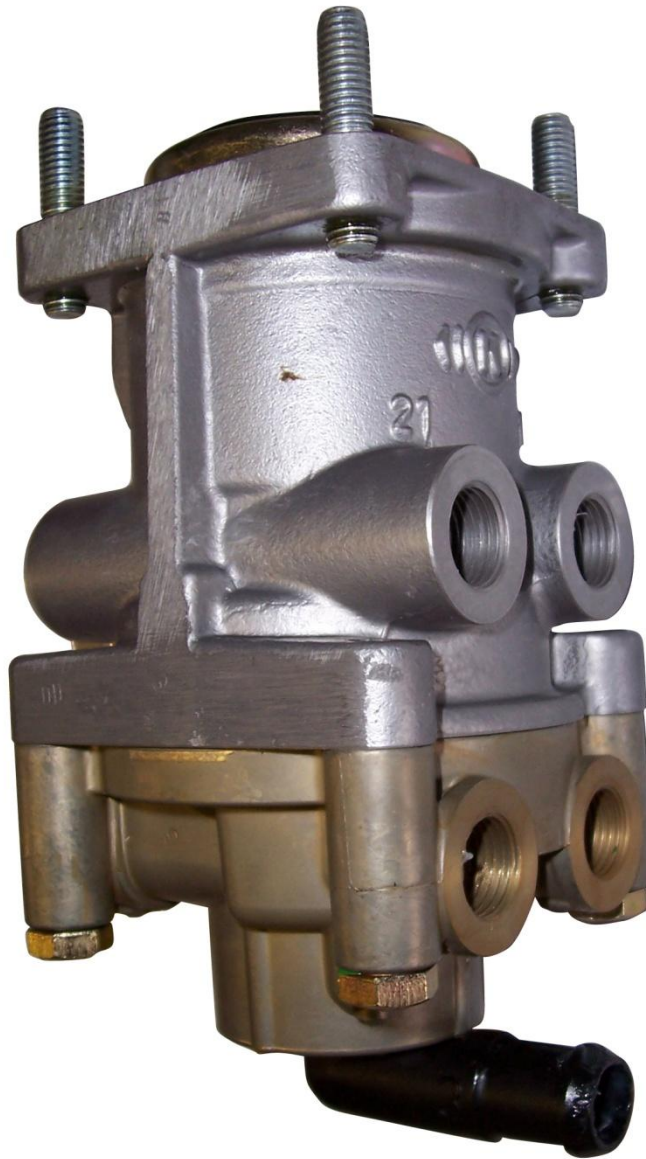
Ο ξηραντήρας του αέρα η αλλιώς διαχωριστής καθαρίζει τον αέρα που εισέρχεται στο κύκλωμα των φρένων από τυχόν υγρασίες και λάδια. Η εξωτερική του όψη παραπέμπει με αυτήν ενός φίλτρου λαδιού.

Τετράοδη βαλβίδα προστασίας



Είναι μια βαλβίδα αντεπιστροφής η οποία επιτρέπει την κίνηση του αέρα μόνο προς μια φορά και είναι υπεύθυνη για την διανομή του συμπιεσμένου αέρα στο σύστημα και στις δεξαμενές αέρα.

Κεντρική βαλβίδα φρένου



Η βαλβίδα αυτή ενεργοποιείται μόλις ο οδηγός πατήσει το πεντάλ του φρένου. Όσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη που εφαρμόζει ο οδηγός στο πεντάλ, τόσο μεγαλύτερο είναι το ποσό του αέρα που περνάει από την βαλβίδα και συνεπώς αυξάνεται αναλόγως και η δύναμη πέδησης.

Βαλβίδα φρένου



Η βαλβίδα αυτή παραλαμβάνει τον συμπιεσμένο αέρα και μαζί με τον αισθητήρα φορτίου κατανέμει την ποσότητα του αέρα που κατευθύνεται στα οπίσθια φρένα του οχήματος.

Μοχλός του χειρόφρενου



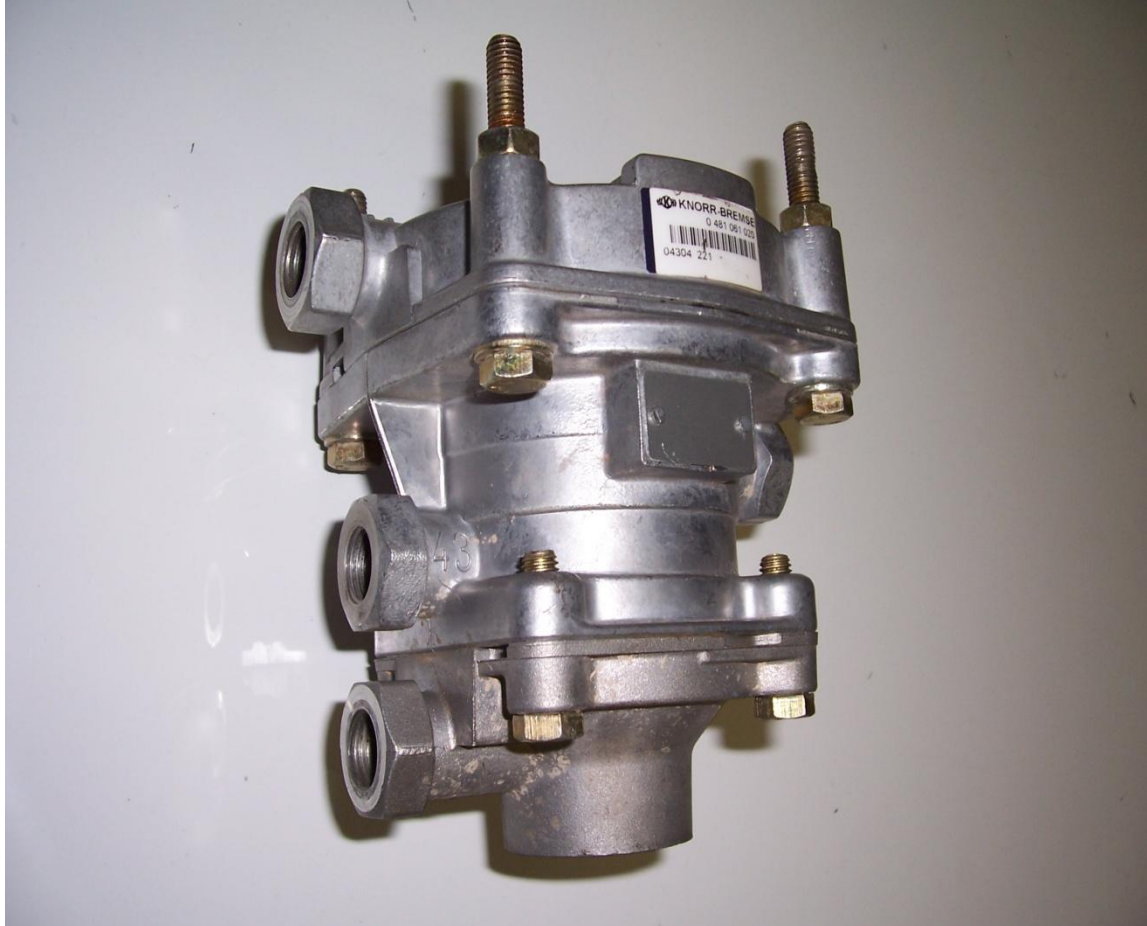
Με τον μοχλό αυτό ο οδηγός ενεργοποιεί το χειρόφρενο μέσω του θαλάμου χειρόφρενου.

Θάλαμος χειρόφρενου



Στον θάλαμο αυτό υπάρχει ένα ελατήριο το οποίο ενεργοποιείται όταν ο οδηγός τραβήξει το μοχλό του χειρόφρενου. Η απεμπλοκή του συστήματος αυτού πραγματοποιείται με έναν μοχλό-βαλβίδα που ενεργοποιεί ο οδηγός απελευθερώνοντας το χειρόφρενο και με αυτόν τον τρόπο ο αέρας που περνά μέσα σε αυτόν τον θάλαμο απενεργοποιεί το ελατήριο και συνεπώς και το χειρόφρενο του οχήματος.

Βαλβίδα φρένου ρυμουλκούμενου



Η ρόλος της βαλβίδας αυτής είναι να διαμοιράζει την ποσότητα αέρα στα φρένα της καρότσας ενός φορτηγού οχήματος. Λειτουργεί παίρνοντας πληροφορίες από τον αισθητήρα φορτίου και από το πεντάλ του φρένου και λαμβάνοντας αυτά τα δεδομένα λειτουργεί κατανέμοντας το ποσοστό φρεναρίσματος στο ρυμουλκημένο μέρος του φορτηγού.

4.2.3 Πλεονεκτήματα

Τα φρένα με υποβοήθηση συμπιεσμένου αέρα χρησιμοποιούνται ως εναλλακτική λύση αντί για τα υδραυλικά φρένα τα οποία χρησιμοποιούνται σε ελαφρύτερα οχήματα όπως τα αυτοκίνητα. Τα υδραυλικά φρένα χρησιμοποιούν υγρό (υγρά φρένων) για να μεταφέρουν την πίεση από το πεντάλ του φρένου στα τακάκια ή τα ταμπόρα του φρένου για να σταματήσει το όχημα. Τα φρένα πεπιεσμένου αέρα έχουν πολλά πλεονεκτήματα για τα μεγάλα οχήματα όπως φορτηγά και λεωφορεία.

- Η παροχή του αέρα είναι απεριόριστη, έτσι το σύστημα πέδησης δεν μπορεί ποτέ να αδειάσει, όπως γίνεται με τα υδραυλικά φρένα. Μικρές διαρροές στο κύκλωμα δεν μπορεί να οδηγήσουν σε πλήρη αποτυχία πέδησης του συστήματος αυτού.
- Οι σύνδεσμοι και τα εξαρτήματα είναι πιο εύκολο να αφαιρεθούν και να αποσυναρμολογηθούν από το κύκλωμα χωρίς να υπάρχει κίνδυνος να διαρρεύσει κάτι όπως τα υγρά φρένων σε ένα υδραυλικό σύστημα. Έτσι σε αυτά τα συστήματα φρένων αέρα μπορούν εύκολα να συνδεθούν και να αποσυνδεθούν τα εξαρτήματα εφόσον βέβαια τα άτομα που θα το αναλάβουν έχουν δεχθεί την κατάλληλη εκπαίδευση.
- Ο αέρας σε αυτό το σύστημα δεν λειτουργεί μόνο ως μέσο για τη μετάδοση της δύναμης στα φρένα, αλλά επίσης αποθηκεύει δυναμική ενέργεια. Έτσι μπορεί να χρησιμεύσει για τον έλεγχο της δύναμης που εφαρμόζεται. Τα συστήματα πέδησης συμπιεσμένου αέρα περιλαμβάνουν μια δεξαμενή αέρα (δεξαμενή αναγεννημένου αέρα) που αποθηκεύει αρκετή ενέργεια για να σταματήσει το όχημα, αν ο συμπιεστής υποστεί κάποια βλάβη ή δυσλειτουργία.
- Τα φρένα αυτά είναι αποτελεσματικά ακόμη και αν υποστούν μια σοβαρή διαρροή. Έτσι ένα σύστημα πέδησης με πεπιεσμένο αέρα μπορεί να σχεδιαστεί με επαρκή ικανότητα να σταματήσει το όχημα με ασφάλεια, ακόμα και όταν υπάρχει μια σημαντική διαρροή.

Τα φρένα με συμπιεσμένο αέρα λειτουργούν διαφορετικά από τα κοινά φρένα με υδραυλικά συστήματα. Οι περισσότερες χώρες απαιτούν πρόσθετη εκπαίδευση ώστε ένας οδηγός να μπορεί να οδηγεί νόμιμα οποιοδήποτε όχημα που χρησιμοποιεί ένα τέτοιο σύστημα φρένων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

5.1 ABS

Το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος τροχών είναι ένα ηλεκτρονικό και μηχανικό σύστημα ελέγχου της κίνησης των τροχών κατά τη διαδικασία φρεναρίσματος ενός οχήματος (αυτοκίνητο, μοτοσυκλέτα) έτσι ώστε να αποφεύγεται η συνεχής ακινητοποίηση τους (μπλοκάρισμα). Το μπλοκάρισμα των τροχών είναι μη επιθυμητό κατά το φρενάρισμα ενός αυτοκίνητου γιατί μειώνει σημαντικά την πρόσφυση του, δηλαδή μειώνει τη δυνατότητα αλλαγής πορείας και υπό ορισμένες συνθήκες αυξάνει σημαντικά το χρόνο που απαιτείται για την ακινητοποίηση του.

Η όλο και μεγαλύτερη ανάγκη για μείωση των ατυχημάτων, τα οποία προκαλούνται από την αυξανόμενη πυκνότητα της κυκλοφορίας και τις υψηλότερες ταχύτητες και τα οποία έχουν ως συνέπεια μεγάλους αριθμούς νεκρών και τραυματιών, οδήγησε τα τελευταία χρόνια την παγκόσμια αυτοκινητοβιομηχανία σε εντατικές προσπάθειες για βελτίωση τόσο της ενεργητικής όσο και της παθητικής ασφάλειας των οχημάτων. Σημαντική συμβολή στην ενίσχυση της ενεργητικής ασφάλειας έχει προσφέρει τις τελευταίες δεκαετίες το Σύστημα Αντιμπλοκαρίσματος Τροχών (Anti-lock Braking System).



Το σύστημα ABS προσφέρει γενικά βελτιωμένο έλεγχο του οχήματος και μειώνει τις αποστάσεις ακινητοποίησης σε στεγνές και ολισθηρές επιφάνειες. Ωστόσο, στο χώμα και σε χιονισμένες επιφάνειες, το ABS μπορεί να αυξήσει σημαντικά την απόσταση φρεναρίσματος.

Από την αρχική τοποθέτηση τους σε αυτοκίνητα παραγωγής, τα συστήματα απεμπλοκής των τροχών κατά την πέδηση έχουν βελτιωθεί σημαντικά. Οι πρόσφατες εκδόσεις όχι μόνο εμποδίζουν το μπλοκάρισμα των τροχών κατά το φρενάρισμα, αλλά επίσης ελέγχουν ηλεκτρονικά την διαφορά από τα εμπρός με τα πίσω φρένα. Αυτές οι λειτουργίες, ανάλογα με τις ικανότητες και την εφαρμογή τους, διακρίνονται σε κατανεμητές δύναμης πέδησης-Electronic Brakeforce Distribution (EBD), σύστημα ελέγχου πρόσφυσης-Traction Control System (TCS), υποβοήθηση φρεναρίσματος πανικού-Emergency Brake Assist(EBS), και ηλεκτρονικού ελέγχου ευστάθειας- Electronic Stability Control (ESC). Μερικά από τα προαναφερθέντα συστήματα που έχουν σχέση με την πέδηση θα αναφερθούν παρακάτω.

5.1.1 Ιστορία

Το σύστημα ABS αναπτύχθηκε αρχικά για χρήση αεροσκαφών το 1929 από τον Γάλλο μηχανικό αυτοκινήτων και αεροσκαφών Gabriel Voisin. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούσαν έναν σφόνδυλο και μια βαλβίδα που συνδέονται με μια υδραυλική γραμμή που τροφοδοτούσε το σύστημα των φρένων. Ο σφόνδυλος συνδέονταν σε ένα τύμπανο που είχε την ίδια ταχύτητα με τον τροχό. Σε κανονική πέδηση, το τύμπανο και ο σφόνδυλος θα έπρεπε να περιστρέφονται με την ίδια ταχύτητα. Ωστόσο, όταν ένας τροχός επιβράδυνε, τότε το τύμπανο θα έκανε το ίδιο, αφήνοντας το περιστρεφόμενο σφόνδυλο με ταχύτερο ρυθμό. Αυτό προκαλούσε το άνοιγμα της βαλβίδας, επιτρέποντας μια μικρή ποσότητα υγρού φρένων να παρακάμψει την αντλία φρένων σε μια δεξαμενή, χαμηλώνοντας έτσι την πίεση στον κύλινδρο και απελευθερώνοντας τα φρένα. Κατά τη δοκιμή αυτού του συστήματος, σημειώθηκε μια βελτίωση της τάξεως του 30% στην απόδοση φρεναρίσματος, επειδή οι πιλότοι έθεταν σε πλήρη λειτουργία τα φρένα αντί για την προοδευτική ενεργοποίηση τους προκειμένου να αποφεύγεται το μπλοκάρισμα

των τροχών. Ένα πρόσθετο όφελος ήταν η μείωση των καμένων και των κατεστραμμένων ελαστικών στα αεροσκάφη.

Ένα πλήρως μηχανικό σύστημα στα αυτοκίνητα πρωτοεμφανίστηκε σε περιορισμένη χρήση τη δεκαετία του 1960 σε ένα αγωνιστικό αυτοκίνητο της εταιρίας Ferguson (P99), σε ένα μοντέλο της βρετανικής εταιρίας αυτοκινήτων Jensen (FF), και στο πειραματικό τετρακίνητο Ford Zodiac. Ωστόσο το σύστημα αποδείχθηκε δαπανηρό και αναξιόπιστο και έτσι η χρήση του δεν εδραιώθηκε. Το πρώτο πλήρως ηλεκτρονικό σύστημα αντιμπλοκαρίσματος των τροχών κατά την πέδηση αναπτύχθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1960 στα αεροσκάφη της εταιρίας Concorde. Κατά καιρούς πολλές εταιρίες αυτοκινήτων πειραματίστηκαν με συστήματα αντιμπλοκαρίσματος των τροχών και εφάρμοσαν μερικά από αυτά στα αυτοκίνητα παραγωγής τους, όμως πολλά από αυτά αποδείχθηκαν αναξιόπιστα και δαπανηρά. Το 1993 η εταιρία Lincoln ήταν η πρώτη εταιρεία αυτοκινήτων που παρείχε σύστημα απεμπλοκής κατά την πέδηση σε όλα τα οχήματά της.

5.1.2 Λειτουργία

Τα περισσότερα συστήματα ABS περιλαμβάνουν μια κεντρική ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου (ECU), τέσσερις αισθητήρες ταχύτητας τροχού, και τουλάχιστον δύο υδραυλικές βαλβίδες εντός του συστήματος των φρένων. Ο εγκέφαλος του συστήματος ενημερώνεται συνεχώς για την ταχύτητα περιστροφής του κάθε τροχού. Εάν εντοπίσει έναν τροχό να περιστρέφεται με μικρότερη ταχύτητα από τους υπόλοιπους, μια ενδεικτική κατάσταση του επικείμενου μπλοκαρίσματος των τροχών, αυτό ενεργοποιεί τις βαλβίδες για να μειώσει την υδραυλική πίεση στο φρένο στον συγκεκριμένο τροχό, μειώνοντας έτσι τη δύναμη πέδησης που επενεργεί σε αυτόν. Μετά από αυτό η ταχύτητα του τροχού εξισώνεται με των υπολοίπων. Αντίθετα, αν ο εγκέφαλος ανιχνεύσει έναν τροχό να περιστρέφεται πιο γρήγορα από τους άλλους, η υδραυλική πίεση στον τροχό αυξάνεται έτσι ώστε η δύναμη πέδησης να εφαρμόζεται εκ νέου, επιβραδύνοντας τον τροχό. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται συνεχώς και μπορεί να ανιχνευθεί από τον οδηγό μέσω των κραδασμών στο πεντάλ του φρένου. Μερικά συστήματα απεμπλοκής των τροχών μπορούν να αυξομειώνουν την πίεση πέδησης 15 φορές ανά δευτερόλεπτο. Εξαιτίας αυτού, οι τροχοί των αυτοκινήτων που είναι εξοπλισμένοι με ABS είναι πρακτικά αδύνατον να μπλοκάρουν ακόμη και σε συνθήκες φρεναρίσματος πανικού κάτω από ακραίες συνθήκες.

5.1.3 Εξαρτήματα

Αισθητήρες ταχύτητας

Οι αισθητήρες ταχύτητας χρησιμοποιούνται για να αναγνωρίσουν την επιτάχυνση και την επιβράδυνση των τροχών. Αυτοί οι αισθητήρες χρησιμοποιούν ένα μαγνήτη και ένα αισθητήρα ή έναν οδοντωτό τροχό και ένα ηλεκτρομαγνητικό πηνίο για την παραγωγή ενός σήματος. Η περιστροφή του τροχού δημιουργεί ένα μαγνητικό πεδίο γύρω από τον αισθητήρα. Οι διακυμάνσεις του μαγνητικού αυτού πεδίου παράγουν τάση στον αισθητήρα και αυτός με την σειρά του πληροφορεί τον εγκέφαλο του συστήματος για την ταχύτητα περιστροφής των τροχών του οχήματος.



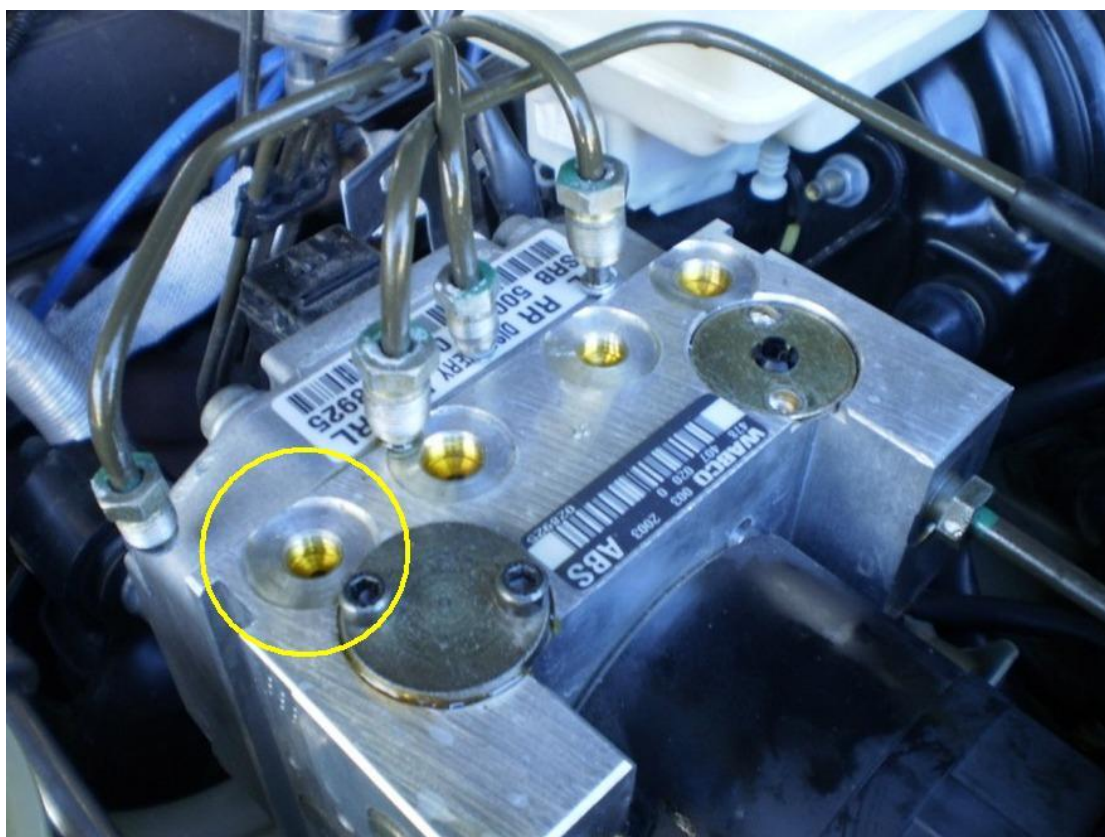
Βαλβίδες

Οι βαλβίδες στα συστήματα ABS παίρνουν εντολή από τον εγκέφαλο και αναλόγως ρυθμίζουν την πίεση η οποία κατευθύνεται στα φρένα. Οι βαλβίδες αυτές έχουν τρεις θέσεις:

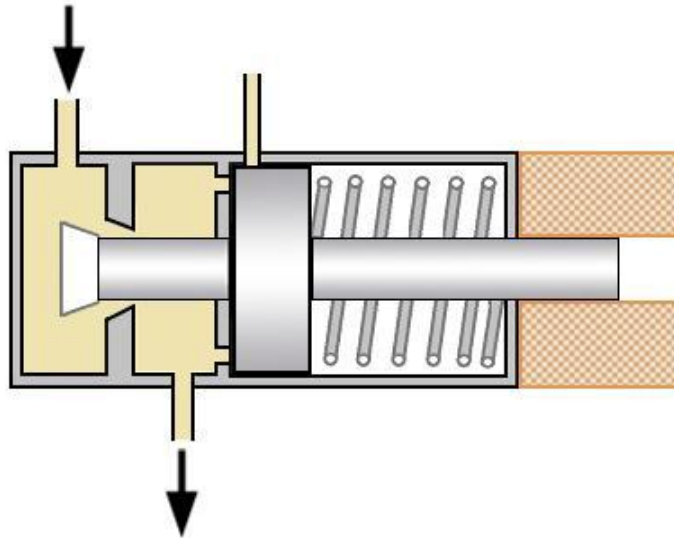
Στην πρώτη θέση η πίεση των υγρών μεταφέρεται κανονικά στα φρένα των τροχών.

Στην δεύτερη θέση η βαλβίδα κλείνει και εμποδίζει την μεταφορά πίεσης των υγρών στα φρένα. Με αυτόν τον τρόπο εμποδίζεται η αύξηση της δύναμης που μεταφέρεται στα φρένα.

Στην τρίτη θέση, όταν η πίεση στα φρένα αυξηθεί πολύ, η βαλβίδα απελευθερώνει κάποια ποσότητα υγρών από τα φρένα μειώνοντας έτσι την δύναμη πέδησης. Αυτό γίνεται αντιληπτό από τον οδηγό με τις ταλαντώσεις που δημιουργούνται στο πεντάλ του φρένου.



Πίεση από το πεντάλ



Πίεση στους τροχούς

Αντλία

Η αντλία στο ABS χρησιμοποιείται για την αποκατάσταση της πίεσης στα φρένα αφού οι βαλβίδες απελευθερώσουν υγρό από αυτά κατά το μπλοκάρισμα των τροχών. Μετά την απελευθέρωση των υγρών των φρένων από την βαλβίδα, η αντλία χρησιμοποιείται για να αποκαταστήσει μια επιθυμητή ποσότητα πίεσης στο σύστημα πέδησης.



Εγκέφαλος

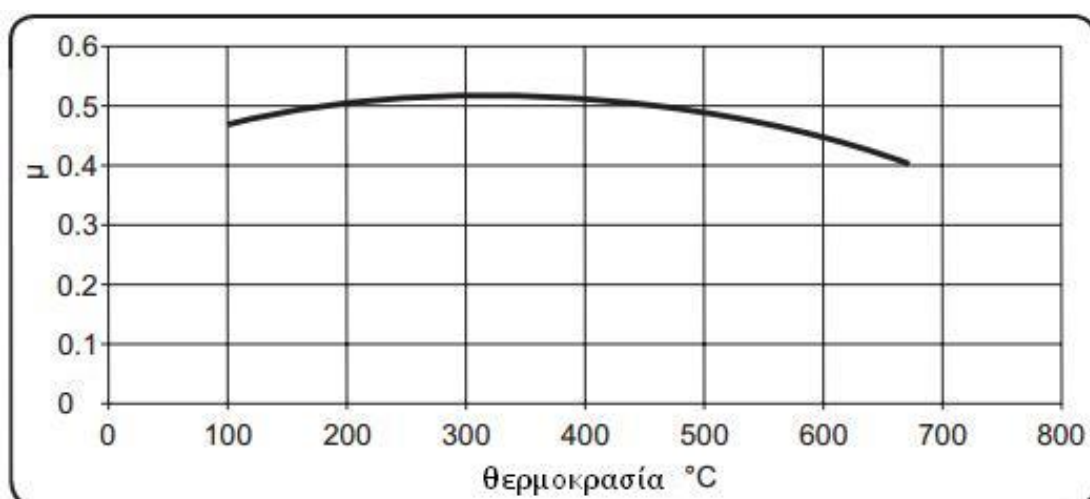
Ο εγκέφαλος του συστήματος ABS λαμβάνει πληροφορίες από κάθε αισθητήρα τροχού. Αν ένας τροχός αρχίζει να μπλοκάρει το σήμα στέλνεται στον εγκέφαλο και αυτός με τη σειρά του περιορίζει τη δύναμη πέδησης με την ενεργοποίηση των βαλβίδων και της αντλίας του συστήματος.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΨΥΞΗ

Για να επιτυγχάνεται αποτελεσματικά η πέδηση κάθε φορά που ο οδηγός επιθυμεί, θα πρέπει, να γίνεται απαγωγή θερμότητας στα φρένα. Στα φρένα τυμπάνου αυτό καθίσταται δύσκολο έως και ακατόρθωτο. Στο δισκόφρενο η απαγωγή θερμότητας μπορεί να γίνει αποτελεσματικά και με διάφορους τρόπους. Ένας από αυτούς είναι οι αεριζόμενοι δίσκοι.



Στο διάγραμμα παρουσιάζεται ο συντελεστής τριβής των υλικών φρένων (τακάκια) συναρτήσει της θερμοκρασίας σε ένα αγωνιστικό όχημα. Παρατηρείται ότι κατά το μέσο του διαγράμματος και συνεπώς στις μεσαίες θερμοκρασίες ο συντελεστής τριβής των φρένων φτάνει στη μέγιστη τιμή του. Αυτό το σημείο ονομάζεται θερμοκρασία λειτουργίας των φρένων. Για την σωστή λειτουργία των φρένων κατά την διάρκεια της πέδησης και την αποφυγή της υπερθέρμανσης και συνεπώς της γρήγορης φθοράς των υλικών τριβής, η θερμοκρασία δεν θα πρέπει να υπερβαίνει την θερμοκρασία λειτουργίας. Σαν λύση οι κατασκευάστριες εταιρίες έχουν επινοήσει πολλούς τρόπους ψύξης των φρένων.

6.1 Αεριζόμενοι δίσκοι



Είναι η πιο διαδεδομένη λύση στο πρόβλημα της υπερθέρμανσης των φρένων και η πιο οικονομική. Για αυτό τον λόγο η τεχνική αυτή υιοθετείται από τα περισσότερα αυτοκίνητα παραγωγής. Ο δίσκος του φρένου κατά την κατασκευή του μορφοποιείται με ειδικό τρόπο έτσι ώστε να μπορεί να εισέλθει ατμοσφαιρικός αέρας από την εξωτερική διάμετρο του και να εξέρχεται από την εσωτερική. Κατά την ροή του αέρα μέσα στον δίσκο η θερμότητα μεταφέρεται από την δισκόπλακα στον ατμοσφαιρικό αέρα και έτσι η θερμοκρασία μεταξύ του περιβάλλοντα αέρα και του δίσκου τείνει να εξισωθεί.



Στην εικόνα φαίνεται η τομή ενός δίσκου φρένου και βλέποντας πως είναι διαμορφωμένος, μπορούμε να καταλάβουμε πως ωθείται ο αέρας από την εξωτερική διάμετρο προς την εσωτερική. Επίσης με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται και μείωση του βάρους της δισκόπλακας. Οι τρύπες που παρατηρούνται στον δίσκο παίζουν και αυτές σημαντικό ρόλο στην απαγωγή της θερμότητας και την απομάκρυνση της υγρασίας από αυτόν.



Δίσκος με νευρώσεις. Σε αυτό το είδος δισκόπλακας η απαγωγή θερμότητας πραγματοποιείται σε μεγάλες επιφάνειες πάνω στον δίσκο και η ροή του αέρα διαχέεται με ευθεία πορεία προς το εσωτερικό του.



Δίσκοι με διάφορα σημεία διάχυσης του ατμοσφαιρικού αέρα. Με αυτόν τον τρόπο η απαγωγή θερμότητας γίνεται από πολλά σημεία και μικρότερες επιφάνειες επάνω στον δίσκο.



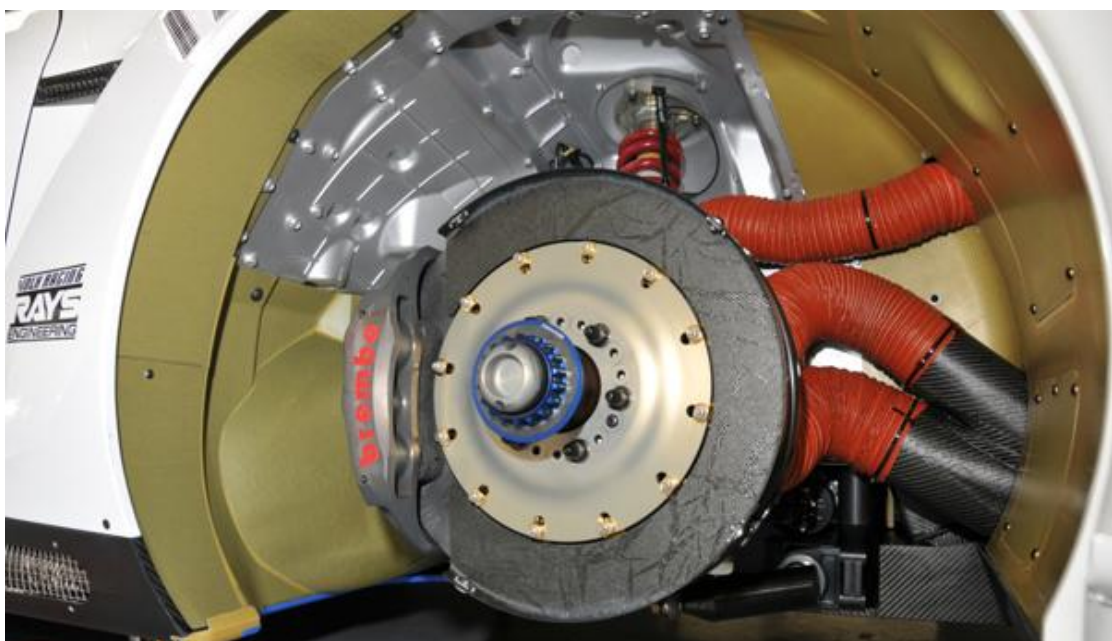
Η ροή του αέρα σε ένα συμβατικό όχημα παριστάνεται στην εικόνα. Ο κρύος περιβάλλοντας αέρας εισέρχεται από το μπροστινό μέρος του οχήματος και οδηγείται στον χώρο των φρένων. Στη συνέχεια ο ζεστός αέρας απομακρύνεται από το εξωτερικό σημείο του τροχού του οχήματος.

6.2 Αγωγοί αέρα

Ένας άλλος τρόπος για την ψύξη των δίσκων είναι οι αγωγοί αέρα που χρησιμοποιούνται κυρίως σε αγωνιστικές εφαρμογές.



Οι αγωγοί αέρα κατασκευάζονται για να ωθούν τον αέρα στο εσωτερικό των φρένων για να πετυχαίνεται η ψύξη τους. Ανάλογα με τον κατασκευαστή οι αγωγοί αυτοί μπορούν να έχουν διάφορες μορφές διαφορετικές μεταξύ τους ανάλογα με την ποσότητα αέρα που χρειάζεται να εισέρχεται στα φρένα του οχήματος. Σε αγώνες όπως η formula 1 οι αγωγοί αέρα είναι αναγκαίοι διότι οι θερμοκρασίες των φρένων σε αυτά τα οχήματα είναι πολύ υψηλές σε σχέση με τα συμβατικά οχήματα δρόμου.



Σε άλλες αγωνιστικές εφαρμογές οι αγωγοί αέρα αποτελούν μια πιο απλή κατασκευή απαιτώντας μονάχα την τοποθέτηση πλαστικών αγωγών αέρα οι οποίοι οδηγούν τον αέρα από το μπροστινό μέρος του οχήματος κατευθείαν στον χώρο των φρένων.



6.3 Εφαρμογή σε μοτοσυκλέτες

Η εφαρμογή των αγωγών αέρα στα φρένα γίνεται και στον τομέα των αγωνιστικών μοτοσυκλετών. Αυτή η τεχνική υιοθετείται διαφορετικά στις μοτοσυκλέτες για την εισαγωγή μεγαλύτερης ροής αέρα στο σημείο επαφής των υλικών τριβής με τον δίσκο μιας και οι δίσκοι στις μοτοσυκλέτες, σε σχέση με τα αυτοκίνητα, είναι εκτεθειμένοι στον περιβάλλοντα αέρα.



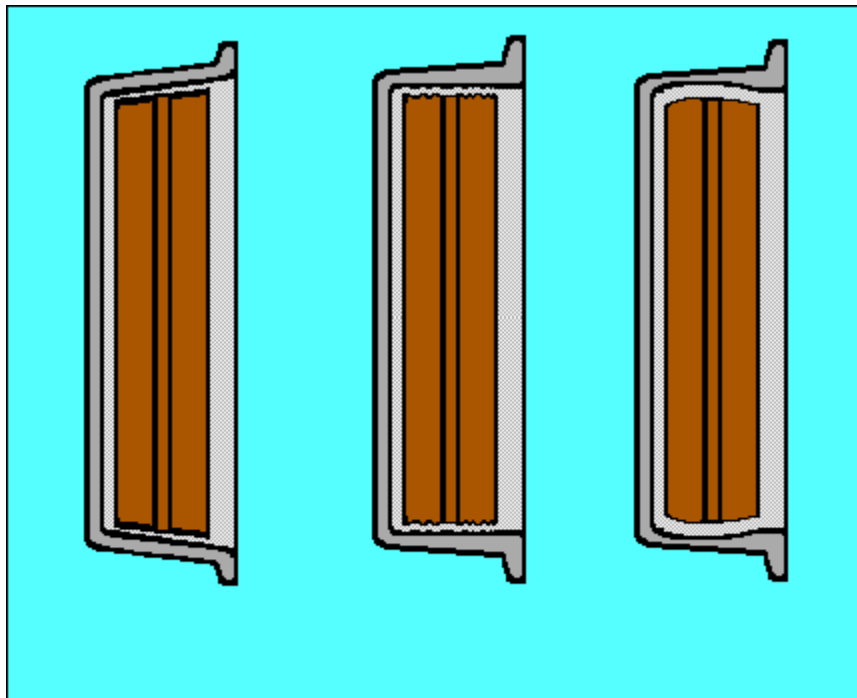
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΒΛΑΒΕΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

7.1 Φρένα τυμπάνου

Βλάβες

- Στρέβλωση του τυμπάνου: Αυτό το πρόβλημα δημιουργείται όταν τα υλικά τριβής (σιαγόνες) φθαρούν σε τέτοιο βαθμό που η επικάλυψή τους απομακρύνεται και γίνεται απευθείας επαφή των μετάλλων τους με την εσωτερική επιφάνεια του τύμπανου. Η απόδοση της πέδησης ελαττώνεται και θα πρέπει να γίνει αλλαγή του τυμπάνου.



Στην εικόνα απεικονίζονται τα στάδια στρέβλωσης του τυμπάνου. Σε πρώτο στάδιο τα υλικά τριβής δεν επηρεάζουν το τύμπανο του φρένου. Στο δεύτερο στάδιο το τύμπανο έχει αρχίσει να υπόκειται σε μια ελαφριά στρέβλωση και

στα τρίτο στάδιο το τύμπανο έχει φθαρεί σε υπερβολικό βαθμό μειώνοντας έτσι κατά πολύ την αποτελεσματικότητα της πέδησης στο όχημα.

- Θραύση του τυμπάνου: Αυτό το πρόβλημα εμφανίζεται από τις απότομες μεταβολές της θερμοκρασίας ή από χτύπημα στο συγκεκριμένο σημείο. Σε μια τέτοια περίπτωση το τύμπανο θα πρέπει να αντικατασταθεί άμεσα.



7.2 Φρένα με δίσκο

Βλάβες:

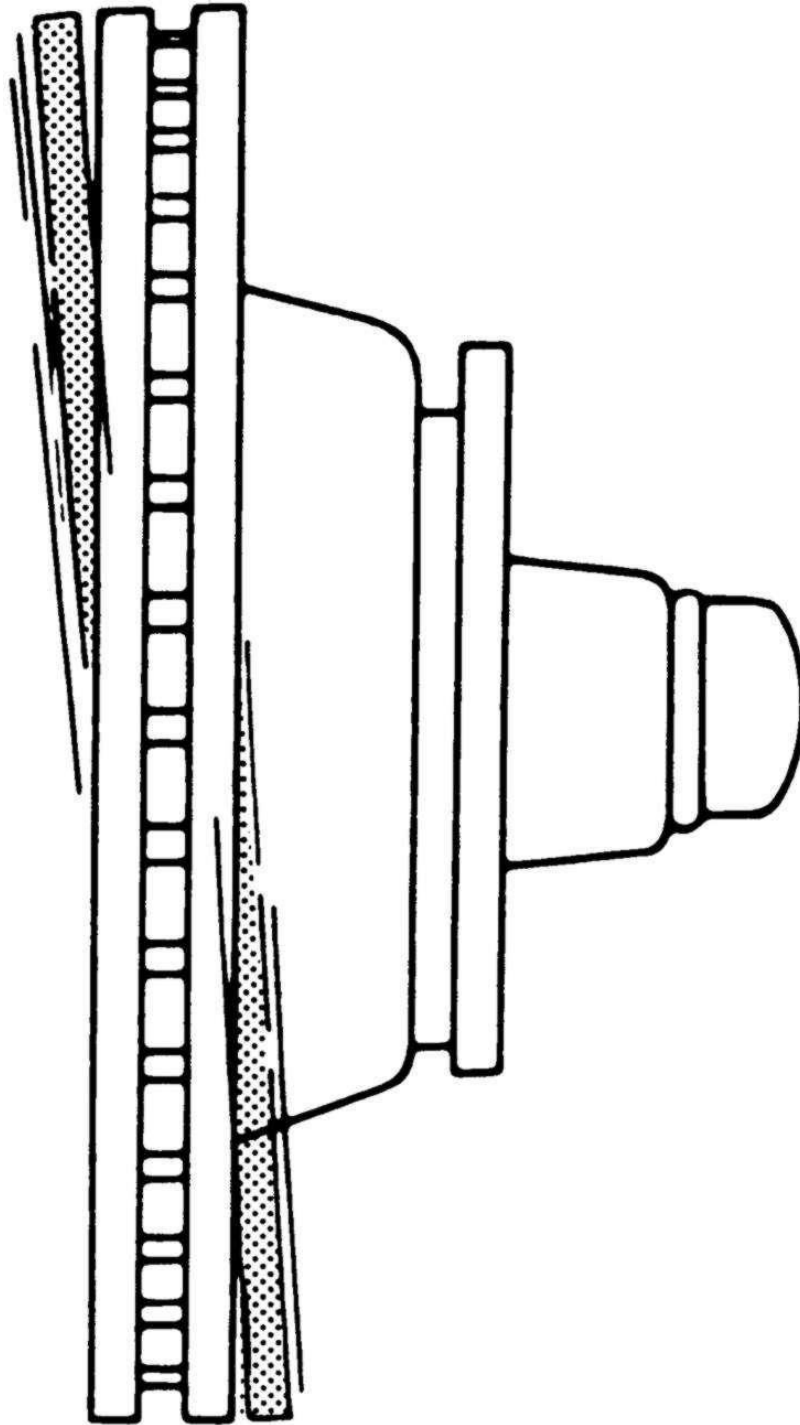
- Φθορά του δίσκου: Αυτό συμβαίνει λόγω εκτεταμένης φθοράς στα υλικά τριβής. Ο δίσκος παύει να έχει επαφή με τα υλικά τριβής και εφάπτεται με το μεταλλικό κομμάτι των τακακιών με συνέπεια την ανομοιόμορφη φθορά του. Σε μια τέτοια περίπτωση ο μηχανικός θα πρέπει να προειδοποιήσει τον οδηγό για αντικατάσταση του δίσκου διότι αυτό το πρόβλημα θα οδηγήσει σε μείωση της απόδοσης των φρένων και ανομοιόμορφη φθορά των καινούργιων υλικών τριβής που θα τοποθετηθούν στο όχημα.



- Θραύση η ραγίσμα του δίσκου: Ένας λόγος ο οποίος οδηγεί σε θραύση του δίσκου είναι η απότομες μεταβολές της θερμοκρασίας σε αυτόν. Η απότομη συστολή και διαστολή του δίσκου οδηγεί σε ραγίσματα και την θραύση του. Οι κύριες αιτίες είναι το νερό που πέφτει για κάποιο λόγο στην επιφάνειά του όταν αυτός είναι ζεστός και η μεγάλη άνοδος της θερμοκρασίας του όταν τα υλικά τριβής είναι φθαρμένα και γίνετε επαφή μετάλλων μεταξύ δίσκου και τακακιών. Σε μια τέτοια περίπτωση ο δίσκος χρήζει άμεσης αντικατάστασης διότι η οδήγηση με έναν τέτοιο δίσκο είναι πολύ επικίνδυνη και μπορεί να προκαλέσει ατύχημα.



- Στράβωμα του δίσκου: Το στράβωμα του δίσκου προέρχεται από την αύξηση της θερμοκρασίας άνω του ορίου, στα φρένα. Λόγω της μεγάλης διαστολής που υπόκειται, ο όγκος του δίσκου αυξάνεται ανομοιόμορφα με αποτέλεσμα την διαστρέβλωσή του. Αυτό το πρόβλημα οδηγεί σε μεγάλη πτώση της απόδοσης πέδησης και είναι αισθητό από την ταλάντωση που δημιουργείται στο τιμόνι του οχήματος όταν ο οδηγός ενεργοποιεί τα φρένα. Σε μια τέτοια περίπτωση ο δίσκος πρέπει να αντικατασταθεί άμεσα.



Το στράβωμα του δίσκου εκφράζεται πολλές φορές σε δέκατα του χιλιοστού, όμως με τον πολλαπλασιασμό των δυνάμεων γίνεται άμεσα αντιληπτή από τον οδηγό του οχήματος.

- Βούλωμα η φθορές στα σωληνάκια των φρένων: Υπάρχουν πολλοί λόγοι για την φθορά ή την καταστροφή στα σωληνάκια των φρένων. Ένας λόγος είναι η συσσώρευση ακαθαρσιών μέσα στους αγωγούς που περνάν τα υγρά φρένων. Όταν γίνεται αυτό η κινητική δύναμη ενεργοποιεί τα υπόλοιπα φρένα του οχήματος δημιουργώντας μια αστάθεια που μπορεί να προκαλέσει ακόμα και απώλεια του ελέγχου του οχήματος. Αν για παράδειγμα τα σωληνάκια των φρένων στον εμπρόσθιο δεξί τροχό είναι βουλωμένα, τότε όλη η κινητική δύναμη μεταφέρεται στα φρένα του αριστερού με αποτέλεσμα το τιμόνι του οχήματος να στρίβει αριστερά. Το όχημα θα πρέπει να ελεγχθεί από μηχανικό και θα πρέπει να γίνουν η απαραίτητες ενέργειες για την αποκατάσταση του προβλήματος.
- Ένα άλλο πρόβλημα είναι η φθορά και η ολική καταστροφή των αγωγών των φρένων. Πολλοί λόγοι μπορούν να οδηγήσουν σε αυτό το πρόβλημα. Κάποιοι από αυτούς είναι η φθορά των αγωγών από τον καιρό και τις ακραίες θερμοκρασίες, η εισχώρηση ξένων αντικειμένων στο σύστημα όπως πέτρες και κλαδιά δέντρων. Το πρόβλημα που δημιουργείται είναι η πτώση της απόδοσης πέδησης και πολλές φορές ακόμα και αδυναμία πραγματοποίησης πέδησης για τον συγκεκριμένο τροχό. Η βλάβη αυτή θα πρέπει να αντιμετωπιστεί άμεσα διότι μπορεί να προκαλέσει σοβαρό τροχαίο ατύχημα και καταστροφή των εξαρτημάτων κοντά στη βλάβη λόγω της τοξικότητας των υγρών φρένων.





Φθαρμένα ή σπασμένα σωληνάκια φρένων μπορεί να προκαλέσουν διάβρωση στα εξαρτήματα του συστήματος πέδησης. Κάτι τέτοιο οδηγεί στην καταστροφή επιπλέον εξαρτημάτων των φρένων αποφέροντας δαπανηρά έξοδα για τον ιδιοκτήτη του οχήματος. Με την καλή συντήρηση και τον έλεγχο των φρένων ζημιές σαν αυτές της φωτογραφίας μπορούν να αποφευχθούν.

Τα φρένα και το σύστημα πέδησης ενός αυτοκινήτου αποτελούν ένα βασικό μέρος του και η σωστή χρήση και συντήρηση τους απαιτείται από τον χρήστη γιατί συνδέονται άμεσα με την ασφάλεια του.

7.3 Σωστή χρήση των φρένων:

- Ξεκινώντας με την χρήση, το πρώτο που πρέπει να τηρεί ο οδηγός πάντοτε είναι οι αποστάσεις ασφαλείας και να αποφεύγει τα φρεναρίσματα της τελευταία στιγμής, εκτός από περιπτώσεις φρεναρίσματος έκτακτης ανάγκης.
- Όταν η οδήγηση γίνεται σε ολισθηρό οδόστρωμα, η ταχύτητα του οχήματος θα πρέπει να μειώνεται και οι αποστάσεις από τα προπορευόμενα οχήματα να αυξάνονται. Πολύ σημαντικό είναι ο οδηγός να μη ακουμπά ποτέ το φρένο αφήνοντας το πόδι πάνω στο πεντάλ. Ένα μόνιμο φρενάρισμα έχει ως αποτέλεσμα την υπερθέρμανση των φρένων και τη μεγαλύτερη διαδρομή του πεντάλ του φρένου. Ο σωστός τρόπος είναι το διακεκομμένο φρενάρισμα.
- Στις κατηφόρες τα φρένα επιβαρύνονται και θερμαίνονται γρήγορα. Όταν το όχημα κινείται σε διαδρομή με έντονες και συνεχείς κατηφόρες, η ταχύτητα θα πρέπει να μειώνεται και να επιλέγεται μια μικρότερη σχέση στο κιβώτιο ταχυτήτων για να επιτυγχάνεται πέδηση με την βοήθεια του κινητήρα αποφορτίζοντας με αυτόν τον τρόπο τα φρένα.
- Κατά την οδήγηση με υγρούς τους δίσκους των φρένων (έντονη βροχόπτωση, πέρασμα με νερό, μετά το πλύσιμο του αυτοκινήτου) τα φρένα πρέπει πρώτα να ενεργοποιηθούν τουλάχιστον μια φορά για να στεγνώσουν. Σε ορισμένα μοντέλα η διαδικασία αυτή γίνεται αυτόματα.
- Όταν ο κινητήρας είναι απενεργοποιημένος δεν πρέπει να κινείται (π.χ. σε μια κατηφόρα) διότι το σερβόφρενο (υποβοήθηση πέδησης) δεν λειτουργεί και η διαδρομή του φρένου αυξάνεται σημαντικά φθείροντας έτσι πιο πολύ τα φρένα.

- Ο οδηγός θα πρέπει να προσέχει όταν τα φρένα είναι ζεστά και να αποφεύγει να περνά από λιμνάζοντα νερά γιατί υπάρχει κίνδυνος να υποστούν στρεβλώσεις οι δίσκοι των φρένων.
- Τα καινούργια υλικά τριβής ή οι δίσκοι πρέπει να στρώσουν πρώτα και ο οδηγός θα πρέπει να προσέχει περισσότερο γιατί το πεντάλ έχει μεγαλύτερη διαδρομή. Επίσης μετά από μια αλλαγή των υλικών τριβής θα πρέπει να ελεγχθεί η στάθμη των υγρών φρένων και να γίνει εξαέρωση (αφαίρεση αέρα από το κλειστό κύκλωμα των φρένων) στο υδραυλικό σύστημα. Για να λειτουργούν τα φρένα στο μέγιστο, πρέπει να πραγματοποιείται πάντα και σωστά η συντήρησή τους.

7.4 Σωστή συντήρηση των φρένων:

- ✓ Τα υγρά των φρένων θα πρέπει να αντικαθιστούνται κάθε δύο χρόνια διότι ενδέχεται να έχουν δημιουργηθεί φυσαλίδες ατμού επηρεάζοντας την απόδοσή τους. Καλό είναι να γίνεται τακτικός έλεγχος της στάθμης υγρού φρένων στο σχετικό δοχείο και να πραγματοποιείται εξαέρωση στο σύστημα απομακρύνοντας τον αέρα που είναι παγιδευμένος μέσα και μειώνει την απόδοση της πέδησης στο όχημα.
- ✓ Τα τακάκια αλλάζονται συχνότερα όταν το αυτοκίνητο οδηγείται στην πόλη ή όταν ο οδηγός κάνει επιθετική ή σπορ οδήγηση. Τα υλικά τριβής θα πρέπει πάντα να αντικαθίστανται πριν ανάψει η σχετική λυχνία στον πίνακα οργάνων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΑΛΛΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΕΔΗΣΗΣ

8.1 Φρένο με βαλβίδα στραγγαλισμού (κλαπέτο) στην εξάτμιση

Η προσπάθεια για τον έλεγχο της ταχύτητας ξεκίνησε πριν από αρκετά χρόνια στα βαρέα οχήματα (μεγάλα φορτηγά, λεωφορεία κλπ). Η ανεξέλεγκτη αύξηση της ταχύτητας των οχημάτων αυτών σε δρόμους με μεγάλη κλίση μπορούσε να οδηγήσει στην καταστροφή των φρένων τους, λόγω της προσπάθειας του οδηγού να συγκρατήσει το όχημα, και συνεπώς στην ολική απώλεια ελέγχου του οχήματος. Τα αποτελέσματα βέβαια ήταν καταστροφικά. Έπρεπε να βρεθεί ένας τρόπος να ελέγχεται η ταχύτητα των οχημάτων αυτών σε κατηφορικό δρόμο χωρίς να γίνεται παρατεταμένη χρήση των φρένων τους, που θα οδηγούσε σε υπερθέρμανση και μείωση της απόδοσής τους.

Το πρώτο τέτοιο σύστημα ελέγχου της ταχύτητας ήταν το φρένο εξάτμισης ή «κλαπέτο». Δεν ήταν τίποτε άλλο από ένα διάφραγμα που έκλεινε φράζοντας την εξαγωγή και μετέτρεπε τον κινητήρα σε συμπιεστή αυξάνοντας έτσι πάρα πολύ την αντίστασή του στην κίνηση. Έτσι το μεγάλο όχημα μπορούσε να επιβραδύνει σημαντικά φρενάροντας μόνο με τον κινητήρα, αρκούσε να πατήσει ο οδηγός ένα μικρό πεντάλ-διακόπτη αριστερά από τον συμπλέκτη. Το κλαπέτο, που χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα, είχε και ορισμένα μειονεκτήματα. Δεν έλεγε αποτελεσματικά τα πολύ βαριά οχήματα (π.χ. νταλίκες 40 τόνων) και ζόριζε τον κινητήρα με αποτέλεσμα την εκπομπή περισσότερων ρύπων, κάτι που έρχεται σε αντίθεση με τις σύγχρονες οικολογικές προδιαγραφές.

Εκτός όμως από αυτά τα μειονεκτήματα εξακολουθούσε να παραμένει το πρόβλημα της συνειδητής υπερβολικής αύξησης της ταχύτητας του οχήματος από τον οδηγό. Έτσι αναπτύχθηκαν συστήματα περιορισμού της μέγιστης ταχύτητας που μπορεί να αναπτύξει το όχημα, με τον κινητήρα υπό φορτίο-δηλαδή σε οριζόντιο δρόμο με πατημένο το γκάζι. Ουσιαστικά πρόκειται για συστήματα ηλεκτρονικού κόφτη που επεμβαίνουν όχι όταν αυξηθούν οι στροφές του κινητήρα, αλλά όταν αυξηθεί η ταχύτητα του οχήματος. Η τιμή της ταχύτητας στην οποία επεμβαίνει ένα τέτοιο σύστημα είναι το νόμιμο όριο ταχύτητας συν ένα περιθώριο ασφαλείας για καταστάσεις ανάγκης όπως το προσπέρασμα.



Σε αυτό το σύστημα η πέδηση του οχήματος επιτυγχάνεται με τον στραγγαλισμό των καυσαερίων στην εξάτμιση. Αυτό πραγματοποιείται με το παραπάνω εξάρτημα του οποίου η λειτουργία είναι παρόμοια με αυτήν του σώματος ψεκασμού καυσίμου (πεταλούδα) στους βενζινοκινητήρες.

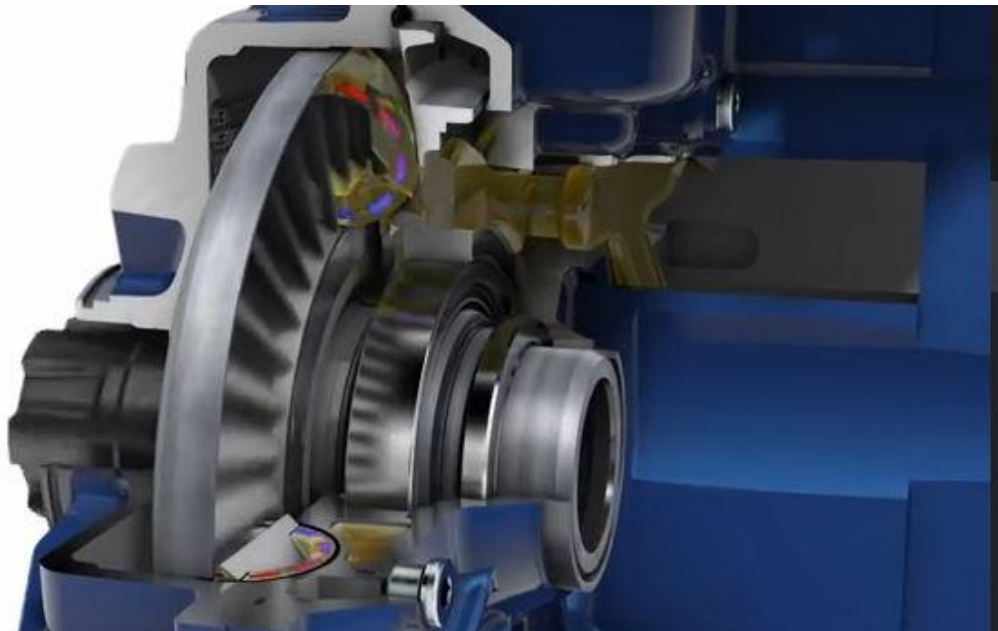
8.2 Retarder

Παράλληλα με την εξέλιξη αυτών των συστημάτων περιορισμού της μέγιστης ταχύτητας έκαναν την εμφάνισή τους και τα συστήματα επιβράδυνσης νέας γενιάς, οι λεγόμενοι επιβραδυντές (retarders). Οι επιβραδυντές μπορούν είτε να αντικαταστήσουν τελείως το κλαπέτο είτε να λειτουργούν συμπληρωματικά με αυτό. Ένας επιβραδυντής είναι ουσιαστικά ένας μετατροπέας ροπής που η είσοδός του συμπλέκεται και αποσυμπλέκεται με το σύστημα μετάδοσης και η έξοδός του είναι ακίνητη και σταθερά συνδεδεμένη στο πλαίσιο του οχήματος. Όταν χρειαστεί το όχημα να επιβραδύνει με τον επιβραδυντή, τότε η είσοδος συμπλέκεται. Η φτερωτή εισόδου αρχίζει να περιστρέφεται και μεταδίδει την κίνηση στο ειδικό λάδι, με το οποίο είναι γεμάτος ο επιβραδυντής. Το λάδι θα πρέπει να μεταδώσει την κίνηση στη φτερωτή εξόδου, που όμως είναι ακινητοποιημένη. Έτσι αναπτύσσονται τεράστιες τριβές οι οποίες μειώνουν σταδιακά την κίνηση του οχήματος. Συνήθως, κατά την λειτουργία αυτή αναπτύσσονται μεγάλες θερμοκρασίες και για αυτό προβλέπεται κάποιο σύστημα ψύξης του επιβραδυντή.

Οι πιο σύγχρονοι επιβραδυντές είναι ηλεκτρομαγνητικοί αντί υδραυλικούς. Η λειτουργία τους είναι απολύτως ανάλογη με των υδραυλικών και βασίζεται στο φαινόμενο της ηλεκτρικής επαγωγής. Η μόνη διαφορά είναι ότι βρίσκονται σε μόνιμη σύμπλεξη με το σύστημα μετάδοσης και η λειτουργία τους αρχίζει ή διακόπτεται με παροχή ή διακοπή ηλεκτρικού ρεύματος.

Η τελευταία εξέλιξη αυτής της τεχνολογίας, που εφαρμόζεται αποκλειστικά στα βαρέα οχήματα, είναι ένα σύστημα που παρουσίασε η SCANIA (ο κλάδος βαρέων οχημάτων της SAAB) που συνδέει τη λειτουργία του επιβραδυντή με τη λειτουργία του συστήματος περιορισμού της μέγιστης ταχύτητας. Έτσι σε ένα κατηφορικό δρόμο, ακόμα και αν ο οδηγός θέλει να αφήσει το όχημα να κυλήσει ελεύθερα και να αναπτύξει ταχύτητα πάνω από το όριο, ο επιβραδυντής λειτουργεί αυτόματα και περιορίζει την ταχύτητα στο μέγιστο όριο. Η ισχύς του υδραυλικού επιβραδυντή του συστήματος φτάνει τα 650 KW (884 ίπποι). Το σύστημα παρέχει τη δυνατότητα επιλογής της μέγιστης ταχύτητας ανάμεσα σε πέντε διαφορετικές τιμές από τις οποίες η μεγαλύτερη αντιστοιχεί στο όριο. Σε κανονικές συνθήκες τώρα, ο οδηγός, όταν βρεθεί σε κατηφορικό δρόμο, ρυθμίζει την ταχύτητα χρησιμοποιώντας τα φρένα και στη συνέχεια θέτει σε λειτουργία τον επιβραδυντή πατώντας έναν διακόπτη στο ταμπλό. Το όχημα έτσι διατηρεί την ασφαλή ταχύτητα που επέλεξε ο οδηγός, χωρίς να απαιτείται χρήση των φρένων τα οποία έτσι ούτε φθείρονται, ούτε θερμαίνονται και διατηρούν στο ακέραιο την αποτελεσματικότητά για περίπτωση πραγματικής ανάγκης.

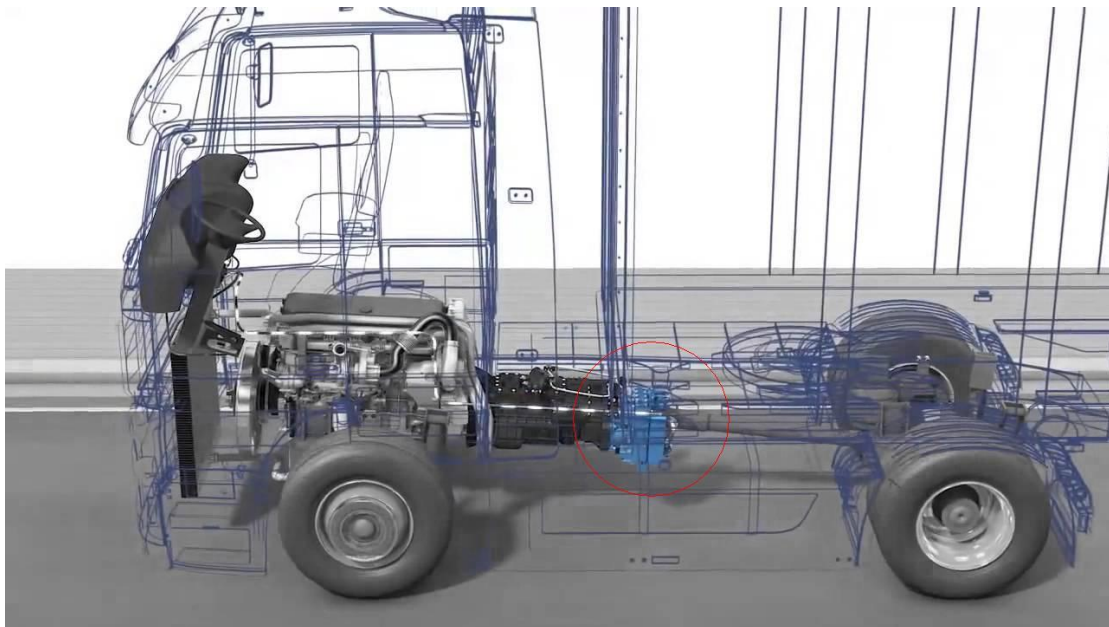
Ο επιβραδυντής παύει να λειτουργεί όταν ο οδηγός ξαναπατήσει το γκάζι. Η λειτουργία του δεν διακόπτεται αν το γκάζι πατηθεί κατά την διάρκεια επιλογής μιας μικρότερης σχέσης μετάδοσης στο κιβώτιο ταχυτήτων ενώ είναι πατημένος και ο συμπλέκτης. Στην περίπτωση χρήσης των φρένων, ο επιβραδυντής εξακολουθεί να λειτουργεί και μόλις τελειώσει το φρενάρισμα αποκαθίσταται η προεπιλεγμένη ταχύτητα. Σε περίπτωση μπλοκαρίσματος των κινητήριων τροχών σε ολισθηρά οδοστρώματα, η λειτουργία του επιβραδυντή διακόπτεται σε μόλις δύο δέκατα του δευτερολέπτου, χάρη στη σύνδεση του επιβραδυντή με τους αισθητήρες του - υποχρεωτικού σε όλα τα βαρέα οχήματα- ABS.



Η λειτουργία του retarder είναι παρόμοια με του υδραυλικού συμπλέκτη εφόσον και στα δυο συστήματα το λάδι χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της ταχύτητας εξόδου. Το λάδι κατά την ενεργοποίηση του επιβραδυντή, εισέρχεται στον θάλαμο και κινείται μέσα στα πτερύγια δημιουργώντας μια αρνητική ροπή στον άξονα κίνησης. Σαν αποτέλεσμα οι στροφές του άξονα μειώνονται και συνεπώς επιτυγχάνεται και μείωση της ταχύτητας του οχήματος.



Ο οδηγός μέσω ενός μοχλού στο εσωτερικό του οχήματος ή ενός πεντάλ, ενεργοποιεί τον επιβραδυντή όποτε αυτός κρίνει ότι είναι απαραίτητο. Ο οδηγός-χειριστής έχει στην διάθεσή του περισσότερες από μια διαβαθμίσεις στον επιβραδυντή, έτσι ώστε να μπορεί να επιβραδύνει το όχημα ανάλογα με τις συνθήκες, την κατάσταση, το φορτίο του οχήματος και την κλίση του δρόμου.



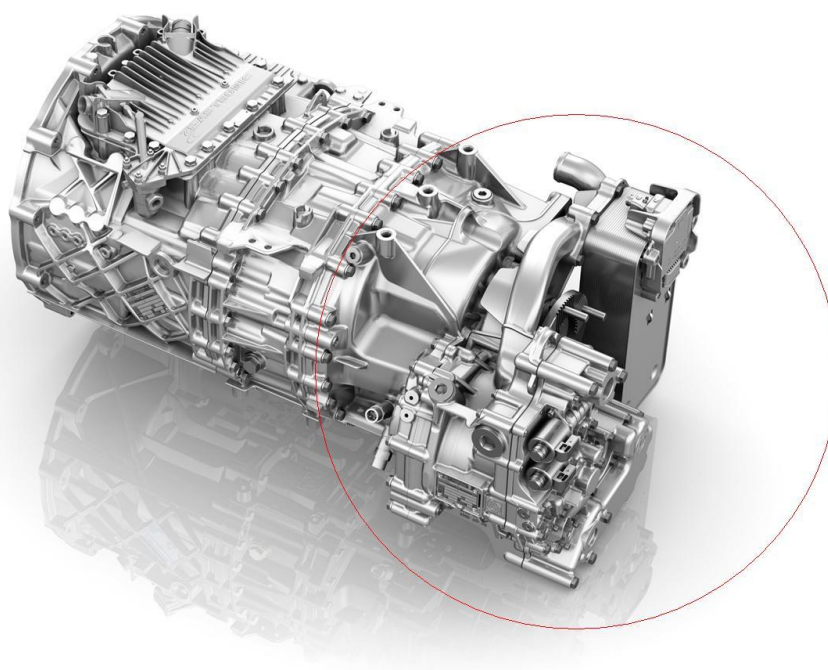
Ο επιβραδυντής τοποθετείται μετά τον κινητήρα και το κιβώτιο ταχυτήτων του οχήματος.

8.3 Intarder

Το φρένο Intarder (ενσωματωμένος επιβραδυντής) είναι μια τεχνολογία που αναπτύχθηκε από την εταιρία ZF, χωρίς φθορές. Είναι ένας υδροδυναμικός επιβραδυντής για φορτηγά και λεωφορεία, ο οποίος μοιάζει σε μεγάλο βαθμό με το retarder στη λειτουργία του. Το Intarder είναι επίσης γνωστό και ως δευτερογενής επιβραδυντής.

Μια σημαντική διαφορά από το retarder είναι ότι το κιβώτιο ταχυτήτων και το σύστημα μετάδοσης κίνησης μπορεί να τοποθετηθεί οπουδήποτε (μπροστά από τον πίσω άξονα ή σε ρυμουλκούμενα / ημι-ρυμουλκούμενα,), το Intarder περιέχει ποσότητα λαδιού η οποία διαχέει τη θερμότητα μέσα από το κύκλωμα νερού ψύξης. Με τη βοήθεια ενός μετατροπέα ροπής μια συσκευή διαχέει λάδι υπό πίεση το οποίο μέσω της φυγόκεντρου δύναμης ενεργεί από το δρομέα στον στάτη και φρενάρει το όχημα. Το φρένο απελευθερώνεται και πάλι μέσω του πλανητικού συστήματος.

Η επίδραση πέδησης του Intarder μπορεί να είναι διαφορετική στις διάφορες στροφές του κινητήρα. Συμβατικά, η αποτελεσματικότητα της πέδησης σε υψηλότερες ταχύτητες είναι καλύτερη.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΕΔΗΣΗΣ

9.1 Brake by wire

Η τεχνολογία του brake-by-wire στην αυτοκινητοβιομηχανία αντιπροσωπεύει την αντικατάσταση των παραδοσιακών εξαρτημάτων όπως είναι οι αντλίες, τα σωληνάκια, τα υγρά φρένων και τους σερβομηχανισμούς πέδησης με ηλεκτρονικούς αισθητήρες και ενεργοποιητές. Η τεχνολογία αυτή αντικαθιστά τα συμβατικά μηχανικά και υδραυλικά συστήματα πέδησης με ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου χρησιμοποιώντας ηλεκτρομηχανικούς ενεργοποιητές και αισθητήρες.

Μερικές x-by-wire τεχνολογίες έχουν ήδη εγκατασταθεί σε εμπορικά οχήματα, όπως το drive-by-wire. Η τεχνολογία brake-by-wire είναι ακόμα υπό ανάπτυξη από κάποιους κατασκευαστές αυτοκινήτων και εξαρτημάτων της παγκόσμιας βιομηχανίας και δεν έχει εξαπλωθεί στο εμπόριο ακόμα. Αυτό οφείλεται κυρίως στην ασφάλεια και την κρίσιμη αξιοπιστία των προϊόντων φρένων. Μέχρι στιγμής, η Mercedes-Benz (Sensotronic) και η Toyota (ηλεκτρονικά ελεγχόμενο φρένο) χρησιμοποιούν ήδη πλήρως συστήματα brake -by-wire.

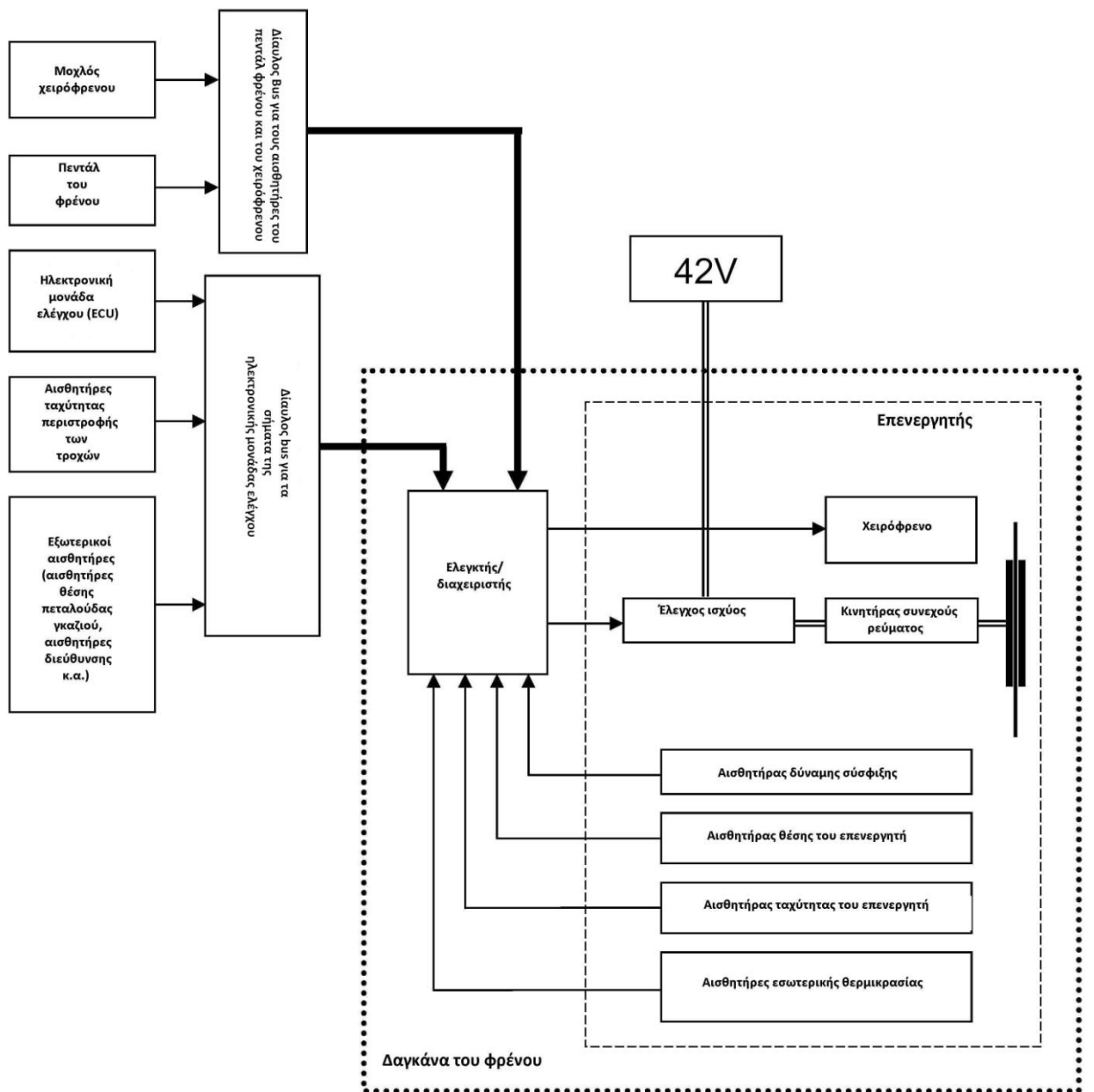
9.1.1 Αρχή λειτουργίας

Η γενική αρχιτεκτονική ενός συστήματος ηλεκτρομηχανικής πέδησης σε ένα όχημα με σύστημα brake-by-wire φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Το σύστημα περιλαμβάνει κυρίως πέντε κατηγορίες στοιχείων:

1. Επεξεργαστές, συμπεριλαμβανομένης μιας ηλεκτρονικής μονάδας ελέγχου (ECU) και άλλους τοπικούς επεξεργαστές
2. Μνήμη (ολοκληρωμένη κυρίως στην ECU)
3. Αισθητήρες
4. Ενεργοποιητές
5. δίκτυα και διαύλους επικοινωνίας.

Μόλις ο οδηγός εισάγει μια εντολή στο σύστημα φρένων μέσω μιας διεπαφής ανθρώπου-μηχανής - HMI (π.χ. το πεντάλ του φρένου), τέσσερις ανεξάρτητες εντολές του φρένου ενεργοποιούνται από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου. Αυτά τα σήματα εντολών αποστέλλονται σε τέσσερις ηλεκτρικές δαγκάνες φρένων μέσω ενός δικτύου επικοινωνίας. Δεδομένου ότι στο σύστημα αυτό μπορεί να υπάρξει κάποια βλάβη, το σήμα από τους αισθητήρες ενεργοποίησης των φρένων λειτουργούν με διαφορετικό δίαυλο επικοινωνίας με αυτόν που είναι υπεύθυνος για την επικοινωνία των υπόλοιπων αισθητήρων.

Σε κάθε δαγκάνα ένας ελεγκτής χρησιμοποιεί την εντολή του φρένου (που λαμβάνεται από ECU) ως είσοδο αναφοράς. Ο ελεγκτής παρέχει εντολές ελέγχου κίνησης για μια μονάδα ελέγχου ισχύος. Εκτός από την παρακολούθηση χειρισμού της πέδης αναφοράς, ο ελεγκτής της δαγκάνας ελέγχει επίσης τη θέση και την ταχύτητα του επενεργητή φρένων. Έτσι, δύο αισθητήρες απαιτούνται σίγουρα για τη μέτρηση της θέσης και της ταχύτητας του επενεργητή σε κάθε δαγκάνα.



Ένα σύστημα πέδησης brake-by-wire, από τη φύση του, είναι ένα κρίσιμο σύστημα ασφάλειας και, ως εκ τούτου η ανοχή σε σφάλματα είναι ένα χαρακτηριστικό ζωτικής σημασίας αυτού του συστήματος. Ως αποτέλεσμα, ένα τέτοιο σύστημα είναι σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε πολλές βασικές πληροφορίες να προέρχονται από μια ποικιλία αισθητήρων. Για τον λόγο αυτό υπάρχουν πολλά πλεονάζοντα εξαρτήματα σε αυτό το σύστημα τα οποία δίνουν συνεχώς πληροφορίες στην κεντρική μονάδα ελέγχου.

Τρεις βασικοί τύποι πλεοναζόντων εξαρτημάτων που υπάρχουν συνήθως σε ένα σύστημα πέδησης brake-by-wire είναι:

1. αισθητήρες που βρίσκονται σε κρίσιμα για την ασφάλεια εξαρτήματα όπως το πεντάλ του φρένου
2. αντίγραφα κάποιων σημάτων που έχουν ιδιαίτερη σημασία για την ασφάλεια, όπως οι μετρήσεις μετατόπισης και η δύναμη στο πεντάλ του φρένου καταγεγραμμένο από πολλούς επεξεργαστές στη μονάδα διασύνδεσης του πεντάλ
3. hardware για την εκτέλεση σημαντικών εργασιών επεξεργασίας, όπως πολλαπλοί επεξεργαστές για την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου

Προκειμένου να αξιοποιηθούν τα παραπάνω εξαρτήματα σε ένα τέτοιο σύστημα, θα πρέπει να δημιουργηθούν και να υιοθετηθούν διάφοροι αλγόριθμοι λειτουργίας έτσι ώστε να πληρούν τις αυστηρές απαιτήσεις του συγκεκριμένου συστήματος πέδησης. Η αξιοπιστία, η ανοχή σε σφάλματα και η ακρίβεια είναι τα κύρια χαρακτηριστικά που θα πρέπει να επιτευχθούν έτσι ώστε ένα τέτοιο σύστημα πέδησης να θεωρηθεί ασφαλές και αξιόπιστο.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Σε αυτό το σημείο θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή της πτυχιακής εργασίας κύριο Μίχο Φώτιο για την μεγάλη συμβολή του στην εκπόνηση της συγκεκριμένης εργασίας. Η εμπειρία και η τεχνογνωσία του συγκεκριμένου καθηγητή σε συνδυασμό με τις πολύτιμες συμβουλές και την καθοδήγησή του, βοήθησαν στο να ολοκληρωθεί η πτυχιακή μας εργασία. Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε και τους υπόλοιπους ανθρώπους που συνεργάστηκαν μαζί μας, είτε δίνοντας μας συμβουλές και άλλοτε παραχωρώντας μας χρήσιμες σημειώσεις, για την πολύτιμη βοήθεια τους στην έρευνά που διεξήγαμε για την εκπόνηση της εργασίας μας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΠΗΓΕΣ

<https://en.wikipedia.org>

<https://www.etrailer.com/question-12350.html>

https://en.wikipedia.org/wiki/Disc_brake#Brake_disc

<https://en.wikipedia.org/wiki/Brake>

<http://www.caroto.gr/2009/02/11/δισκόφρενο/>

https://en.wikipedia.org/wiki/Drum_brake

<http://lincolntrial.integr8cms.net/index.php/27-disc-brakes/section-6/discbs/7-discbs-advantages-and-disadvantages-of-disc-brakes>

https://en.wikipedia.org/wiki/Engine_braking

https://en.wikipedia.org/wiki/Brake_fluid#Service_and_maintenance

[https://en.wikipedia.org/wiki/Air_brake_\(road_vehicle\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Air_brake_(road_vehicle))

https://www.pepboys.com/service/repair_services/brake_services/

<http://www.autozone.com/brakes-and-traction-control/brake-rotor>

<http://www.firestonecompleteautocare.com/repair/brakes/>

<http://shop.advanceautoparts.com/o/brakes-steering-suspension>

<https://www.jiffylube.com/auto-services/brake-service>

<http://www.oreillyauto.com/site/c/cat/Brakes/C0009/C0001.oap>

https://en.wikipedia.org/wiki/Anti-lock_braking_system

<https://www.saga.co.uk/magazine/motoring/cars/using/2016/anti-lock-braking-system-abs>

<https://www.howacarworks.com/technology/how-abs-works>

<https://mycardoeswhat.org/safety-features/anti-lock-braking-system/>

<http://auto.howstuffworks.com/auto-parts/brakes/brake-types/anti-lock-brake.htm>

<http://www.seat.com/car-terms/a/abs.html>

https://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/knowledge/esave/esafety_measures_known_safety_effects/anti_lock_braking_systems_in_cars_abs_en

<http://exa.com/en/industry/automotive/thermal-management/brake-cooling-systems>

<http://www.singularmotorsports.com/tech-blog-brake-cooling/>

<https://nasaspeed.news/tech/brakes/proper-brake-cooling-is-essential-for-safety-and-lower-lap-times/>

<http://www.spartaengineering.com/disc-brake-cooling-required/>

<https://www.stillen.com/brakes/brake-cooling.html>

<http://store.kennybrown.com/category/catalog/05-13-mustang/braking/brake-cooling>

<http://pitstopusa.com/c-131755-brake-system-brake-ducts-hose.html>

<https://www.highpowermedia.com/blog/3787/managing-brake-cooling-flows>

<http://aprperformance.com/racing-product/brake-cooling-kits/>

<http://www.revozport.com/f8x/rzp-brake-cooling-kit.html>

<http://www.dba.com.au/disc-brakes-squeaking-rotor-damage-basic-guide-pt-1/>

<http://www.knowyourparts.com/technical-resources/brakes-and-brake-components/brake-pad-wear-chart/>

<https://www.quora.com/How-far-could-you-drive-with-an-E-brake-on-and-what-kind-of-damage-would-you-cause>

<https://www.theaa.com/driving-advice/service-repair/brakes-discs-drums-pads>

<http://www.dummies.com/home-garden/car-repair/how-to-troubleshoot-brake-problems/>

<https://www.bendix.com.au/tech-tips/brake-problems>

<http://www.dba.com.au/tech-article-t009-common-brake-problems/>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Retarder_\(mechanical_engineering\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Retarder_(mechanical_engineering))

<http://www.voith.com/en/products-services/power-transmission/retarders-trucks-10263.html>

<https://troxoikaitir.gr/article/331/tehniko-thema-voithitika-systimata-pedisis-retarder-intarder>

http://www.zf.com/corporate/en_de/products/product_range/commercial_vehicles/intarder_trucks_1/intarder-trucks.html

ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ ΚΑΙ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

<http://www.trdusa.com/images/parts/brakes/fullsize/brake-gallery04.jpg>

https://static.turbosquid.com/Preview/2014/07/09__00_45_39/colorcam4.jpg3c229a11-a8b6-46c3-ac4d-d423fbb75920Original.jpg

http://www.sullivantire.com/uploadedImages/Main_Navigation/Services/Routine_Maintenance/Brake_Inspection/disc_brake_illustration%20small.jpg

http://st.hotrod.com/uploads/sites/21/2010/11/hppp_1101_13-brake_rotor_guide.jpg

https://static.summitracing.com/global/images/banners/masthead/pt_brakedrums.jpg

<http://www accuridewheelendsolutions.com/files/2013/07/Gunite-Silver-Brake-Drum-4000X-2x2-300-dpi.png>

<http://www.paddockspares.com/media/catalog/product/cache/1/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/5/7/576973.jpg>

http://www.vintageprecision.com/artwork/brake_drum_lg.jpg

[http://i.ebayimg.com/00/s/Mzc1WDUwMA==/z/8oYAAOxy0x1TVj4Q/\\$_35.JPG?set_id=2](http://i.ebayimg.com/00/s/Mzc1WDUwMA==/z/8oYAAOxy0x1TVj4Q/$_35.JPG?set_id=2)

http://cdn2.carbuyer.co.uk/sites/carbuyer_d7/files/styles/16x9_720/public/abs2_2.jpg?itok=QZx4I3k_

<http://www.autosmodel.com/wp-content/uploads/2014/10/Car's-Anti-Lock-Braking-System.png>

<http://www.driversedguru.com/wp-content/gallery/jamie-gallery/abs.jpg>

https://www.breakerlink.com/blog/wp-content/uploads/2016/01/shutterstock_ABS-light.jpg

<http://www.skoda.com.cy/shared/SiteCollectionImages/hotspots/technology/safety/tech-safety-s01-abs-citigo-fabia-roomster-octavia-yeti-superb-praktik-01.jpg>

<http://www.sdt.com.au/images/ABS%20Control%20Unit.jpg>

<http://blog.autointhebox.com/wp-content/uploads/2015/03/Common-questions-and-answers-about-ABS.jpg>

http://www.singularmotorsports.com/wp-content/uploads/2014/10/nismo_gtr_brake_ducts.jpg

<http://www.singularmotorsports.com/wp-content/uploads/2014/10/brake-duct-system2.jpg>

<http://www.rx8club.com/attachments/series-i-do-yourself-forum-73/71055d1140976051-diy-brake-cooling-ducts-track-use-shroud.jpg>

https://my350z.com/forum/attachments/brakes-and-suspension/285643d1272331949-brake-cooling-ducts-2010-04-25_0844_lite.jpg

<http://www.kennybrown.com/sites/default/files/Brake-Cooling.jpg>

<http://www.m3post.com/forums/attachment.php?attachmentid=333122&d=1260401785>

<http://turnermotorsport.typepad.com/.a/6a0105370140f1970b016301727136970d-pi>

<http://www.lastchanceautorepairs.com/wp-content/uploads/2013/07/Brake-Problems.jpg>

http://www.aa1car.com/library/no_brakes.jpg

<http://brakelathe.co.uk/files/6914/0525/4502/brake-problems.jpg>

http://www.focalobd.com/media/wysiwyg/Blog/timely_discovery_brake_failure_1.jpg

http://s516.photobucket.com/user/Stuart_Coombs/media/P1020665.jpg.html

<http://www.taurusclub.com/forum/attachments/maintenance-repair/123162d1412292884-opinions-welcome-brake-rotor-damage-brake-rotor-1.jpg>

<http://mufflertech.ca/resources/Disk-brake-10.jpg>

<http://www.abaronsite.com/images/brake-systems/cracked-rotor.jpg>

<http://www.dba.com.au/wp-content/uploads/2012/08/damagedDisc.jpg>

<http://www.taurusclub.com/forum/attachments/maintenance-repair/123154d1412292884-opinions-welcome-brake-rotor-damage-brake-rotor-2.jpg>

<https://i.ytimg.com/vi/bXai8z99lUg/maxresdefault.jpg>

<http://electricbrakesystems.com/images/how-it-works-3.jpg>

<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e0/Torque-converter-cutbox-model.jpg>

http://www.voith.com/en/Viab_2014-05_220x220px.jpg

<http://epodel.gr/wp-content/uploads/2016/03/2222.jpg>

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a9/Mercedes-Benz_Turbo-Retarder-Kupplung_376.JPG

<http://epodel.gr/wp-content/uploads/2016/03/11111.jpg>

http://www.zf.com/corporate/media/corporate_6/products/product_range/automotive/commercial_vehicles/intarder_trucks/intarder-animation-wide-730x136-3_corporate_teaser_big.jpg

<https://i.ytimg.com/vi/qlm3VUoyuaM/maxresdefault.jpg>

https://i.ytimg.com/vi/EKa97RYxE_Q/maxresdefault.jpg

<https://i.ytimg.com/vi/XPWL76Zex5w/maxresdefault.jpg>

http://r1.masstransitmag.com/files/base/image/MASS/2014/07/300x300/zf-intarder-bus_11574014.jpg

http://www.sportrider.com/sites/sportrider.com/files/styles/large_1x_/public/import/page_element_images/146_0809_02_z%2Bhonda_braking_system%2Bbraking_pressure.jpg?itok=-saFAa54

http://pulpaddict.com/wp-content/uploads/2014/06/6d09brake_by_wire_layout._n_.jpg

http://www.formula1-dictionary.net/Big/brake_by_wire_big.jpg

<http://ieeexplore.ieee.org/document/1176505/>

