



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΙΓΑΙΟΥ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ
ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΜΠΡΟΣΘΙΑΣ ΑΝΑΡΤΗΣΗΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ ΠΟΛΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΟΡΕΝΤΙΟΣ ΓΙΩΡΓΟΣ

DPSD14044

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΒΑΣΙΛΗΣ ΜΟΥΛΙΑΝΙΤΗΣ | ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ

ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΖΑΧΑΡΟΠΟΥΛΟΣ

ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣ ΠΑΠΑΝΙΚΟΣ

Δηλώνω υπεύθυνα ότι η διπλωματική εργασία είναι εξ' ολοκλήρου δικό μου έργο και κανένα μέρος της δεν είναι αντιγραμμένο από έντυπες ή ηλεκτρονικές πηγές, μετάφραση από ξενόγλωσσες πηγές και αναπαραγωγή από εργασίες άλλων ερευνητών ή φοιτητών. Όπου έχω βασιστεί σε ιδέες ή κείμενα άλλων, έχω προσπαθήσει με όλες μου τις δυνάμεις να το προσδιορίσω σαφώς μέσα από την καλή χρήση αναφορών ακολουθώντας την ακαδημαϊκή δεοντολογία.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη	- 5 -
Abstract	- 6 -
Εισαγωγή	- 7 -
Είδη αναρτήσεων	- 9 -
Ελάσματα	- 9 -
Αερανάρτηση	- 10 -
Στρεπτική ράβδος	- 11 -
Μαγνητοροϊκά αμορτισέρ.....	- 12 -
Macpherson	- 13 -
Ανάρτηση πολλαπλών συνδέσμων.....	- 15 -
Διπλοψάλιδη.....	- 17 -
Μέρη αναρτήσεων.....	- 19 -
Ελαστικά.....	- 19 -
Σχεδιασμός.....	- 20 -
Υλικά ελαστικών	- 21 -
Συναρμολόγηση	- 21 -
Αποσβεστήρες (Αμορτισέρ).....	- 23 -
Τι είναι οι αποσβεστήρες.....	- 23 -
Η θέση τους στο όχημα.....	- 23 -
Γωνία τοποθέτησης.....	- 24 -
Μήκος αποσβεστήρων	- 25 -
Τύποι αποσβεστήρων	- 26 -
Προβλήματα.....	- 29 -
Συντήρηση	- 30 -
Χαρακτηριστικά.....	- 30 -
Ελατήρια.....	- 31 -
Ελατήρια σταθερής και μεταβλητής διαμέτρου.....	- 32 -
Ελικοειδή ελατήρια σε αναρτήσεις με σπείρωμα	- 33 -
Συμπτώματα χρήσης ελαττωματικών ελατηρίων	- 33 -
Αντικατάσταση σπειρωειδών ελατηρίων	- 34 -
Πως κατασκευάζονται τα σπειρωειδή ελατήρια.....	- 35 -
Μέθοδοι παραγωγής	- 36 -
Τύποι άκρων σπειρωειδών ελατηρίων.....	- 42 -

Υλικά	43 -
Τύποι σπειροειδών ελατηρίων.....	46 -
Ψαλίδια (Βραχίονες ελέγχου)	50 -
Τι είναι το ψαλίδι (βραχίονας ελέγχου)	50 -
Ανατομία βραχίονα ελέγχου.....	51 -
Τύποι βραχιόνων ελέγχων.....	53 -
Λειτουργίες βραχιόνων ελέγχου	54 -
Υλικά βραχιόνων ελέγχου	54 -
Βλάβες βραχίονα ελέγχου	57 -
Συμπτώματα κακής χρήσης βραχίονα ελέγχου.....	58 -
Μπιλιοφοροι (Σφαιρικοί συνδεσμοί).....	60 -
Τι είναι οι σφαιρικοί συνδεσμοί.....	60 -
Διάρκεια ζωής σφαιρικών συνδεσμών	61 -
Συμπτώματα φθοράς σφαιρικών συνδέσμων	61 -
Αντικατάσταση	62 -
Κατηγορία αυτοκινήτων χαμηλού κυβισμού (compact).....	64 -
Ορισμός.....	64 -
Αίσθηση οδήγησης.....	64 -
Πλεονεκτήματα κατηγορίας.....	65 -
Απαιτήσεις στον τομέα της ανάρτησης	65 -
Σχεδίαση ανάρτησης για αυτοκίνητο χαμηλού κυβισμού.....	66 -
Αποσβεστήρας	67 -
Ελατήριο.....	68 -
Υλικά στατικής μελέτης ελατηρίου	70 -
Music Wire ASTM 228	70 -
High carbon steel (1095) ανθρακούχος χάλυβας 1095	72 -
Διαμόρφωση υλικού.....	72 -
Medium carbon steel (1040)	74 -
Ατσάλι 1080 (Steel 1080).....	77 -
αντοχή.....	77 -
Αποσβεστήρας	80 -
Στατική ανάλυση	81 -
Δυναμική ανάλυση αποσβεστήρα	84 -
Συμπέρασματα	88 -

Βιβλιογραφία - 89 -

Ευχαριστίες

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς μου, που με στήριξαν στις σπουδές μου και χωρίς αυτούς δεν θα τα κατάφερα. Θέλω να ευχαριστήσω και τον κύριο Βασίλη Μουλιανίτη, που με τις γνώσεις του και την πολύτιμη βοήθειά του και τις συμβουλές του, πραγματοποιήθηκε το project αυτό.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας με τίτλο «Σχεδιασμός και ανάλυση εμπρόσθιας ανάρτησης αυτοκινήτου πόλης» είναι η έρευνα των απαιτήσεων και κατανόηση της λειτουργικότητας μιας ανάρτησης καθώς και η ανάλυση των υπομερών στοιχείων της, η έρευνα για τις απαιτήσεις που έχει ένα αυτοκίνητο πόλης στον τομέα της ανάρτησης, ο σχεδιασμός, η ανάλυση και ο ποιοτικός έλεγχος μιας εμπρός ανάρτησης για αυτοκίνητο πόλης.

Ο κύριος στόχος της έρευνας, είναι η πλήρης κατανόηση του μηχανισμού αναρτήσεων και των υπομερών τους. Να γίνει σαφές για ποιο λόγο επιλέγεται το κάθε υλικό, για ποιους λόγους είναι σχεδιασμένο το κάθε εξάρτημα με τον συγκεκριμένο τρόπο αλλά και ποια είναι η διαδικασία παραγωγής του κάθε εξαρτήματος.

Ο σκοπός της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, είναι να γίνει σχεδίαση και ανάλυση ανάρτησης για τον εμπρός άξονα του αυτοκινήτου. Οι σχεδιαστικές επιλογές για το τελικό προϊόν, έγιναν με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας και τις απαιτήσεις του οχήματος. Οι επιλογές που έγιναν στα υλικά, έγιναν με βάση τα αποτελέσματα των στατικών αναλύσεων και η επιλογή έγινε με βάση συγκεκριμένα κριτήρια που εξηγούνται παρακάτω στην εργασία.

Η σχεδίαση της ανάρτησης πραγματοποιήθηκε με το σχεδιαστικό πρόγραμμα Creo Parametric, το οποίο, διαθέτει εργαλεία και βιβλιοθήκες στοιχείων ικανά να υποστηρίξουν την σχεδίαση και ανάλυση αντικειμένων σε συνθήκες, οι οποίες μας δίνουν πολύτιμες πληροφορίες, για την δοκιμή ακεραιότητα του αντικειμένου με το υλικό της επιλογής.

ABSTRACT

The main focus of this Thesis entitled "Design and Analysis of a city car's frontal suspension" is the investigation of requirements and the understanding of the functionality of a suspension, as well as the analysis of its individual parts, the research for the demands, the design, analysis and qualitative check of a city car's frontal suspension.

Main goal of this work is the understanding of the suspension mechanism and its components: to find the reason behind the choice of a material, the specific design of every part and their manufacturing process.

The purpose of this Thesis is the design and analysis of the frontal axis of a car. The design choices were made based on the research's results and the car's demands. The options for the materials were given by the static analysis, and the choice was made depending on the specific criteria mentioned below in this Thesis.

The suspension's design was realised with the "Creo Parametric" software, which provides tools and material libraries, capable of simulating the condition of an object, and thus, giving us useful information for the integrity of choices.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ανάρτηση, είναι το εξάρτημα εκείνο που έχει σαν λειτουργία την ομαλή αίσθηση κύλισης και απορροφησης κραδασμών από το οδόστρωμα, έτσι ώστε να γίνονται λιγότερο αισθητοί στην καμπίνα των επιβατών.

Με απλά λόγια, είναι μέρος του οχήματος που αναιρεί τις περισσότερες από τις δυνάμεις που δέχεται το αυτοκίνητο από την οδήγηση στο δρόμο, διασφαλίζοντας ότι η καμπίνα παραμένει ακίνητη και διευκολύνει την οδήγηση του αυτοκινήτου και το έργο της ανάρτησης εκτός του να παρέχει άνεση στην καμπίνα, είναι να παραμένει σε επαφή με το έδαφος το όχημα και ότι ο οδηγός του οχήματος έχει τον έλεγχο των τροχών σε όλα τα σημεία, κάτι που επιτυγχάνεται απλώς με την επαφή των ελαστικών στο δρόμο.

Μία ανάρτηση λειτουργεί με βάση την αρχή της διάχυσης της δύναμης που περιλαμβάνει την μετατροπή της δύναμης σε θερμότητα, αφαιρώντας έτσι την κρούση που θα είχε αυτή η δύναμη. Χρησιμοποιεί ελατήρια και αποσβεστήρες για να το πετύχει αυτό, ένα ελατήριο θα αποθηκεύσει την ενέργεια ενώ ένας αποσβεστήρας θα την μετατρέψει σε θερμότητα.

Η διπλωματική έχει την εξής δομή.

Είδη αναρτήσεων. Σε αυτό το κεφάλαιο, γίνεται μία εκτενής αναφορά αλλά και ανάλυση, των ειδών αναρτήσεων που υπάρχουν στην αυτοκινητοβιομηχανία. Από τα φύλλα ελασμάτων, στην MacPherson μέχρι και των πολλαπλών συνδέσμων αναλύονται η σχεδιάσή τους, η χρησιμότητά του αλλά και τα πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα της κάθε ανάρτησης. Σε κάθε μία από αυτές, υπάρχουν αναπαραστατικές εικόνες οι οποίες έχουν σαν σκοπό να βοηθήσει τον αναγνώστη στην κατανόηση όσον αφορά τη γεωμετρία και την λειτουργία της ανάρτησης.

Αφού θα πραγματοποιηθεί ανάλυση και κατανόηση των ειδών αναρτήσεων που υπάρχουν στην αυτοκινητοβιομηχανία, στη συνέχεια, γίνεται εμβάθυνση στα μέρη από τα οποία αποτελούνται. Ελαστικά, απόσβεστήρες, ελατήρια, ψαλίδια και μπιλιόφοροι, όλα αυτά είναι εξαρτήματα που δημιουργούν ένα σύστημα ανάρτησης στο αυτοκίνητο. Γίνεται ανάλυση σε όλα τα παραπάνω καθώς και τρόπος παραγωγής τους.

Εν συνεχεία, είναι η ανάλυση της κατηγορίας αυτοκινήτου πόλης χαμηλού κυβισμού, μία κατηγορία η οποία είναι το αντικείμενο της παρούσας εργασίας. Το κεφάλαιο αυτό έχει σαν στόχο την κατανόηση των απαιτήσεων που έχει η συγκεκριμένη κατηγορία αυτοκινήτου, στην κατηγορία των αναρτήσεων προκειμένου να χρησιμοποιηθούν οι απαιτήσεις αυτές στα παρακάτω κεφάλαια.

Θα πραγματοποιηθεί η κατανόηση των απαιτήσεων και των αναγκών που έχει ένα όχημα πόλης χαμηλού κυβισμού και των σχεδιαστικών απαιτήσεων των εξαρτημάτων μίας ανάρτησης, θα επιλεγεί ο κατάλληλος τύπος ανάρτησης προς σχεδίαση για τη συγκεκριμένη κατηγορία. Χρησιμοποιήθηκαν οι πληροφορίες από τα παραπάνω κεφάλαια, σύμφωνα με τις οποίες το σχεδιαστικό κομμάτι της ανάρτησης σχεδιάστηκε στο Creo Parametric.

Μετά το πέρας της σχεδίασης της ανάρτησης και προτού γίνουν αναλύσεις ως προς την ποιότητα του σχεδίου και αν θα είναι ικανό να υποστηρίξει το έργο του, είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθεί μία ανάλυση στα τα υποψήφια προς χρήση υλικά. Επιλέχθηκαν υλικά τα οποία σύμφωνα με την έρευνα πληρούν τις προϋποθέσεις αλλά και υλικά γνωστά για την αντοχή τους σε άλλους τομείς, προκειμένου

να εξεταστεί κατά πόσο είναι ικανά να φέρουν εις πέρας τις δυνάμεις που ασκούνται σε ένα τέτοιο σύστημα.

Μετά την επιλογή του κατάλληλου υλικού, γίνεται στατική ανάλυση σε δύναμη αρκετές φορές μεγαλύτερη από την πραγματική δυνατή δύναμη που θα μπορούσε να ασκηθεί σε μία ανάρτηση. Αυτό γίνεται για να διασφαλισθεί η δομική ακαιριότητα ακόμα και σε ακραίες συνθήκες.

Τέλος, μετά τις πληροφορίες που παρουσιάζονται από τα τελευταία κεφάλαια, θα γίνει η τελευταία ανάλυση. Μία δυναμική ανάλυση που αξιοποιήθηκαν οι πληροφορίες των υλικών, των στατικών αναλύσεων και των απαιτήσεων της κατηγορίας οχήματος. Ασκείται συγκεκριμένη πίεση, πολύ περισσότερη από την προβλεπόμενη, προκειμένου να γίνει διασφάλιση της ακεραιότητας του συστήματος. Αυτή τη φορά χρησιμοποιήθηκε το κατάλληλο υλικό και η κατάλληλη απόσβεση μαζί στην ίδια ανάλυση, είναι το τελικό βήμα για να διαπιστωθεί αν η ανάρτηση που σχεδιάστηκε, καθώς και οι πληροφορίες που συλλέχτηκαν από την έρευνα επαρκούν για να κατασκευαστεί μία εμπρός ανάρτηση για αυτοκίνητο πόλης χαμηλού κυβισμού.

ΕΙΔΗ ΑΝΑΡΤΗΣΕΩΝ

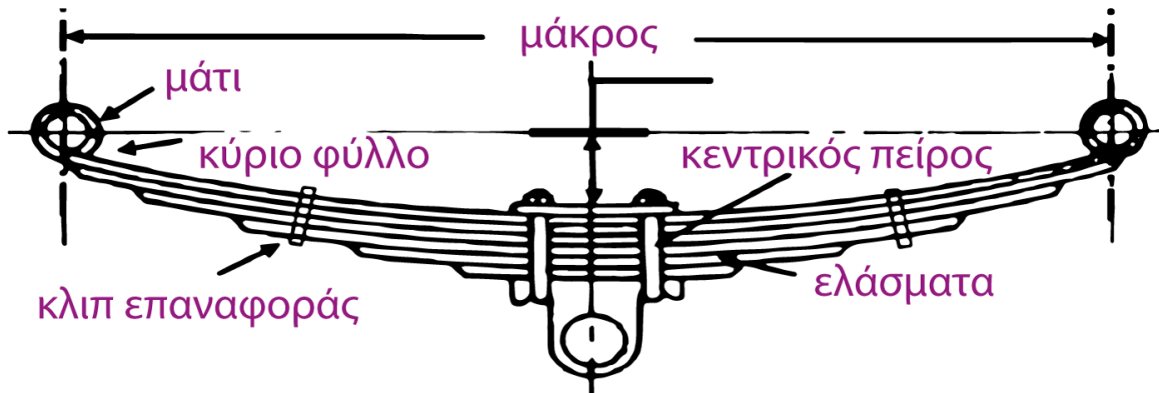
ΕΛΑΣΜΑΤΑ

Τα ελάσματα είναι το πρώτο είδος ανάρτησης που χρησιμοποιήθηκε ποτέ σε αυτοκίνητο (Εικόνα 1). Πλέον τα ελάσματα χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο σε βαριά οχήματα όπως είναι τα φορτηγά και οχήματα εργασιών, ο λόγος για αυτή τη χρήση είναι ότι τα ελάσματα παιζουν και το ρόλο του ψαλιδιού. Δηλαδή αποτελούν τον βριαχίονα έδρασης του άξονα των τροχών χωρίς την ανάγκη άλλου εξαρτήματος, έτσι με αυτόν τον τρόπο υπάρχει μικρότερος κίνδυνος για φθορές στα εξαρτήματα σε μεγάλες πιέσεις όπως είναι σε φορτηγά και νταλικές. Πρόκειται για μία σειρά ελασμάτα (φύλλα) κατασκευασμένα από χάλυβα, το μήκος που έχουν δεν είναι το ίδιο, καθώς μειώνεται διαδοχικά όταν τοποθετούνται το ένα πάνω στο άλλο. Στη μέση τους και μερικές φορές σε ασύμμετρη θέση, συνδέονται με έναν κεντρικό πείρο ο οποίος διαπερνώντας τα τα συνδέει όπως φαίνεται στην (Εικόνα 2) ([Spinnv, n.d.](#)).



Εικόνα 1: Ελάσματα σε όχημα βαρέας χρήσης.

Ο αριθμός των φύλλων ξεκινά από ένα (1) και σε ακραίες περιπτώσεις ξεπερνά τα δέκα (10). Το σύνολο των ελασμάτων έχει την ικανότητα να συμπεριφέρεται σαν ένα ενιαίο δοκάρι, χοντρό στη μέση και στις άκρες λεπτό, με αυτόν τον τρόπο έχει μία ελαστικότητα μεγαλύτερη σε σχέση με ένα ενιαίο συμπαγές κομμάτι των ίδιων διαστάσεων. Επιπλέον, η εσωτερική τριβή που δημιουργείται ανάμεσα στα φύλλα των ελασμάτων όταν αυτά κάμπτονται, μετατρέπει την κινητική ενέργεια σε θερμότητα και με αυτόν τον τρόπο αποσβένονται οι ταλαντώσεις, αυτός είναι ο λόγος που τα πρώτα αυτοκίνητα δεν χρησιμοποιούνται επιπρόσθετα αμορτισέρ εκτός των ελασμάτων ([Jörnson Reimpell, 2000](#)).

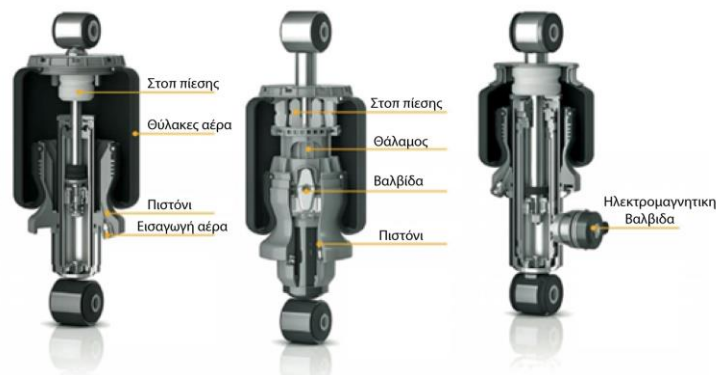


Εικόνα 2: Γεωμετρία ελασμάτων.

ΑΕΡΑΝΑΡΤΗΣΗ

Πέρα των συμβατικών ελικοειδών ελατηρίων, υφίστανται και τα πνευματικά που αποτελούν την λεγόμενη αερανάρτηση (Εικόνα 3). Σε αυτήν την περίπτωση δεν έχουμε ελατήριο αλλά μπουκάλες οι οποίες δέχονται αέρα υπό πίεση μέσω ενός συμπιεστή που υπάρχει στο αυτοκίνητο.

Τώρα ανάλογα την πίεση που έχουμε επιλέξει να υπάρχει μέσα στη μπουκάλα, ρυθμίζεται η απόσβεση που θα έχει το σύστημα ανάρτησης σε λακούβες και εμπόδια αλλά παράλληλα και το ύψος του οχήματος. Η αερανάρτηση μπορεί αναμφισβήτητα να συμβάλει στην άνεση, να αυξομειώσει το ύψος του αυτοκινήτου προκειμένου να διευκολύνει την είσοδο και την έξοδο από ένα SUV, αλλά μπορεί επίσης να μειώσει την οπισθέλκουσα βελτιώνοντας την αεροδυναμική σε υψηλότερες ταχύτητες ([Airliftcompany, n.d.](#)).



Εικόνα 3: Εσωτερικό αερανάρτησης.

Σε περίπτωση οδήγησης σε εκτός δρόμου πορεία μπορεί να αυξήσει την απόσταση από το έδαφος προκειμένου να μην χτυπήσει το όχημα και μάλιστα μπορεί να σχεδιαστεί έτσι ώστε να αλλάζει ανά πάσα στιγμή ανάλογα το έδαφος υποστηρίζοντας με αυτόν τον τρόπο μία ποικιλία ειδών οδήγησης. Χρησιμοποιώντας πεπεσμένο αέρα, όσο περισσότερο πιέζεται και χαμηλώνει η ανάρτηση τόσο μεγαλύτερη αντίσταση προσφέρει. Λόγο του κόστους αλλά και των αναγκών στα σημερινά αυτοκίνητα,

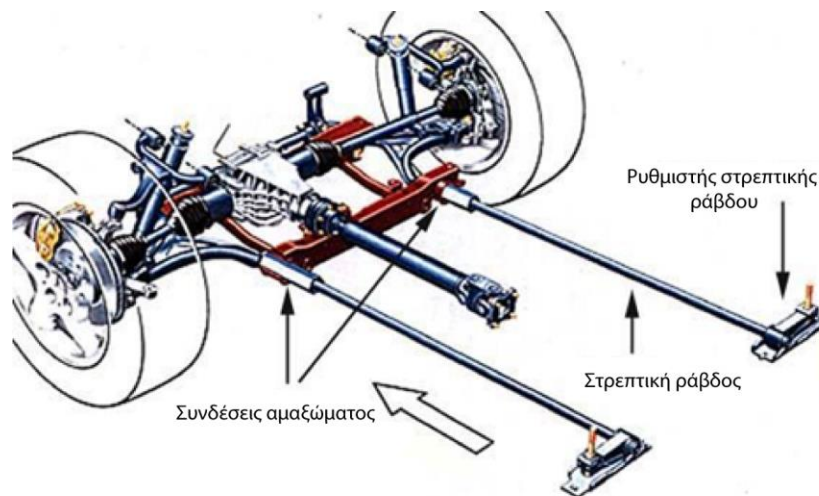
συναντάμε την αερανάρτηση σε μεγάλα τζιπ, SUV και αυτοκίνητα πολυτελείας (Εικόνα 4) ([Wabco-auto, n.d.](#)).



Εικόνα 4: Εξωτερικό αερανάρτησης

ΣΤΡΕΠΤΙΚΗ ΡΑΒΔΟΣ

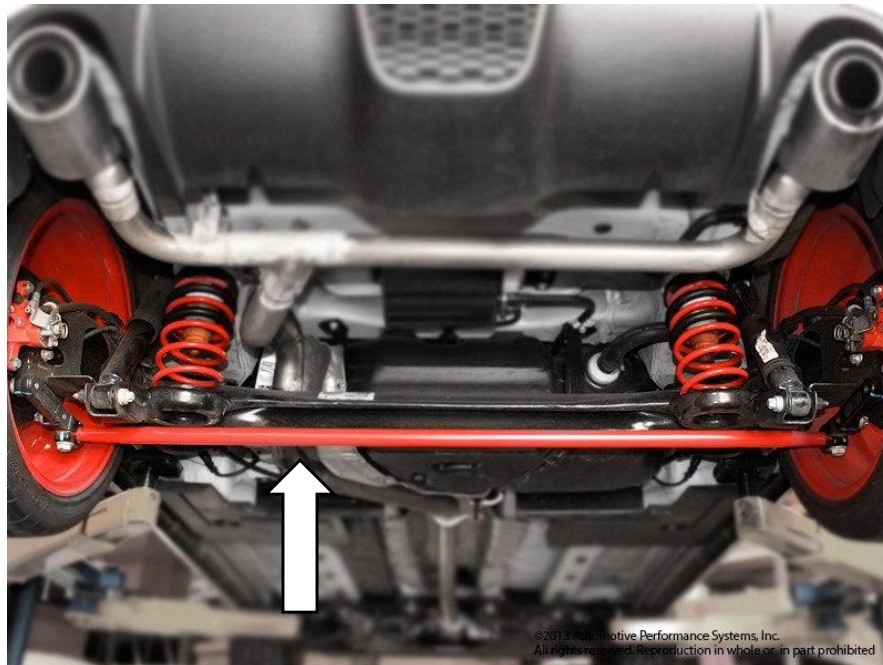
Η ράβδος στρέψης είναι ένα μακρύ μεταλλικό μέρος, συνήθως κυκλικής διατομής, κατασκευασμένο από κράμα χρωμίου-βαναδίου, το ένα άκρο του οποίου είναι στερεωμένο στο σασί του αυτοκινήτου και το άλλο άκρο στο στήριγμα του ψαλιδιού και της ανάρτησης ([CarOto, n.d.](#)) ([NeuSpeed, n.d.](#)).



Εικόνα 5: Απεικόνιση στρεπτικής ράβδου.

Ο τροχός του αυτοκινήτου κάθετα στο άκρο του βραχίονα και καθώς κινείται πάνω-κάτω (Εικόνα 5, Εικόνα 6) προκαλεί τη ράβδο στρέψης να υποβληθεί σε ροπές συστροφής, στις οποίες ανταποκρίνεται κατάλληλα. Βασικά, λειτουργεί ως ελατήριο στις πίσω αναρτήσεις προσθιοκίνητων αυτοκινήτων ή στην μπροστινή ανάρτηση κάποιων ελαφρών φορτηγών ή τζιπ. Το πιο δημοφιλές αυτοκίνητο με ράβδο στρέψης είναι το Peugeot 106. Κάποια χαρακτηριστικά της στρεπτικής ράβδου είναι:

- Φθηνή στην κατασκευή, εγκατάσταση και συντήρηση.
- Απέχουν χιλιόμετρα στην μηχανική από τα ανεξάρτητα συστήματα αναρτήσεων, όσον αφορά ισοροπία, άνεση, ευκινησία και σταθερότητα.
- Απαιτηση πολύ μικρού χώρου κάθετα και οριζόντια για την τοποθέτηση.
- Απορρόφηση λιγότερων κραδασμών στην καμπίνα από τα λιγότερα εξαρτήματα.
- Συχνή σε αυτοκίνητα χαμηλού κυβισμού και είναι υπεραρκετή για τη δουλειά της.
- Πιο ξερή και απότομη αντίδραση.
- Πολύ ελαφριά.

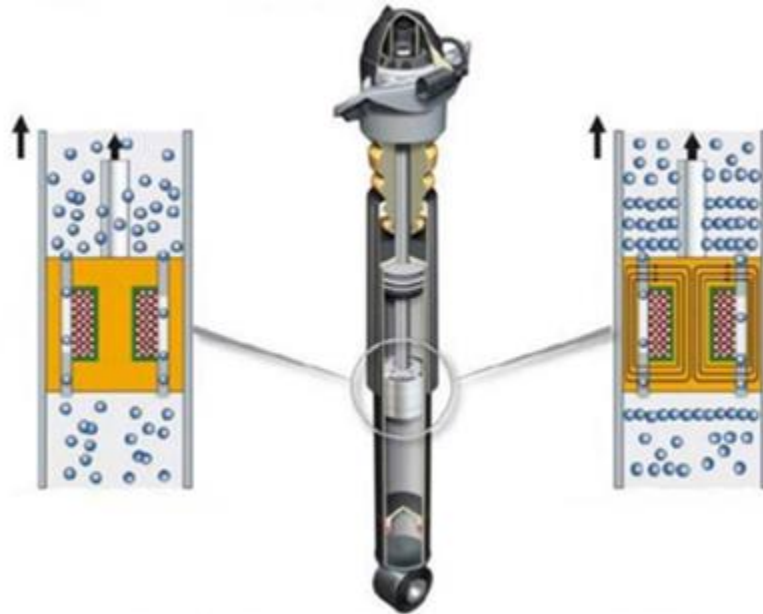


Εικόνα 6: Εγκατεστημένη στρεπτική ράβδος (κόκκινος σωλήνας).

ΜΑΓΝΗΤΟΡΟΪΚΑ ΑΜΟΡΤΙΣΕΡ

Αυτά τα αμορτισέρ χρησιμοποιούν ειδικά υγρά που μπορούν να αλλάξουν τη ρευστότητά τους ανάλογα με την ένταση του μαγνητικού πεδίου στο οποίο βρίσκονται. Βασικά, το υδραυλικό λάδι αντικαθίσταται με ένα μαγνητουγρό, το οποίο έχει την ιδιότητα να αλλάζει το ιξώδες του όταν βρίσκεται σε μαγνητικό πεδίο ανάλογα με την έντασή του και έτσι να αλλάζει τη ρευστότητά του καθώς το ρεύμα περνά μέσα από το ηλεκτρικό πηνίο (Εικόνα 7). Το μαγνητουγρό περιέχει μεταλλικές μικροσφαίρες μεγέθους της

τάξης του ενός μικρού (1 micron), οι οποίες, ανάλογα με την αλλαγή του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου, αλλάζουν τη θέση τους, διαφοροποιώντας τη ροή του υγρού.



Εικόνα 7: Απεικόνιση μαγνητοροϊκού αμορτισέρ. Αριστερά είναι το πηνίο μέσα στον αποσβεστήρα χωρίς να περνάει ρεύμα ενώ δεξιά μετά την εισαγωγή ρεύματος, παρατηρείται πιο δύσκολη μεταφορά των σωματιδίων από την μία πλευρά του πηνίου στην άλλη.

Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο ρυθμίζει την ισχύ του μαγνητικού πεδίου, επηρεάζοντας έτσι το σύστημα που δέχονται τα μικροσωματίδια. Αυτή η διαδικασία διευκολύνει ή εμποδίζει τη ροή του ρευστού μέσω των βαλβίδων. Μπορεί να γίνει τόσο λεπτόρευστο όσο το νερό και τόσο παχύρευστο όσο ένα πολύ χοντρό λάδι μηχανής, αυτή η αλλαγή γίνεται σχεδόν ακαριαία χωρίς τη συμμετοχή κινούμενων μερών. Πρόκειται για ένα απλό μηχανισμό χωρίς βαλβίδες, οπές ελατήρια και κλαπέτα.

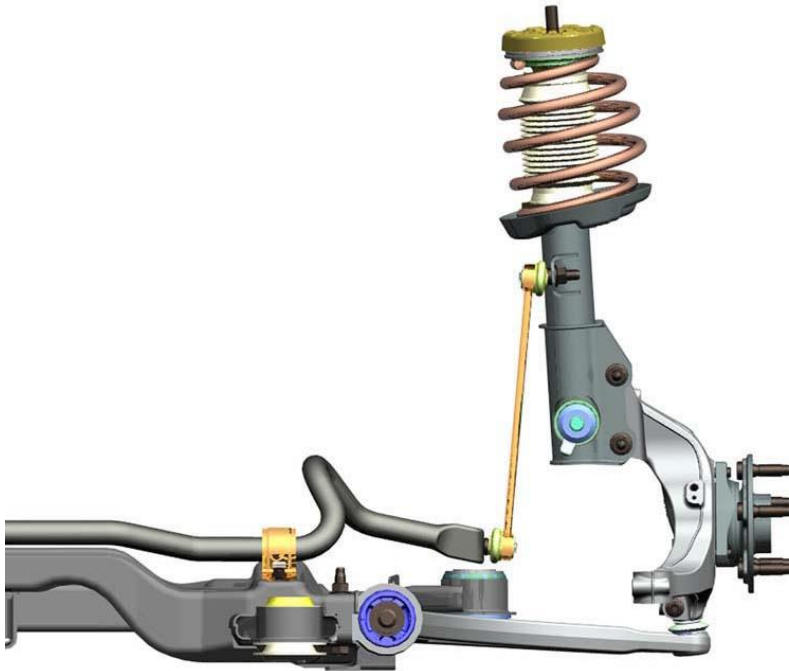
Το μόνο που χρειάζεται είναι κάποιος αυλός που να περνάει κοντά από έναν ηλεκτρομαγνήτη. Η αυξομείωση της έντασης του πεδίου κάνει όλη την υπόλοιπη δουλειά ([CVEL, n.d.](#)) ([Mechanicalbooster, n.d.](#)).

MACPHERSON

Το σύστημα εφευρέθηκε το 1940 και χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στο μοντέλο Ford Consul. Εξοπλίζει τα συστήματα εμπρόσθιας κίνησης κυρίως και σπανίως οπίσθιας μετάδοσης κίνησης. Πρόκειται για ανεξάρτητη ανάρτηση, αποτελούμενη από έναν βραχίονα ανάρτησης (ελατήριο και αποσβεστήρα), αντιστρεπτική ράβδο (anti-roll bar) και κάτω βραχίονα (Εικόνα 8). Το χαρακτηριστικό αυτού του τύπου ανάρτησης είναι το ενιαίο εξάρτημα, στο οποίο περιλαμβάνονται μηχανισμοί τριών (3) λειτουργιών και έχει την μορφή κολώνας (στύλου-strut). Οι τρεις (3) λειτουργίες που επιτελεί είναι:

- Η σύνδεση του αμαξώματος με το σασί, σε δύο (2) σημεία, πάνω και κάτω.
- Τη στήριξη και περιστροφή των τροχών προκειμένου να στραφεί το αυτοκίνητο.
- Απορόφηση των κραδασμών σε όλη την διάρκεια της κίνησης του αυτοκινήτου.

Η σύνδεση μεταξύ αμαξώματος και σασί πραγματοποιείται από έναν σφαιρικό σύνδεσμο στην πλευρά του τροχού και έναν πλευρικό άξονα του αμαξώματος έτσι ώστε να είναι δυνατή η αλλαγή στη ρύθμιση της ανάρτησης. Το σύστημα ελατηρίου και αμορτισέρ (strut) συνδέεται με άρθρωση με ράβδο σύνδεσης με το πλαίσιο (Εικόνα 9). Αυτή η αντηρίδα (strut) λειτουργεί επίσης ως άξονας περιστροφής του συστήματος διεύθυνσης μέσω σφαιρικού συνδέσμου.



Εικόνα 8: Απεικόνιση ανάρτησης MacPherson.

Τα πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης ανάρτησης είναι:

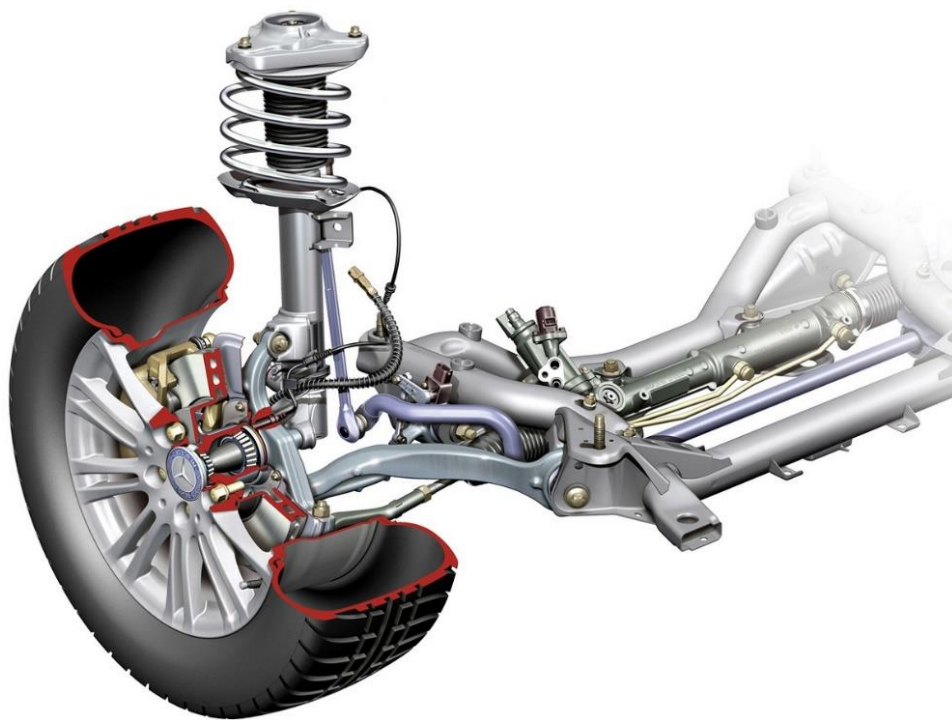
- Δεν απαιτεί μεγάλο χώρο για την τοποθέτηση.
- Εύκολο στην τοποθέτηση του στο όχημα.
- Έχει μικρό βάρος που το κάνει καλύτερο για την κατανάλωση καυσίμου και οδηγική συμπεριφορά.
- Δεν επιτρέπει την μεταβολή της γεωμετρίας της ανάρτησης.

Τα μειονεκτήματα της συγκεκριμένης ανάρτησης είναι:

- Το μεγαλύτερο μειονέκτημα ενός MacPherson «γονάτου» είναι η μηδενική γωνία κάμπερ (είναι η γωνία μεταξύ της κεντρικής γραμμής του ελαστικού και της κάθετης γραμμής στο δρόμο στο σημείο επαφής τους, αρνητικό κάμπερ σημαίνει ότι το επάνω μέρος του ελαστικού γέρνει προς το σώμα ή προς τα μέσα, είναι κάτι θετικό και θεμιτό). Στην περίπτωση της διπλοψάλιδης ανάρτησης, λόγω των περισσότερων συνδέσμων της ανάρτησης με το σασί, υπάρχει μεγαλύτερο εύρος στην ρύθμιση της γωνίας κάμπερ, που σημαίνει ότι μπορεί να υπάρξει μεγαλύτερο κέρδος στην απόδοση τους οχήματος. Αυτό σημαίνει ότι θα έχει λιγότερο έλεγχο στις απότομες στροφές με υψηλή ταχύτητα, σε σύγκριση πάντα με μία διπλοψάλιδη ανάρτηση. Αυτό την

καθιστά ουσιαστικά άχρηστη σε αυτοκίνητα υψηλού κυβισμού που εξαρτώνται ουσιαστικά από την ικανότητά τους να κινούνται γρήγορα σε στροφές.

- Ο λόγος για τον οποίο το γόνατο MacPherson δεν έχει κέρδος στην κλίση του κάμπερ είναι επειδή είναι τοποθετημένο απευθείας στο σώμα του αυτοκινήτου. Αυτό περιορίζει την κίνηση του γόνατου και δεν επιτρέπει μεγάλες ρυθμίσεις στην γωνία κάμπερ.
- Το γόνατο MacPherson είναι τοποθετημένο στο αμαξώμα και έτσι χρειάζεται μία ενιαία κατασκευή. Ο σχεδιασμός του αμαξώματος στο πλαίσιο δεν είναι αρκετά άκαμπτος έτσι ώστε να αντέχει η ανάρτηση και επομένως δεν θα λειτουργεί ορθά. Αυτό σημαίνει ωστόσο, ότι η δύναμη και οι ανάγκες που θα πρέπει να ληφθούν από την όλη ανάρτηση την κάνουν πολύ λιγότερο αποτελεσματική σε σχέση με μία διπλοψάλιδη η οποία λόγω των παραπάνω βαθμών ελευθερίας, είναι ικανή να αντέξει περισσότερα φορτία. Σε αντίθεση με αυτό, η MacPherson είναι ανίκανη να διαχειριστεί μεγάλα φορτία, απότομες λακκούβες και χτυπήματα στο δρόμο με μεγάλη ταχύτητα (Gilles, 2005) (Ate Up With Motor, n.d.) (Cars Guide, n.d.) (Go Mechanic, n.d.).



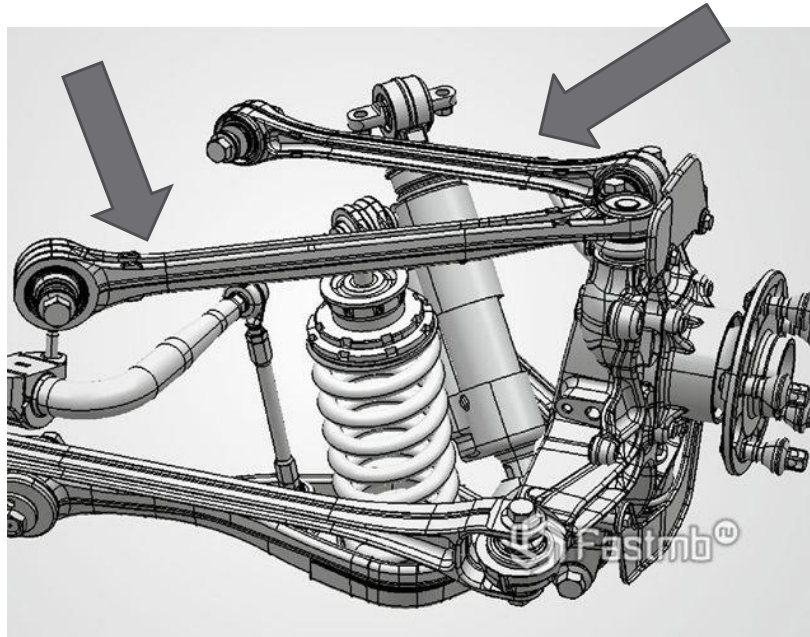
Εικόνα 9: Απεικόνιση ανάρτησης MacPherson με τα υπόλοιπα εξαρτήματα.

ΑΝΑΡΤΗΣΗ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΣΥΝΔΕΣΜΩΝ

Ανάρτηση πολλαπλών συνδέσμων είναι μία παραλλαγή της διπλοψάλιδης ανάρτησης. Σε σχέση με την MacPherson που τεχνικά χρειάζεται δύο (2) βραχίονες για να διατηρηθεί άκαμπτος σύνδεσμος μεταξύ αμαξώματος και σασί, μία ανάρτηση πολλαπλών συνδέσμων χρειάζεται τουλάχιστον τρεις (3) πλευρικές ράβδους και μία κάθετη ή διαμήκη (Εικόνα 10).

Ο σκοπός του κάθε βραχίονα είναι να περιορίσει ή και να αποτρέψει τη στροφή ή την μετατόπιση στις τρεις (3) κύριες διευθύνσεις του οχήματος. Μαζί τοποθετούν τον τροχό στο σωστό σημείο και σχηματίζουν ένα άκαμπτο πλαίσιο αγκυρωμένο στην πλήμνη που τον εμποδίζει να κινηθεί με οποιοδήποτε τρόπο δεν θα έπρεπε να κινηθεί. Κάθε ράβδος είναι τοποθετημένη σε αρθρώσεις και

στα δύο (2) άκρα και είναι ελεύθερη να κινείται κάθετα με τη διαδρομή της ανάρτησης - αλλά πουθενά αλλού, εκτός αν οι ίδιοι οι βραχίονες λυγίσουν ή σπάσουν.



Εικόνα 10: Απεικόνιση γεωμετρίας ανάρτησης πολλαπλών συνδέσμων. Με βέλη κάποιοι από τους συνδέσμους (ράβδους).

Μία σχεδίαση πολλαπλών συνδέσμων, συνήθως με τέσσερις (4) ή πέντε (5) βραχίονες, γνωστοί ως σύνδεσμοι, επιτρέπει σε έναν τροχό με ανεξάρτητο ελατήριο να συνδυάζει την ποιότητα κύλισης και την οδική συμπεριφορά. Είναι πλευρικά άκαμπτο, ώστε ένα αυτοκίνητο που είναι έτσι εξοπλισμένο να μην χτυπιέται στις στροφές τόσο πολύ όσο άλλα σχέδια, αλλά επιτρέπει επίσης την ομαλή, ανεξάρτητη κίνηση ενός τροχού ακόμα και σε μεγάλα χτυπήματα (Εικόνα 16) ([Carthrottle, n.d.](#)) ([Subaru, n.d.](#)) ([CarKeys, n.d.](#)).

Τα κύρια χαρακτηριστικά αναρτήσεων πολλαπλών συνδέσμων είναι:

- Ραγδαία φθορά ελαστικών λόγω της μεγάλης ελευθερίας του τροχού.
- Το μεγαλύτερο κόστος τοποθέτησης και συντήρησης.
- Πολύ καλή συμπεριφορά σε αγωνιστικά εκτός ασφάλτου.
- Η μεγαλύτερη προσαρμοστικότητα σε μία ανάρτηση.



Εικόνα 11: Εγκατεστημένη ανάρτηση πολλαπλών συνδέσεων.

ΔΙΠΛΟΨΑΛΙΔΗ

Ο σχεδιασμός της διπλοψάλιδης ανάρτησης (Εικόνα 12) προορίζεται να κινεί τον τροχό με τον άξονα περιστροφής του σχεδόν παράλληλα με το πάτωμα του πλαισίου. Το διπλό ψαλίδι που διαθέτει η ανάρτηση, παρέχει την ευελιξία να ρυθμιστεί το κάμπερ του τροχού και να αλλάξετε τον προσανατολισμό της διεύθυνσης του άξονα, ενώ ο τροχός κινείται από την αναπήδηση στην ανάκαμψη, οι οποίες είναι οι βασικές παράμετροι που επηρεάζουν την οδική συμπεριφορά του αυτοκινήτου. Η ανάρτηση εμφανίστηκε πρώτη φορά σε αυτοκίνητα πριν την εποχή του δεύτερου παγκοσμίου πολέμου, όπως τα Citroen Rosalie και Citroen Traction Avant (1934). Στην Βόρεια Αμερική εμφανίστηκε πρώτη φορά το 1935 από την Packard Motor Car στο μοντέλο Packard One-Twenty. Αναφορικά το γόνατο MacPherson βρήκε υλοποίηση στο μακρινό 1951 από την Ford με τα Ford Zephyr και Ford Consul να είναι τα πρώτα αυτοκίνητα μαζικής παραγωγής με τέτοιες αναρτήσεις.



Εικόνα 12: Εγκατεστημένη ανάρτηση διπλών ψαλιδιών.

Όπως δηλώνει το όνομα της ανάρτησης, αποτελείται από δύο (2) ψαλίδια, (πάνω και κάτω), που συνδέονται με την άρθρωση (ή τον φορέα) του τροχού) μέσω μιας άνω και κάτω σφαιρικής άρθρωσης αντίστοιχα (Εικόνα 13). Η πιο κοινή διαμόρφωση ενός ψαλιδιού είναι με αντηρίδες σπειρωμάτων (ονομάζεται έτσι λόγω της διάταξης και της κλίσης που έχουν τα 2 ψαλίδια που περιέχουν ανάμεσά τους το ελατήριο). Στο παρελθόν ωστόσο, όπως και στα παλιά φορτηγά της Ford, τα ελατήρια και οι αποσβεστήρες τοποθετούνταν ξεχωριστά στο κάτω ψαλίδι. Στην πλειονότητα των αυτοκινήτων σήμερα, το κάτω στήριγμα του ελατηρίου βρίσκεται στο κάτω ψαλίδι και το επάνω στήριγμα του ελατηρίου βρίσκεται στο αμάξωμα ή στο πλαίσιο (ανάλογα τον κατασκευαστή και τον τύπο κατασκευής του πλαισίου). Σε πολλές άλλες περιπτώσεις, η Audi, το κάτω στήριγμα του ελατηρίου προσαρμόζεται στην κορυφή της άρθρωσης. Παρόμοια με το ελατήριο, ο αποσβεστήρας σε διάταξη διπλού ψαλιδιού, τοποθετείται επίσης μεταξύ του κάτω βραχίονα (ψαλιδιού) και του αμαξώματος.



Εικόνα 13: Απεικόνιση ανάρτησης διπλών ψαλιδιών.

Μία ανάρτηση 5 συνδέσεων, που είναι κοινή σε αυτοκίνητα υψηλών επιδόσεων (Turing) όπως τα Audi A8, Mercedes-Benz S-Class, είναι στην πραγματικότητα μία μικρή παραλλαγή που βασίζεται στη βασική σχεδίαση του διπλού ψαλιδιού. Στην περίπτωση αυτή, το ψαλίδι χωρίζεται σε δύο (2) ράβδους ελέγχου που συνδέονται με αρθρώσεις σε δύο (2) σημεία.

Οι κύριες διαφορές μεταξύ μίας ανάρτησης διπλών ψαλιδιών που την κάνουν να υπερτερεί σε όλες τις κατηγορίες και ενός γονάτου MacPherson είναι οι εξής:

- Ο σχεδιασμός των διπλών ψαλιδιών επιτρέπει τον εύκολο συντονισμό των παραμέτρων ανάρτησης και βελτιστοποίηση της απόδοσης οδήγησης και χειρισμού του αυτοκινήτου. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, πιο ομαλή λειτουργία και λιγότερες πιθανές βλάβες σε σχέση με τον ανταγωνισμό.
- Στην ανάρτηση διπλού ψαλιδιού, λόγω της παράλληλης σύνδεσης που σχηματίζεται από τον επάνω και κάτω βραχίονα ελέγχου, είναι δυνατό να διατηρείται το ελαστικό παράλληλο με την κατακόρυφη γραμμή του αυτοκινήτου σε όλη την διαδρομή που κάνει η ανάρτηση.
- Το μεγαλύτερο ίσως πλεονέκτημα του διπλού ψαλιδιού είναι η δυνατότητα απόλυτου ελέγχου των χαρακτηριστικών της γωνίας κάμπερ του τροχού ενώ κινείται πάνω-κάτω, ρυθμίζοντας τα μήκη των άνω και κάτω βραχιόνων ελέγχου.
- Κατά τις στροφές, εάν το εξωτερικό ελαστικό κινείται παράλληλα με την κατακόρυφη γραμμή του αυτοκινήτου, τα εξωτερικά ελαστικά θα τείνουν να έχουν θετική κλίση στο δρόμο. Σε μία

ανάρτηση διπλού ψαλιδιού, είναι επίσης δυνατό να υπάρχει ένα αρνητικό χαρακτηριστικό κέρδους κάμπερ σε όλη τη διάρκεια, από το πλήρες χτύπημα έως την πλήρη επαναφορά. (Αρνητικό κάμπερ σημαίνει ότι το επάνω μέρος του ελαστικού γέρνει προς το σώμα ή προς τα μέσα, είναι κάτι θετικό και θεμιτό). Αυτό είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό για την εξασφάλιση της μέγιστης πρόσφυσης από τα εξωτερικά ελαστικά κατά τις ακραίες στροφές, ειδικά σε αυτοκίνητα που προσανατολίζονται στις επιδόσεις.

- Σε ορισμένα οχήματα, μία διπλοψάλιδη ανάρτηση χρησιμοποιείται και σε συστήματα ανεξάρτητης πίσω ανάρτησης. Αυτή η προσέγγιση υιοθετείται γενικά σε αυτοκίνητα προσανατολισμένα στις επιδόσεις, όπου η οδήγηση και η οδική συμπεριφορά έχουν μεγάλη σημασία.
- Πρόκειται για ένα σύστημα ανάρτησης που θεωρείται καλύτερη επιλογή λόγω των πλεονεκτημάτων που διαθέτει σε σχέση με όλες τις υπόλοιπες, όμως, λόγω του κόστους και της πολυπλοκότητας του το συναντάμε συνήθως σε αυτοκίνητα υψηλού κόστους και υψηλών επιδόσεων.

Ένας άλλος λόγος για την μη χρήση του σε απλά καθημερινά αυτοκίνητα, είναι πως οι πιο απλές αναρτήσεις αρκούν τις περισσότερες φορές. Τα κύρια χαρακτηριστικά της ανάρτησης αυτής είναι:

- Μεγάλο κόστος παραγωγής συναρμολόγησης και τοποθέτησης.
- Απαιτεί μεγάλο χώρο τοποθέτησης.
- Όλα τα Supercars έχουν διπλοψάλιδες αναρτήσεις.
- Ελαφρύτερη, αποδοτικότερη και το μόνο που υστερεί από την πολλαπλών συνδέσεων είναι η προσαρμοστικότητα.
- Το πρώτο όχημα σε τιμή κάτω των 60.000 ευρώ με όλες τις αναρτήσεις του να είναι διπλοψάλιδες ήταν το Honda S2000 ενώ πλέον υπάρχει και η Alfa Romeo Giulia 952.
- Η πρώτη φορά που παρουσίασε τις δυνατότητές της ήταν στην Formula 1 (σε συνδυασμό με ράβδους ώσεως ([Vroomo, n.d.](#)) ([Carthrottle, n.d.](#)) ([Peugeot, n.d.](#)) ([CarTreatments, n.d.](#)).

ΜΕΡΗ ΑΝΑΡΤΗΣΕΩΝ

ΕΛΑΣΤΙΚΑ

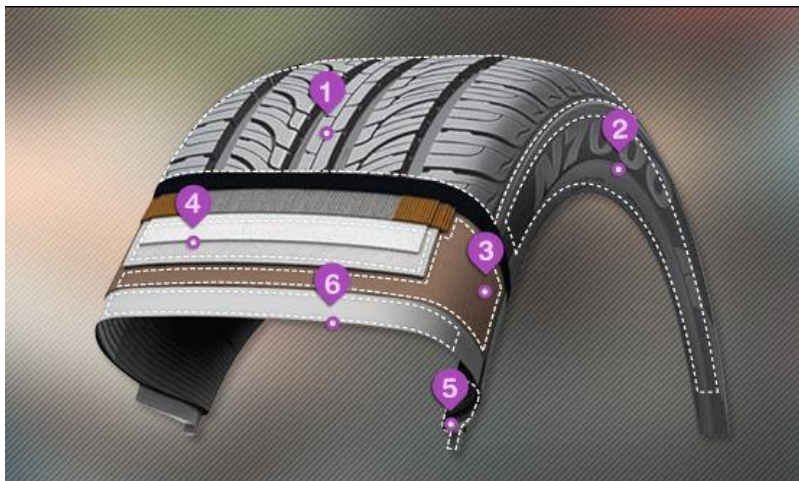
Τα ελαστικά (Εικόνα 14) μπορεί να φαίνονται απλά στον τρόπο λειτουργίας και σχεδίασης, αλλά πέρασαν πάνω από 30 χρόνια για να λειτουργούν με τον τρόπο που λειτουργούν σήμερα. Μάλιστα κάθε χρόνο που περνάει, οι εταιρίες παραγωγής ελαστικών βρίσκουν νέους τρόπους κατασκευής που αυξάνουν την αντοχή και την ποιότητα των ελαστικών. Είναι μία πολύπλοκη μηχανική διαδικασία, αξιοποιούνται στο έπαρκο οι φυσικές ιδιότητες του καουτσούκ καθώς και οι χημικές ιδιότητες στο συνθετικό καουτσούκ.



Εικόνα 14: Ελαστικό μαζί με την ζάντα.

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Η κάθε κατηγορία ελαστικού προορίζεται για διαφορετικό σκοπό, ακόμα και ελαστικά που προορίζονται για το ίδιο όχημα, μπορούν να έχουν πολύ μεγάλη απόκλιση στην οδηγική συμπεριφορά, στην απόδοση και στην πρόοδο φθοράς. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι υπάρχει μεγάλη ποικιλία στη σχεδίαση των ελαστικών. Υπάρχουν ανάγκες για ξεχωριστά ελαστικά για διαφορετικές εποχές, οδοστρώματα και ταχύτητες οδήγησης. Με μια απλή ταξινόμηση με βάση την κατηγορία οχημάτων, υπάρχουν εμφανείς παραλλαγές στη σχεδίαση των ελαστικών για επιβατικά αυτοκίνητα, ελαστικών βαρέως οχημάτων, εκτός δρόμου και άλλα.



Εικόνα 15: Όλα τα στρώματα ενός ελαστικού: 1.Πέλμα, 2.Πλευρικό τοίχωμα, 3.Σκελετός, 4.Ζώνη, 5.Στεφάνη, 6.Ενσωματωμένος αεροθάλαμος

Ανάλογα με το φορτίο και τις συνθήκες λειτουργίας, τα εξαρτήματα που φαίνονται στην Εικόνα 15 συνθέτουν ένα ελαστικό ενδέχεται να διαφέρουν. Σε σύγκριση με τα ελαστικά επιβατικών αυτοκινήτων, τα ελαστικά για βαριά οχήματα όπως τα φορτηγά μπορεί να έχουν πρόσθετες στρώσεις, ιμάντα ή βαρύτερο πλευρικό τοίχωμα με παραπάνω ενίσχυση.

Άλλες πολλές φορές τα ελαστικά σχεδιάζονται σύμφωνα με τις μοναδικές απαιτήσεις κάθε κατασκευαστή αυτοκινήτου και για κάθε μοντέλο οχήματος ξεχωριστά. Καθώς κάθε αυτοκίνητο, πατάει και τρέχει διαφορετικά στην άσφαλο, είναι λογικό ότι θα βελτιστοποιηθεί η απόδοση και η κατανάλωση σε περίπτωση που συνδυαστεί με τα κατάλληλα ελαστικά.

ΥΛΙΚΑ ΕΛΑΣΤΙΚΩΝ

Το μέσο ελαστικό έχει ως βάση το φυσικό καουτσούκ αλλά και αρκετές άλλες ενώσεις όπως π.χ. το θείο. Ακόμα και η πιο μικρή αλλαγή στον τρόπο κατασκευής του μείγματος μπορεί να αλλάξει αρκετά το τελικό προϊόν, το ελαστικό μπορεί να παρουσιάσει τελείως διαφορετική συμπεριφορά σε συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας με την παραμικρή αλλαγή στο μείγμα του.

Όμως, το βασικό υλικό που χρησιμοποιείται στο ελαστικό είναι φυσικό αλλά και σύνθετο καουτσούκ. Επιπλέον, η αιθάλη, το πυρίτιο, τα έλαια, το θείο, τα αντιοξειδωτικά και ούτω καθεξής χρησιμοποιούνται με σκοπό να γίνει το μείγμα πλήρες. Αυτό γίνεται ακριβώς στο στάδιο της ανάμειξης για την παραγωγή των φύλλων του ελαστικού. Όπως και για άλλα εξαρτήματα, το χαλύβδινο σύρμα καλύπτεται με μία ελαστική ένωση για να σχηματίσει τη στεφάνη και ενώνεται με το πλευρικό τοίχωμα.

ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ

Πρώτα, συναρμολογείται ο σκελετός του ελαστικού. Η στεφάνη και το πλαϊνό τοίχωμα ενώνονται με εσωτερικά στρώματα επένδυσης και στρώματος του σώματος και τέλος με το πλευρικό τοίχωμα. Στη συνέχεια, οι άκρες του πλευρικού τοιχώματος περιστρέφονται μηχανικά για να ολοκληρωθεί ο βασικός σκελετός του ελαστικού.

Σε διαφορετική συναρμολόγηση, θα είχαμε ένα τύμπανο ζώνης (το εσωτερικό κομμάτι της στεφάνης που είναι στη ουσία ένα μέρος της ενίσχυσης) όπως φαίνεται στην Εικόνα 16. Εδώ η ζώνη συγκεντρώνεται, στρώνοντας το φύλλο με χαλύβδινο σύρμα και στη συνέχεια τοποθετείται στο πέλμα. Στη συνέχεια, η συναρμολόγηση της ζώνης τοποθετείται στο σκελετό και ενώνονται μεταξύ τους. Για αν εξασφαλιστεί η συνοχή και η ένωση μεταξύ τους, χρησιμοποιείται πεπιεσμένος αέρας.



Εικόνα 16: Μέρος διαδικασίας κατασκευής ελαστικών με τύμπανο ζώνης.

Το τελικό βήμα κατασκευής είναι ο βουλκανισμός. Το ελαστικό τοποθετείται σε καλούπι με σχέδια (οι αυλακώσεις που έχει το ελαστικό στο πέλμα του). Το σχέδιο πρέζεται στο ελαστικό κατά τη διάρκεια της διαδικασίας. Οι κύστες ωρίμανσης από καουτσούκ τοποθετούνται μέσα στο ελαστικό με ατμό υψηλής πίεσης στο εσωτερικό προς το εσωτερικό, που διαστέλλεται όταν το καλούπι κλείνει. Η διαδικασία γίνεται σε υψηλές θερμοκρασίες προκειμένου να διαμορφωθεί με ευκολία το καουτσούκ. Για τα ελαστικά επιβατικών αυτοκινήτων, χρειάζονται μόλις δέκα (10) με δεκαπέντε (15) λεπτά για την διαμόρφωση. Αλλά όσο πιο βαρύ είναι το ελαστικό, τόσο περισσότερη ώρα είναι απαραίτητη προκειμένου να ζεσταθεί και να γίνει διαμορφώσιμο. Χαρακτηριστικό για τα ελαστικά πολύ μεγάλων φορτηγών είναι ο χρόνος διαμόρφωσης να φτάνει μέχρι και μία (1) μέρα.

Τα ελαστικά σε αυτό το στάδιο μπαίνουν σε έναν φούρνο, μένουν μέσα μέχρι να ψηθούν και όταν τελειώσει ο χρόνος, τοποθετούνται σε έναν κατάλληλο χώρο που αερίζονται προκειμένου να γίνει μία ομαλή ψύξη με φυσικό τρόπο με την διάχυση της θερμοκρασίας στον αέρα που υπάρχει στο περιβάλλον.



Εικόνα 17: Μέρος της διαδικασίας ψύξης στην κατασκευή ελαστικών.

Τελευταίο στάδιο προκειμένου τα ελαστικά να τοποθετηθούν σε αυτοκίνητα, πρέπει να περάσουν από κάποιους γύρους ποιοτικών ελέγχων. Εδώ ελέγχονται και επιβεβαιώνονται η ακρίβεια διαστάσεων, η ομοιομορφία καθ'όλη την έκτασή τους, η στεγανότητα τους και τα λοιπά (Εικόνα 18). Μπορεί να περιοριστεί ο έλεγχος σε οπτική ακτινογραφία ή, μπορεί να περιλαμβάνει και λεπτομερείς εργαστηριακές δοκιμές ([Hankook](#)) ([V, 1988](#)) ([Continental](#)) ([Go Mechanic, n.d.](#)).



Εικόνα 18: Διαδικασία ελέγχου ποιότητας κατασκευασμένου ελαστικού.

ΑΠΟΣΒΕΣΤΗΡΕΣ (ΑΜΟΡΤΙΣΕΡ)

Οι αποσβεστήρες είναι ένα πολύ σημαντικό μέρος του οχήματος και αναμφισβήτητα δέχονται το μεγαλύτερο δυνατή φθορά με την πάροδο του χρόνου. Εργάζονται συνεχώς με ολόκληρο το σύστημα ανάρτησης του οχήματος και η προσοχή σε αυτά καθ'όλη τη διάρκεια ζωής του οχήματος είναι ζωτικής σημασίας.

ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΟΙ ΑΠΟΣΒΕΣΤΗΡΕΣ

Οι αποσβεστήρες, είναι εξαρτήματα στην ανάρτηση του οχήματος που αποσβένουν και κάνουν πιο ομαλή την κίνηση. Σκοπός τους είναι η μετατροπή της κινητικής ενέργειας σε άλλες μορφές ενέργειας (σε αυτήν την περίπτωση θερμική ενέργεια).

Οι αποσβεστήρες επιτυγχάνουν την απόσβεση μέσω της βοήθειας του υγρού που περιέχεται στο ίδιο το περιβλήμα. Το υγρό λειτουργεί παρέχοντας την απαιτούμενη φυσική αντίσταση και οπισθέλκουσα αναγκάζοντας τους αποσβεστήρες να κινούνται σκόπιμα πιο δύσκολα από τα ελατήρια που βρίσκονται πάνω τους. Έτσι η κίνηση στους ελεγχόμενους τροχούς έχει ως αποτέλεσμα τον έλεγχο της ποιότητας κύλισης του οχήματος σε ένα επίπεδο που να είναι άνετο όσο για τον οδηγό όσο και για τους επιβάτες.

Οι αποσβεστήρες συνεργάζονται πάντα με το γόνατο στη περίπτωση της κοινής ανάρτηση MacPherson, ένα άλλο εξάρτημα ανάρτησης που περιλαμβάνει το δικό του ξεχωριστό αποσβεστήρα, ελατήριο και ένα στιβαρό πλαίσιο σχεδιασμένο να συγκρατεί το βάρος του οχήματος.

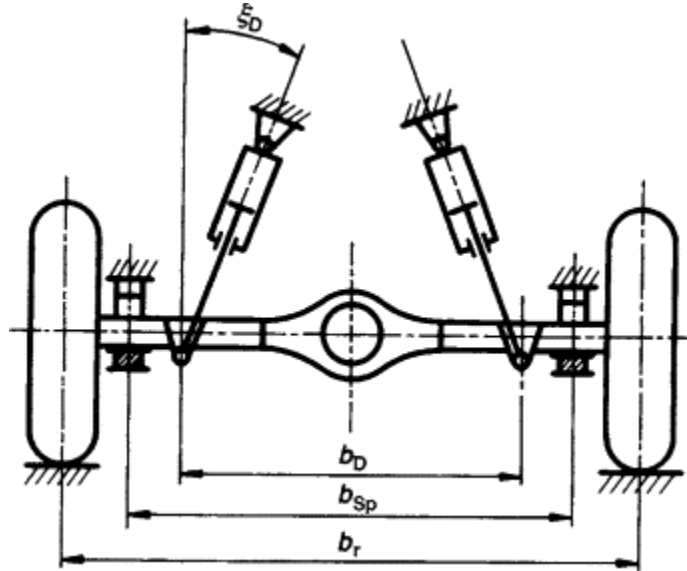
Η ΘΕΣΗ ΤΟΥΣ ΣΤΟ ΟΧΗΜΑ

Σε κάθε μέρος του οχήματος που υπάρχει ελαστικό, υπάρχει ένας αποσβεστήρας. Στις περισσότερες περιπτώσεις η κίνηση του κάθε τροχού θα είναι διαφορετική.

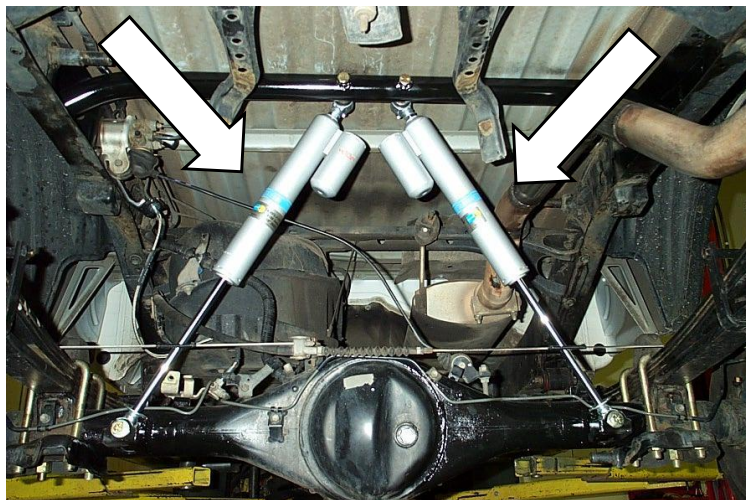
Οι αποσβεστήρες λειτουργούν ως ενιαία μονάδα σε ένα σύστημα πολλαπλών μονάδων γνωστό ως ανάρτηση οχήματος. Οι αποσβεστήρες έχουν ένα λεπτό κυλινδρικό σχήμα. Στη συνέχεια, τα ελατήρια περιβάλλουν το καθένα από αυτά και τέλος τροχός συνδέεται με αυτό μέσω της πλήμνης τους τροχού.

ΓΩΝΙΑ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ

Η τοποθέτηση των αμορτισέρ υπό γωνία μειώνει τη συνολική επίδραση απόσβεσης του αμορτισέρ. Ο κυριότερος λόγος είναι οι μηχανισμοί του αμορτισέρ θα κινούνται, σε μικρότερη απόσταση από αυτή του συστήματος ανάρτησης. Ορισμένα οχήματα (πρώιμα μοντέλα Land Cruisers, κ.λπ.) έχουν τα πίσω αμορτισέρ τους τοποθετημένα σε γωνία περίπου 30° προς το διαφορικό, ενώ άλλα έχουν τα αμορτισέρ τους τοποθετημένα σε γωνία 20° γωνία περίπου προς τα εμπρός ή/και πίσω του πίσω άξονα (π.χ. Chevy, Jeep CJ's, κ.λπ.) (Εικόνα 20). Υπάρχουν διάφοροι λόγοι για τους οποίους μπορεί να γίνει αυτό.



Εικόνα 19: b_r = απόσταση μεταξύ τροχών, b_{sp} = απόσταση μεταξύ ψαλιδιών, b_D = απόσταση μεταξύ βάσης αποσβεστήρων, ξ_0 = γωνία τοποθέτησης αποσβεστήρα στο αμάξωμα



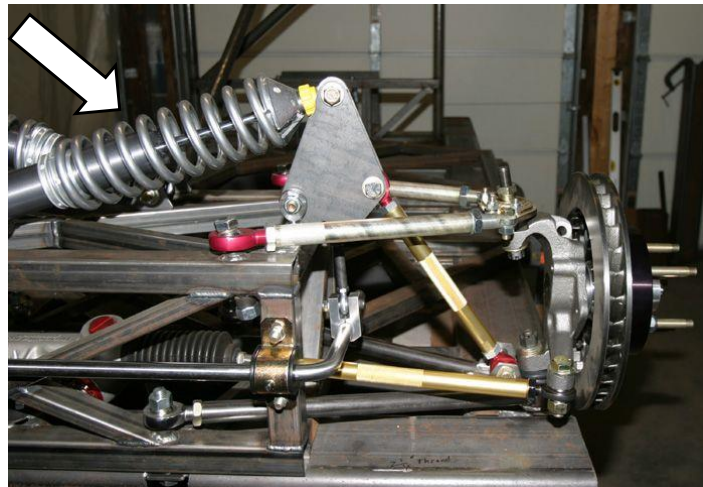
Εικόνα 20: Οχήμα εκτός δρόμου με τους αποσβεστήρες σε κλίση 30 μοιρών.

Πρώτον, ο διαθέσιμος χώρος στο όχημα. Με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατό σε ένα αυτοκίνητο να μην χωρά μια συγκεκριμένη ανάρτηση ως προς το οδόστρωμα, όμως υπό γωνία να είναι δυνατή η τοποθέτησή της. Παρ' όλα αυτά η αποτελεσματικότητα της ανάρτησης μειώνεται με την αύξηση της γωνίας όπως φαίνεται στην Εικόνα 21.

	Percentage of Effectiveness
Perpendicular	100%
+ / - 10 degrees	98%
+ / - 20 degrees	92%
+ / - 30 degrees	86%
+ / - 40 degrees	74%
+ / - 50 degrees	68%

Εικόνα 21: Διάγραμμα γωνίας /αποτελεσματικότητας.

Δεύτερον, χρησιμοποιείται κυρίως σε αγωνιστικά οχήματα, επειδή σε μία πίστα αγώνων επιτυγχάνεται η ποιότητα του οδοστρώματος να είναι πολύ καλή . Με τον τρόπο αυτό χαμηλώνεται το κέντρο βάρους στο όχημα. Στα αγωνιστικά αυτοκίνητα θυσιάζεται η άνεση μίας μαλακής ανάρτησης για χάρη της αεροδυναμικής, το ζητούμενο σε αυτόν τον τομέα είναι η μεγαλύτερη δυνατή ταχύτητα σε ευθεία και στροφές (Εικόνα 22).



Εικόνα 22: Ψαλίδι και ανάρτηση αγωνιστικού οχήματος υπό μεγάλη γωνία.

ΜΗΚΟΣ ΑΠΟΣΒΕΣΤΗΡΩΝ

Είναι πολύ σημαντικό να χρησιμοποιείται ένα αμορτισέρ που έχει το σωστό μήκος και έχει αρκετή διαδρομή τόσο σε συμπίεση όσο και σε ανάκαμψη για να αποσβέσει την κίνηση. Στην ευκολότερη από όλες τις καταστάσεις, το αμορτισέρ τοποθετείται κάθετα και στα 2 σημεία επαφής (ψαλίδι-θόλος). Για να πραγματοποιηθεί αυτό, Προστίθεται η απόσταση από το τέρμα της ανάρτησης μέχρι την επιφάνεια με την οποία έρχεται σε επαφή και $\frac{1}{2}$ " για συμπίεση του τέρματος πρόσκρουσης. Αυτή η μέτρηση είναι η διαδρομή συμπίεσής του αποσβεστήρα.

Επομένως γίνεται η μέτρηση από το επάνω σημείο στερέωσης του αποσβεστήρα μέχρι το κάτω σημείο στερέωσης. Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι η απόσταση από το τέρμα πρόσκρουσης έως την επιφάνεια επαφής είναι 5,5" και $\frac{1}{2}$ ". Ας υποθέσουμε επίσης ότι η απόσταση από το πάνω σημείο τοποθέτησης του αμορτισέρ μέχρι το κάτω σημείο στήριξης είναι 14". Λαμβάνοντας υπόψη αυτές τις δύο μετρήσεις, είναι εύκολο να φανεί ότι υπάρχει μια διαφορά 8". Αυτές οι 8" είναι το μήκος του

αμορτισέρ που θα χρειαστεί για να ελεγχθεί η διαδρομή, μετρημένο από το μάτι στερέωσης μέχρι το πάνω μέρος του αμορτισέρ και όχι για να περισούμε τη διαδρομή της ανάρτησης. Σε αυτήν την περίπτωση θα υπάρχουν περίπου 8" διαδρομής ανάκαμψης και 6" διαδρομής συμπίεσης.

ΤΥΠΟΙ ΑΠΟΣΒΕΣΤΗΡΩΝ

Όλοι οι αποσβεστήρες (Εικόνα 23) έχουν μία κύρια λειτουργία, αυτή είναι να ελέγχουν σωστά την κατακόρυφη κίνηση ενός οχήματος πάνω στις επιφάνειες του δρόμου. Επειδή κάθε κατασκευαστής έχει διαφορετικές απαιτήσεις για την κατασκευή των οχημάτων του, υπάρχουν διαφορετικοί τρόποι με τους οποίους μπορεί να λειτουργήσει ένας αποσβεστήρας.

Τα συμβατικά τηλεσκοπικά αμορτισέρ έχουν απλή δομή και μπορούν να βρεθούν τόσο στο μπροστινό όσο και στο πίσω σύστημα ανάρτησης. Ο γενικός εμπειρικός κανόνας με αυτά είναι να αντικαθιστούνται όταν φθείρονται και όχι να επισκευάζονται επειδή θα υπάρχει εκθετική και προοδευτική φθορά με αυτόν τον τρόπο με το πέρασμα του χρόνου.

Οι αποσβεστήρες τύπου γονάτου αντικαθιστούν μέρος του συστήματος ανάρτησης και πρέπει να κατασκευαστούν πιο στιβαρά για να αντιμετωπίσουν μεγαλύτερες δυνάμεις στο δρόμο. Χρησιμοποιούν κυρίως σε μεσαίου μεγέθους επιβατικά οχήματα. Αυτός ο τύπος αποσβεστήρα μπορεί είτε να είναι περικλειστή είτε να επισκευαστεί. Οι περικλειστές μονάδες βρίσκονται συνήθως στα συστήματα ανάρτησης σε πολυτελή αυτοκίνητα, ενώ οι επισκευάσιμες μονάδες ονομάζονται γόνατα MacPherson έχουν αντικαταστάσιμα γόνατα.

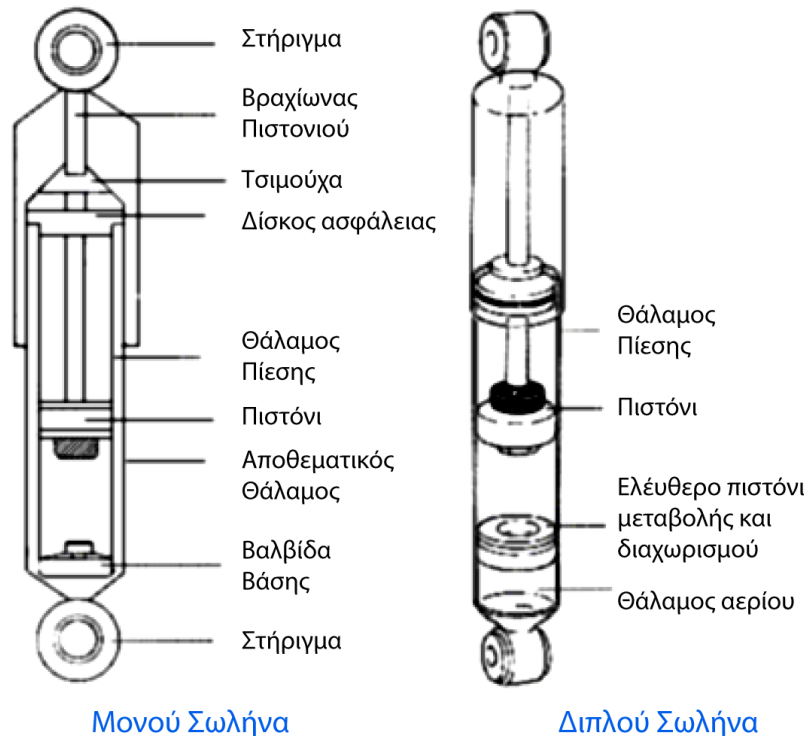
Οι αποσβεστήρες που έχουν υποδοχές ελατηρίου συνδυάζουν τις ιδιότητες τόσο των τηλεσκοπικών όσο και των αποσβεστήρων τύπου γονάτου. Ένας αποσβεστήρας με κάθισμα ελατηρίου είναι μία μονάδα ανάρτησης σε μία διάταξη απόσβεσης σε ένα ενιαίο σύστημα. Σε αντίθεση με τα στηρίγματα, αυτά δεν έχουν σχεδιαστεί για να υπόκεινται μεγάλα πλευρικά φορτία ή βάρη. Επιπλέον, αυτοί οι αποσβεστήρες είναι επίσης πλήρως σφραγισμένοι και δεν έχουν την ικανότητα επισκευής.



Εικόνα 23: Διαφορετικά είδη αποσβεστήρων.

ΑΠΟΣΒΕΣΤΗΡΕΣ ΔΙΠΛΟΥ ΣΩΛΗΝΑ

Τα αμορτισέρ διπλού σωλήνα είναι (Εικόνα 24), ως επί το πλείστον, ο ορισμός ενός τυπικού αμορτισέρ. Ένα αμορτισέρ διπλού σωλήνα είναι ο βασικός αποσβεστήρας που θα συναντάται στην πλειοψηφία των οχημάτων εάν γίνει σύγκριση με όλα τα αμορτισέρ μεταξύ τους. Είναι πολύ φθηνότεροι στην κατασκευή σύγκριση με τον ανταγωνισμό. Οι αποσβεστήρες διπλού σωλήνα είναι πολύ πιο επιρρεπείς στο ξεθώριασμα, τον αερισμό (μπαίνει αέρας μέσα στον αποσβεστήρα και ξεραίνονται τα λάστιχα που έχουν για τη στεγανοποίησή τους), απαγωγή θερμότητας και φθείρονται πιο εύκολα σε σύγκριση πάντα με τις υπόλοιπες επιλογές αποσβεστήρων.



Εικόνα 24: Απεικόνιση εσωτερικής λειτουργίας αποσβεστήρα διπλού σωλήνα.

ΑΠΟΣΒΕΣΤΗΡΕΣ ΜΕΣΑ ΣΕ ΕΛΑΤΗΡΙΟ

Οι αποσβεστήρες με σπειροειδές ελατήριο (Εικόνα 25) είναι αρκετά απλοί από τη σχεδιάσή τους. Ένα σπειροειδές ελατήριο τοποθετείται γύρω από το αμορτισέρ, προσθέτοντας τον απαιτούμενο βαθμό ελαστικότητας της ανάρτησης. Αυτά τα σπειρώματα μπορούν να τοποθετηθούν πάνω από σχεδόν οποιοδήποτε τύπο αμορτισέρ ανάλογα με τον κατασκευαστή.

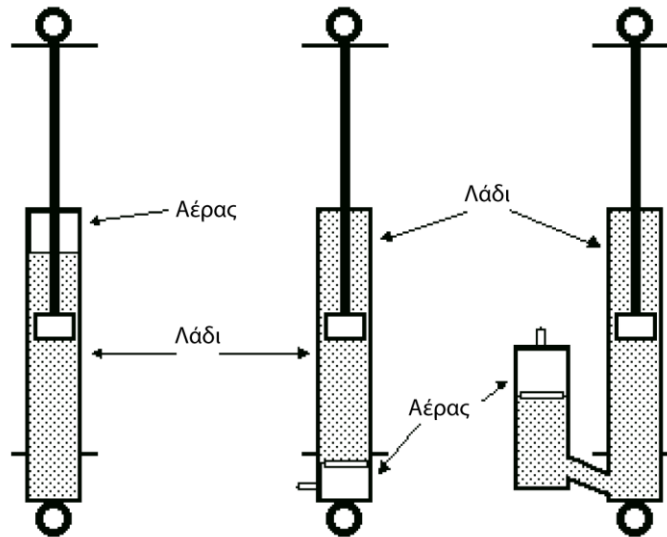


Εικόνα 25: Αποσβεστήρας μέσα σε ελατήριο.

ΑΠΟΣΒΕΣΤΗΡΕΣ ΑΕΡΙΟΥ

Τα αμορτισέρ αερίου διαθέτουν ποιοτικότερες βαλβίδες έτσι ώστε να προσφέρουν μια οδήγηση εξίσου ομαλή με ένα αμορτισέρ διπλού σωλήνα, παρέχοντας ταυτόχρονα καλύτερη απόσβεση κραδασμών από οποιοδήποτε κανονικό αμορτισέρ στην αγορά. Στην οδήγηση σε ανώμαλο οδόστρωμα, η ανάρτησή θα κινείται με υψηλή ταχύτητα, αναγκάζοντας έτσι το έμβολο μέσα στο αμορτισέρ να κινείται επίσης με υψηλό ρυθμό. Σε αυτήν την περίπτωση, το λάδι μέσα σε ένα κανονικό αμορτισέρ δέχεται φυσαλίδες αέρα που συμπιέζονται μέσα σε αυτό, σχηματίζοντας μια αφρώδη ύλη. Το λάδι θα ρέει μέσα από τα στόμια του εμβόλου με απρόβλεπτους ρυθμούς και μειώνει την απόδοση απόσβεσης.

Το αμορτισέρ υπό πίεση αερίου λειτουργεί διαφορετικά και δεν είναι τόσο ευάλωτο στον αερισμό λαδιού (μπαίνει αέρας μέσα στον αποσβεστήρα και ξεραίνονται τα λάστιχα που έχουν για τη στεγανοποίησή τους) όσο ένα τυπικό αμορτισέρ. Τα αμορτισέρ υπό πίεση αερίου είναι κατασκευασμένα με άζωτο υπό πίεση στο εσωτερικό του αμορτισέρ. Η πίεση μπορεί να κυμαίνεται από 80 P.S.I έως 350 P.S.I.. Αυτό εμποδίζει τον αερισμό του λαδιού επειδή το άζωτο δεν αναμιγνύεται με το λάδι, αναγκάζοντας τα μόρια του λαδιού να παραμείνουν μεταξύ τους, εμποδίζοντας έτσι ανάμειξη λαδιού και αέρα.



Εικόνα 26: Απεικόνιση εσωτερικής λειτουργίας αποσβεστήρα αερίου.

ΑΠΟΣΒΕΣΤΗΡΑΣ ΜΟΝΟΥ ΣΩΛΗΝΑ

Αυτοί οι τύποι αμορτισέρ χρησιμοποιούν έναν αποσβεστήρα μονού τοιχώματος για να περικλείουν το έμβολο, το λάδι και (μερικές φορές) το πεπιεσμένο αέριο. Αυτοί οι τύποι αμορτισέρ είναι πολύ πιο ακριβείς στην απόσβεση από τα τυπικά αμορτισέρ επειδή κατασκευάζονται με πολύ πιο ακριβή πρότυπα.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, το αμορτισέρ μονού τοιχώματος είναι σημαντικά ισχυρότερο από το αμορτισέρ με δύο σωλήνες, επειδή συνήθως χρησιμοποιούν έμβολο μεγαλύτερης διαμέτρου. Επιπλέον, το αμορτισέρ μονού τοιχώματος είναι πιο ανθεκτικό στην απόσβεση των κραδασμών επειδή μπορεί να διαιρέσει το λάδι του αμορτισέρ από τον αέρα πολύ καλύτερα από ένα αμορτισέρ διπλού σωλήνα. Με αυτόν τον τύπο κατασκευής έρχεται και το πλεονέκτημα της καλύτερης απαγωγής θερμότητας.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

Επειδή οι αποσβεστήρες δουλεύουν συνεχώς με τα ελατήρια και τις αντηρίδες στο σύστημα ανάρτησης, αποτυγχάνουν όταν δεν μπορούν να δεχτούν κραδασμούς στο δρόμο και να μετατρέψουν αυτήν την ενέργεια σε θερμότητα ή την αφήνουν να ανακαταναμηθεί. Τα συμπτώματα όταν οι αποσβεστήρες αστοχούν, εμπίπτουν σε τρεις κατηγορίες: οπτικές ενδείξεις, ηχητικές ενδείξεις που προέρχονται από την περιοχή του αποσβεστήρα και την ομαλή κύλιση του οχήματος στο οδόστρωμα. Ένα όχημα που βρίσκεται λίγο χαμηλότερα από το συνηθισμένο ύψος οδήγησης μπορεί να σημαίνει πρόβλημα με τους

αποσβεστήρες. Πολλοί ήχοι και χτυπήματα ακούγονται όταν το όχημα οδηγείται πάνω από εξόγκωμα, λακούβες και κυματισμούς στην επιφάνεια του οδοστρώματος.

Αυτό που λαμβάνεται υπόψη όταν πρόκειται για αποσβεστήρα είναι ότι η φύση της φθοράς δεν είναι πάντα τόσο προφανής. Η επιδείνωση εμφανίζεται συνήθως εσωτερικά του αποσβεστήρα και μπορεί να χρειαστεί λίγος χρόνος έτσι ώστε η φθορά να εκδηλωθεί εξωτερικά.

Υπάρχουν άλλα εξαρτήματα στο όχημα που μπορούν να βοηθήσουν στην ένδειξη κάποιας μορφής φθοράς του αποσβεστήρα. Τα ελαστικά είναι συνήθως το πρώτο εξάρτημα που θα παρουσιάσει βλάβη, ένας σημαντικός και αξιόπιστος δείκτης φθοράς των αποσβεστήρων είναι τα σημάδια φτερώματος. Τα φτερά είναι οι ομοιόμορφα κατανεμημένες περιοχές συγκεντρωμένης φθοράς στο πέλμα των ελαστικών, οι οποίες συμβαίνουν επειδή το ελαστικό είναι πιο πιθανό να κινηθεί πάνω-κάτω-κυριολεκτικά αναπηδώντας από την επιφάνεια του δρόμου μετά από ένα χτύπημα αντί να παραμείνει σε επαφή με δρόμο.

Μία κοινή μέθοδος εντοπισμού φθοράς σε αποσβεστήρες είναι να ασκείται πίεση προς τα κάτω σε κάθε μέρος του οχήματος που υπάρχει ανάρτηση όταν είναι σταθευμένο. Οι αποσβεστήρες που λειτουργούν σωστά θα αναγκάσουν το όχημα να αναπηδήσει αρχικά και στη συνέχεια να σταματήσει λίγο αργότερα. Με φθαρμένους αποσβεστήρες, η απόσβεση θα πάρει περισσότερο χρόνο.

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

Οι αποσβεστήρες στο όχημά εργάζονται συνεχώς για να αποσβέσουν τους κραδασμούς του που έρχονται από το δρόμο, ώστε να παρέχουν άνεση οδήγησης χωρίς σκληρότητα. Κάθε όχημα έχει ένα αυτοκόλλητο που βρίσκεται στην εσωτερική πλευρά της πόρτας, αναφέρει το μέγιστο επιτρεπόμενο όριο χωρητικότητας επιβατών και το μέγιστο βάρος μέσα στο όχημα σύμφωνα με τον κατασκευαστή.

Η ομαλή οδήγηση πάνω από εμπόδια, η μη υπέρβαση ταχύτητας σε εμπόδια, ο έλεγχος πίεσης των ελαστικών και η προσεκτική οδήγηση σε λακούβες θα αυξήσουν την διάρκεια ζωής των αποσβεστήρων.

Συνήθως οι περισσότεροι κατασκευαστές αποσβεστήρων συνιστούν την αντικατάσταση των αποσβεστήρων 80.000-100.000 χιλιόμετρα. Ακόμη πιο σημαντικό είναι πως η αντικατάσταση των αποσβεστήρων πρέπει να γίνεται σε ζευγάρια (μπροστινοί αποσβεστήρες και πίσω αποσβεστήρες ταυτόχρονα), καθώς εάν στον ίδιο άξονα υπάρχει ένας καινούριος αποσβεστήρας και ένας φθαρμένος, η συμπεριφορά του οχήματος μπορεί είναι απρόβλεπτη ([Driving, n.d.](#)) ([TellzAyto, n.d.](#)) ([MonroeHeavyDuty, n.d.](#)) ([Monroe, n.d.](#)) ([4x4 Review, n.d.](#)).

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

- Ανάλογα τον ακριβή τύπο του οχήματος, τις συνθήκες οδήγησης και το βάρος με το οποίο φορτώνεται το όχημα, η διάρκεια ζωής του αποσβεστήρα επηρεάζεται άμεσα, δεν είναι ασυνήθιστο σε μερικούς αποσβεστήρες να φτάσουν σε κατάσταση που χρήζει την αντικατάστασή τους πολύ πριν από την ημερομηνία αντικατάστασης ή επισκευής που προτείνει το εργοστάσιο.
- Οι αποσβεστήρες δεν είναι υπεύθυνοι για το ύψος του οχήματος, αυτό είναι δουλειά για τα ελατήρια (Εικόνα 27).



Εικόνα 27: Αποσβεστήρας με σπείρωμα, για την ρύθμιση ύψους του ελατηρίου.

- Είναι σημαντικό οι αποσβεστήρες να είναι σχεδιασμένοι για το εκάστοτε όχημα καθώς κάποιοι κατασκευαστές επιλέγουν άλλες ρυθμίσεις που μπορεί να προκαλέσουν ζημιά στο ίδιο το όχημα.

ΕΛΑΤΗΡΙΑ

Η ανάρτηση του αυτοκινήτου αποτελείται από πολλά εξαρτήματα, ένα από τα σημαντικότερα είναι τα ελατήρια. Συνδυάζονται σε σύστημα ανάρτησης και συνήθως συνοδεύονται από τους αποσβεστήρες που θα ενωθούν μαζί τους. Η κατανόηση του έργου καθ'ενός από τα εξαρτήματα μίας ανάρτησης, μπορεί να βοηθήσει τον οδηγό να προλάβει κάποια βλάβη. ([SuspensionSecrets, n.d.](#)) ([iQDirectory, n.d.](#)) ([MotorTrend, n.d.](#)).



Εικόνα 28: Ελατήριο.

Το σύστημα ανάρτησης αυτοκινήτου αποτελείται από τρεις βασικές ομάδες εξαρτημάτων: σπειροειδή ελατήρια (Εικόνα 28), εξαρτήματα απόσβεσης και εξαρτήματα οδήγησης. Τα σπειροειδή ελατήρια ανήκουν στην πρώτη κατηγορία, δηλαδή τα στοιχεία ελατηρίου στην δομή του αυτοκινήτου. Η κατασκευή τους είναι πολύ απλή, καθώς είναι κατασκευασμένα από χοντρό ατσάλινο σύρμα διαμορφωμένο σε κατάλληλο σχήμα. Τα σπειροειδή ελατήρια ποικίλουν ως προς το πάχος του σύρματος, τον αριθμό των σπειρωμάτων και την πυκνότητά τους. Μπορεί να υπάρχει μέσα στους αποσβεστήρες, οπότε εκεί πρόκειται για γόνατο ανάρτησης MacPherson ([SuspensionSecrets, n.d.](#)) ([MotorTrend, n.d.](#)).

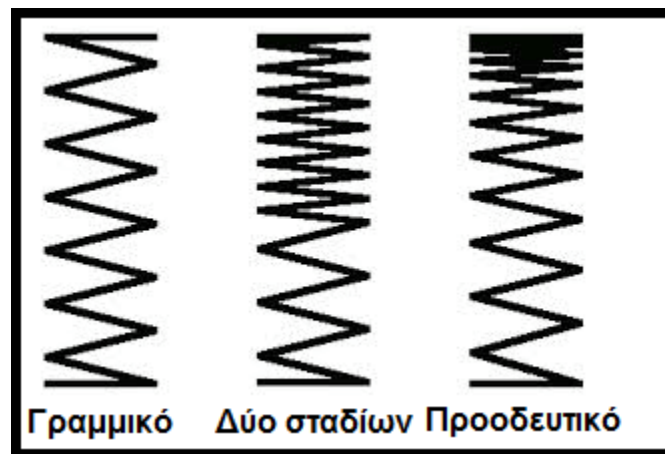
Τα στοιχεία ελατηρίου, συμπεριλαμβανομένων των σπειροειδών είναι απαραίτητα για την αποφυγή μετάδοσης κραδασμών και που δημιουργούνται κατά τη οδήγηση στο χώρο των επιβατών. Τα ελατήρια ανάρτησης τοποθετούνται μεταξύ του ψαλιδιού και του αμαξώματος και συνδέουν τη μη αναρτημένη μάζα (τροχούς, ελαστικά, φρένα και τα λοιπά) με την ελατηριώδη μάζα, δηλαδή με το υπόλοιπα αμάξωμα. Με αυτόν τον τρόπο, το αμάξωμα διαχωρίζεται κατά κάποιο τρόπο από το οδόστρωμα και η κίνηση του αυτοκινήτου γίνεται πιο ομαλή.

Τα ελατήρια της ανάρτησης πνέζουν επίσης τους τροχούς προς το οδόστρωμα και διατηρούν σταθερή την απόσταση από το έδαφος. Ένα ελατήριο διαστέλλεται όταν ένας τροχός εισέρχεται σε λακούβα και συμπιέζεται όταν ο τροχός χτυπήσει ένα εξόγκωμα. Ωστόσο, για να αποτραπεί η ταλάντωση του αυτοκινήτου και ο διαχωρισμός του τροχού από το δρόμο, η δράση των ελατηρίων μειώνεται από έναν αποσβεστήρα.

Η ενέργεια που συσσωρεύεται στα ελατήρια, μεταφέρεται στους αποσβεστήρες και μετατρέπεται σε θερμότητα. Το ίδιο το ελατήριο δεν καθοδηγεί τον τροχό, επομένως, λειτουργεί σε συνδυασμό με το ψαλίδι ή το σύστημα πολλαπλών περιστροφικών βραχιόνων ([iQDirectory, n.d.](#)) ([SuspensionSecrets, n.d.](#)).

ΕΛΑΤΗΡΙΑ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ

Τα περισσότερα επιβατικά αυτοκίνητα έχουν ανάρτηση που βασίζεται σε ελατήρια σταθερής διαμέτρου. Αυτά τα ελατήρια έχουν γραμμικά χαρακτηριστικά, πράγμα που σημαίνει ότι προσφέρουν δύναμη ανάλογη με το μήκος τους. Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται προοδευτικά ελατήρια, με μεταβλητό πάχος πυρήνα, διαφορετική πυκνότητα ή ασυνήθιστο σχήμα (Εικόνα 29).



Εικόνα 29: Σύγκριση ειδών ελατηρίων.

Τέτοια ελατήρια τείνουν να είναι πιο συμπαγή, κάτι που είναι χρήσιμο σε αυτοκίνητα με χαμηλή κολόνα, και επίσης έχουν μη γραμμικά χαρακτηριστικά απόδοσης. Αυτό σημαίνει ότι όσο πιο σφιχτά συμπιέζεται ένα ελατήριο, τόσο μεγαλύτερη δύναμη θα προσφέρει. Το παχύτερο μέρος του ελικοειδούς ελατηρίου βρίσκεται στη μέση του ελατηρίου μιας και είναι το μέρος του που δέχεται το μεγαλύτερο φορτίο. Η προοδευτική ανάρτηση χαρακτηρίζεται από καλή απόκριση σε κραδασμούς χαμηλού πλάτους και υψηλή ακαμψία υπό υψηλότερα φορτία. Για το λόγο αυτό, τα προοδευτικά ελατήρια αντέχουν καλύτερα την υπερφόρτωση ([SuspensionSecrets, n.d.](#)).

ΕΛΙΚΟΕΙΔΗ ΕΛΑΤΗΡΙΑ ΣΕ ΑΝΑΡΤΗΣΕΙΣ ΜΕ ΣΠΕΙΡΩΜΑ

Οι αναρτήσεις με σπείρωμα με ρύθμιση ύψους και σκληρότητας χρησιμοποιούνται επίσης σε σπορ αυτοκίνητα. Με τη ρύθμιση της έδρας των ελατηρίων, μπορεί να μειωθεί η απόσταση του αυτοκινήτου από το έδαφος και να ρυθμιστεί επίσης η σκληρότητα της ανάρτησης. Ένα αυτοκίνητο χαμηλότερου επιπέδου με πιο σταθερά ελατήρια έχει καλύτερο χειρισμό και λιγότερη ταλάντωση στις στροφές. Από την άλλη πλευρά, η χαμηλή διαδρομή της ανάρτησης μπορεί να είναι πρόβλημα σε μεγάλα εμπόδια και επηρεάζει πολύ την άνεση.

Υπάρχουν συστήματα ιδανικά για να χαμηλώσει κάποιος το όχημά του. Τα περισσότερα είναι απλά πιο κοντά ελατήρια από τα σειριακά και μάλιστα κατά 5 εκατοστά. Σύμφωνα με τους κατασκευαστές, η χρήση μικρότερων ελατηρίων θα βελτιώσει τα χαρακτηριστικά χειρισμού του αυτοκινήτου, όμως αυτό δεν ισχύει πάντα καθώς κάποια αυτοκίνητα δεν έχουν σχεδιαστεί για χαμηλότερες αναρτήσεις. Η γεωμετρία της ανάρτησης έχει σχεδιαστεί για ένα συγκεκριμένο μήκος ελατηρίου και όλα τα εξαρτήματα της ανάρτησης θα πρέπει να λειτουργούν εντός του ίδιου εύρους. Εάν αλλάξουν τα ίδια τα ελατήρια, ο αποσβεστήρας δεν θα λειτουργήσει στο μέγιστο των δυνατοτήτων του και ο τροχός μπορεί να μην ευθυγραμμιστεί σωστά. Σε ορισμένες περιπτώσεις, το ελατήριο μπορεί ακόμη και να σπάσει από τη θέση του, η οποία δεν είναι ανάλογη του μήκους. Δεν συνιστάται να τροποποιήσει κανείς μόνος του την ανάρτησή του, χωρίς να συμβουλευτεί έναν ειδικό και να ρυθμίσει όλα τα υπόλοιπα εξαρτήματα ([iQDirectory, n.d.](#)) ([SuspensionSecrets, n.d.](#)).

ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΕΛΑΤΤΩΜΑΤΙΚΩΝ ΕΛΑΤΗΡΙΩΝ

Τα ελατήρια της ανάρτησης δεν χρειάζονται συντήρηση και η φθορά τους είναι δύσκολο να εντοπιστεί. Τα χαλύβδινα ελατήρια χάνουν τον ρυθμό επαναφοράς τους με την πάροδο του χρόνου, με αποτέλεσμα το αυτοκίνητο να μειώνει ελαφρά την απόσταση από το έδαφος και η ανάρτηση να γίνεται πιο μαλακή. Ωστόσο, αυτό δεν γίνεται αντιληπτό κατά την οδήγηση και δεν έχει πάντα αρνητική επίδραση στον χειρισμό του αυτοκινήτου. Σε αντίθεση με τα φυλλωτά ελατήρια, δεν υπάρχει τριβή μεταξύ των πηνίων των σπειροειδών ελατηρίων, επομένως ο κίνδυνος μπλοκαρίσματος, υπερθέρμανσης ή θρυμματισμού είναι ελάχιστος.

Η μεγαλύτερη αλλαγή στην απόδοση της ανάρτησης μπορεί να παρατηρηθεί μόνο όταν χαλάσει ένα ελατήριο. Τις περισσότερες φορές σπάει το ελατήριο, κυρίως στα αρχικά σπειρώματα. Ο κύριος λόγος για ρωγμές κοντά στα καθίσματα είναι η προχωρημένη διάβρωση, αλλά μπορεί επίσης να εμφανιστούν όταν το αυτοκίνητο είναι υπερφορτωμένο. Αυτός ο κίνδυνος ισχύει για παράδειγμα σε αυτοκίνητα κοινής ωφέλειας ή αυτοκίνητα εξοπλισμένα με σύστημα αερίου. Μια δεξαμενή βαρέως καυσίμου γεμάτη με υγρό αέριο επιβαρύνει πολύ τα ελατήρια του πίσω άξονα και μπορεί να επιταχύνει τη φθορά τους.

Οι ρωγμές στα ελατήρια ανάρτησης είναι πολύ επικίνδυνες και μπορούν να οδηγήσουν σε επικίνδυνες καταστάσεις στο δρόμο. Σε μια τέτοια περίπτωση, ο τροχός δεν θα επανέλθει σωστά σε μία λακκούβα και ο βραχίονας ελέγχου θα ακουμπήσει σε ένα κατεστραμμένο ελατήριο ή ελαστικό προσκρουστήρα. Αυτό καθιστά αδύνατη την περαιτέρω οδήγηση. Ορισμένες ρωγμές, ωστόσο, είναι λιγότερο σοβαρές και επιπλέον, δεν είναι τόσο εύκολο να εντοπιστούν. Ένα σπασμένο ελατήριο στα άκρα σπειρώματα (επάνω ή κάτω σπειρώματα όπως στην Εικόνα 27) μπορεί να παραμείνει στη θέση του και να μην επηρεάσει πολύ τη συμπεριφορά του αυτοκινήτου. Τυπικά συμπτώματα είναι οι θόρυβοι, κροτάλισμα από την ανάρτηση κατά την επιτάχυνση, το φρενάρισμα, τις στροφές ή την οδήγηση πάνω από προσκρούσεις ([SuspensionSecrets, n.d.](#)) ([iQDirectory, n.d.](#)).

ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΠΕΙΡΩΕΙΔΩΝ ΕΛΑΤΗΡΙΩΝ

Έαν παρατηρηθεί διάβρωση ή ρωγμή στο ελατήριο το πρέπει να γίνει αντικατάσταση μιας και μπορεί να υπάρχει περαιτέρω ζημιά που να μην είναι ορατή. Ακριβώς όπως τα αμορτιέζερ, και τα δύο ελατήρια θα πρέπει να αντικαθίστανται και στους δύο τροχούς ενός άξονα. Συνήθως σπάει μόνο ένα από τα ελατήρια, αλλά αφήνοντας το άλλο ελατήριο και προσθέτοντας ένα νέο σε αυτό θα οδηγήσει σε δυσαναλογία μεταξύ τους. Το νέο θα είναι πιο σκληρό, υψηλότερο και πιο ανθεκτικό από το χρησιμοποιημένο.

Το να ελεγχθεί από έναν χρήστη η ποιότητα και η φθορά του ελατηρίου επιφανειακά είναι απλή. Ο ευκολότερος τρόπος για να γίνει αυτό είναι να πραγματοποιείτε έλεγχο του ύψους τους τακτικά. Ο εντοπισμός υπερβολικής συμπίεσης που είναι ένδειξη βλάβης-μιας και το ελατήριο έχει λιγότερη αντοχή φορτίου σε εκείνη την περίπτωση-δεν είναι δύσκολο να αντιληφθεί. Μία αφύσικη θέση του οχήματος ή ένα κατέβασμα της ανάρτησης που φαίνεται με την πρώτη ματιά, πρόκειται για ένδειξη σοβαρής ζημιάς του ελατηρίου καθώς η βλάβη πολύ πιθανό να βρίσκεται σε προχωρημένο σημείο και πολύ πιθανό, να συμβεί κάποιο ατύχημα(Εικόνα 30).

Η κατάσταση των ελατηρίων και των καθισμάτων τους θα πρέπει επίσης να ελέγχεται κατά τη διάρκεια μιας δοκιμής είτε των αποσβεστήρων είτε των ελατηρίων. Η αποτελεσματική απόσβεση εξαρτάται όχι μόνο από την απόδοση των αποσβεστήρων, αλλά και από την απόδοση των ελατηρίων. Τα πολύ φθαρμένα ή διαβρωμένα ελατήρια μπορούν να δώσουν ανομοιόμορφη αντίσταση, η οποία θα επηρεάσει τη μέτρηση.

Η αντικατάσταση των αποσβεστήρων και των ελατηρίων δεν είναι κάτι που μπορεί να γίνει από τον καταναλωτή με ευκολία και χρειάζεται κάποιον ειδικό για την συγκεκριμένη εργασία. Αν και η αντικατάσταση του ελατηρίου, από το οποίο δεν περνά ο αποσβεστήρας, είναι σχετικά εύκολη, η γεωμετρία της ανάρτησης πρέπει να ελεγχθεί μετά. Η εμπειρία ενός μηχανικού είναι ακόμη πιο σημαντική κατά την αντικατάσταση ενός ελατηρίου γόνατου MacPherson, το οποίο απαιτεί τη χρήση ειδικών εξολκίων ελατηρίου. Το ξεβίδωμα του μπουλονιού στερέωσης της στήλης χωρίς τη χρήση των εξολκίων κινδυνεύει με επικίνδυνη εκφενδόνιση του ελατηρίου και του παξιμαδιού, κάτι που το πιο πιθανό είναι να οδηγήσει σε κάποιον τραυματισμό ([SuspensionSecrets, n.d.](#)) ([iQDirectory, n.d.](#)).



Εικόνα 30: Σπασμένο ελατήριο μετά από κακή χρήση και συντήρηση

ΠΩΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΖΟΝΤΑΙ ΤΑ ΣΠΕΙΡΩΕΙΔΗ ΕΛΑΤΗΡΙΑ

Τα σπειροειδή ελατήρια είναι ελαστικές συσκευές που αποθηκεύουν και απελευθερώνουν μηχανική ενέργεια και κατασκευάζονται χρησιμοποιώντας μια ποικιλία υλικών με το χάλυβα να είναι το πιο κοινό. Η παραγωγή σπειροειδών ελατηρίων περιλαμβάνει τη χρήση ενός απλού μηχανισμού περιέλιξης, όπως μαντρέλι ή κύλινδρο, ανεξάρτητα από το σχήμα, το μέγεθος ή την τελική χρήση των ελατηρίων.

Είτε πρόκειται για ψυχρό είτε θερμό τρόπο παραγωγής με σπειροειδή ελατήριο, όλα ξεκινούν σαν σύρματα μη σταθερής διαμέτρου μέχρι να πάρουν την τελική τους μορφή. Ο τύπος της διαδικασίας που χρησιμοποιείται για την κατασκευή σπειροειδών ελατηρίων εξαρτάται από το εάν η παραγωγή είναι μικρής ή μεγάλης τάξεως με μικρές διαδρομές να ολοκληρώνονται σε τόρνο, ενώ πολλές δοκιμές γίνονται σε αυτοματοποιημένες μηχανές CNC ([iQDirectory, n.d.](#)).

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή σπειροειδών ελατηρίων περιλαμβάνουν διαφορετικές μορφές και κράματα χάλυβα. Οι πιο συνηθισμένοι τύποι μετάλλων περιλαμβάνουν χάλυβα υψηλής και μέσης περιεκτικότητας σε άνθρακα, χάλυβας χρωμίου βαναδίου, χάλυβα χρωμίου πυρριτίου, διάφορες ποιότητες ανοξείδωτου χάλυβα, χαλκού και νικελίου. Η επιλογή του μετάλλου εξαρτάται από την εφαρμογή όπου θα χρησιμοποιηθεί το σπειροειδές ελατήριο. Σε όλες τις περιπτώσεις, το μέταλλο έχει τη μορφή σύρματος ([iQDirectory, n.d.](#)) ([MotorTrend, n.d.](#)).

ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΨΥΧΡΗΣ ΠΕΡΙΕΛΙΞΗΣ

Θερμική επεξεργασία – Η ψυχρή περιέλιξη ξεκινά με θερμική επεξεργασία του σύρματος. Η διαδικασία της ψυχρής περιέλιξης μπορεί να λειτουργήσει μόνο με σύρματα που έχουν διάμετρο 0,75 ίντσες ή 18 mm ή μικρότερη.

Μανδρέλι - Ο άξονας είναι μία από τις δύο μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή σπειροειδών ελατηρίων. Η διαδικασία μπορεί να ολοκληρωθεί χρησιμοποιώντας τόρνο, μηχανή περιέλιξης ή μηχανήμα χειροκίνητου στρόφαλου. Ένας μηχανισμός οδήγησης χρησιμοποιείται για την ευθυγράμμιση του σύρματος στο απαιτούμενο βήμα, την απόσταση μεταξύ των συρμάτων, καθώς τυλίγεται.

Computer Numerical Control (CNC) – Οι μηχανές με αριθμητικό έλεγχο (CNC) είναι πιο περίπλοκες από τον παραδοσιακό σχεδιασμό του μανδρελιού και περιλαμβάνουν ένα σύνολο εξαρτημάτων που τροφοδοτούν, τυλίγουν και διαμορφώνουν αποτελεσματικά τα σπειρώματα ([iQDirectory, n.d.](#)) ([MotorTrend, n.d.](#)).

- Οι κύλινδροι τροφοδοσίας τραβούν το σύρμα από τον κύλινδρο και το τροφοδοτούν στους συρμάτινους οδηγούς.
- Οι οδηγοί σύρματος είναι επίπεδοι με διαφορετικά μεγέθη αυλακώσεων για να ταιριάζουν με τους κυλίνδρους τροφοδοσίας, δεν ταιριάζουν ακριβώς με το μέγεθος του σύρματος αλλά βρίσκονται εντός του εύρους του.
- Ο οδηγός μπλοκ διασφαλίζει ότι το καλώδιο συνεχίζει μέχρι το σημείο περιέλιξης. Η αυλάκωση του οδηγού μπλοκ έχει ακριβώς την ίδια διάμετρο με το σύρμα.
- Το μανδρέλι είναι το τμήμα της μηχανής που τυλίγει το σύρμα όπως κάνει ένας άξονας και έχει τρία σημεία επαφής.
- Το εργαλείο βήματος είναι προγραμματισμένο να τοποθετεί το σύρμα στο κατάλληλο βήμα ώστε να ανταποκρίνεται στο σχέδιο. Γλιστράει πάνω και κάτω στο μανδρέλι, κινείται κατά μήκος της κεκλιμένης επιφάνειας.
- Το σημείο περιέλιξης ωθεί το σύρμα στο τυλιγμένο σχήμα του εκτρέποντας την τροχιά του. Το σημείο εκτροπής προγραμματίζεται στη μηχανή CNC και καθορίζει τη γωνία εκτροπής.
- Ο κόφτης κόβει το σύρμα όταν φτάσει στο επιθυμητό μήκος. Μπορεί να τοποθετηθεί πάνω ή κάτω από την κλιματαριά ανάλογα με το σχεδιασμό της μηχανής CNC.

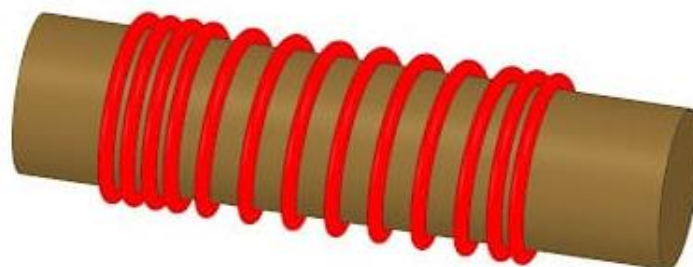
Η όλη διαδικασία πραγματοποιείται σε μηχανή η οποία φαίνεται στην Εικόνα 31.



Εικόνα 31: Μηχάνημα ψυχρής περιέλιξης για κατασκευή ελατηρίου.

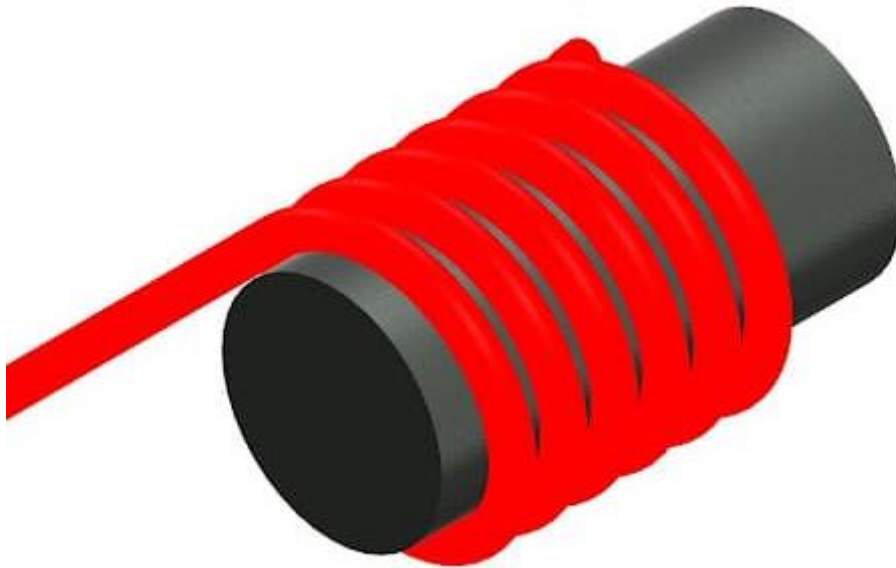
ΔΙΑΣΙΚΑΣΙΑ ΘΕΡΜΗΣ ΠΕΡΙΕΛΙΞΗΣ

Σύρμα – Το σύρμα για την θερμή περιέλιξη σπειρώματος μπορεί να είναι παχύτερο, με πάχη που ποικίλλουν μεταξύ 3” ή 75 mm έως 6 ίντσες ή 150 mm. Τα σύρματα για θερμή περιέλιξη θερμαίνονται στους 1700o F, για αυτό οι κατασκευαστές μπορούν να εργαστούν με σύρμα μεγαλύτερης διαμέτρου ([iQDirectory, n.d.](#)) (Εικόνα 32).



Εικόνα 32: Απεικόνιση διαδικασίας θερμής περιέλιξης.

Μανδρέλι - Το θερμαινόμενο μέταλλο τυλίγεται γύρω από έναν άξονα με την ίδια διαδικασία όπως το κρύο τύλιγμα αλλά με μεγαλύτερη προσοχή (Εικόνα 33). Ένα μηχάνημα CNC ελέγχει την περιστροφή του άξονα και την απόσταση του βήματος ([iQDirectory, n.d.](#)).



Εικόνα 33: Απεικόνιση τρόπου κατασκευής ελατηρίου με την μέθοδο μανδρέλι.

Ψύξη – Το αμέσως επόμενο βήμα για την περιέλιξη ζεστού πηνίου είναι η ψύξη του τυλιγμένου σπειρώματος όσο το δυνατόν γρηγορότερα, μια διαδικασία γνωστή ως rapid cooling (ταχεία ψύξη) . Πολλές διαφορετικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται για την ψύξη εξαρτημάτων από χάλυβα με το λάδι να είναι ένα από τα πιο δημοφιλή. Ο σκοπός της ψύξης είναι η σκλήρυνση του χάλυβα του ελατηρίου και η ελαχιστοποίηση του σχηματισμού θερμικών και μετασχηματιστικών τάσεων που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε ρωγμές.

Η γρήγορη ψύξη αλλάζει την κρυσταλλική δομή ενός μεταλλικού τμήματος και κάνει το μέταλλο πιο σκληρό. Όταν αρχίζει η ψύξη, σχηματίζεται ένα σύννεφο ατμού (σαν κάλυμα παγωμένου αέρα γύρω από το ελατήριο) γύρω από το τμήμα ως το πρώτο στάδιο της διαδικασίας. Το σύννεφο ατμού αφαιρείται με θέρμανση, μετά την οποία το στάδιο μεταφοράς αφαιρεί περαιτέρω τη θερμότητα για να κρυώσει το τμήμα.

Η δημοτικότητα του λαδιού ψύξης ή σβέσης οφείλεται στο πόσο γρήγορα σβήνει ένα μέρος σε σύγκριση με άλλες μεθόδους. Πρέπει να δοθεί μεγάλη προσοχή κατά τη διαδικασία σβέσης, η οποία παρακολουθείται πολύ στενά για να διασφαλιστεί ότι το παραγόμενο σπειροειδές ελατήριο λειτουργεί σύμφωνα με τις προσδοκίες ([iQDirectory, n.d.](#)).

ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Ανεξάρτητα από το αν το ελατήριο παράγεται με θερμό ή ψυχρό τρόπο, πρέπει να υποβληθεί σε θερμική επεξεργασία για να ανακουφιστεί από την πίεση και να το βοηθήσει να διατηρήσει την κανονική του ελαστικότητα. Η διαδικασία περιέλιξης παράγει πίεση στο υλικό για να αποτρέψει παραμορφώσεις όπως ρωγμές. Η διαδικασία θερμικής επεξεργασίας περιλαμβάνει την τοποθέτηση του σπειροειδούς ελατηρίου σε ένα φούρνο σε μια καθορισμένη θερμοκρασία για ένα καθορισμένο χρονικό

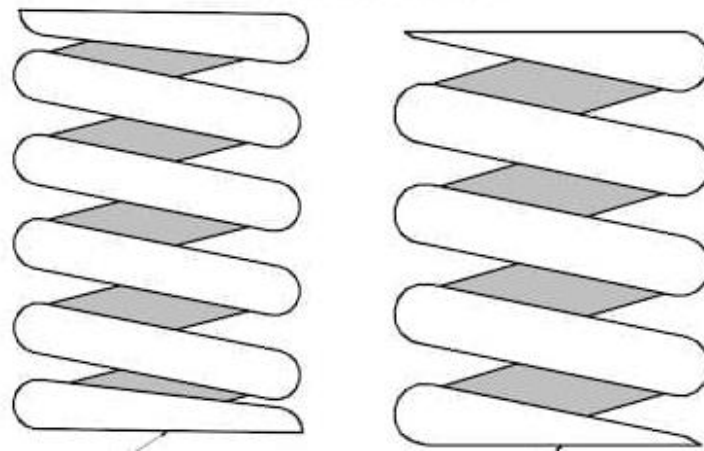
διάστημα για να ανακουφιστεί η πίεση. Αφού ζεσταθεί, αφήνεται να κρυώσει μόνο του με φυσικό τρόπο.

Οι θερμοκρασίες στις οποίες το ελατήριο παύει να είναι ευάλωτο από τις κινήσεις που έγιναν για να πραγματοποιηθεί η περιέλιξη, είναι μεταξύ 350ο F έως 500ο F. Η θερμοκρασία της διαδικασίας ποικίλλει ανάλογα με το υλικό. Η ψύξη μπορεί να διαρκέσει για μία ή δύο ώρες για να αποφευχθεί η τάση που σχετίζεται με τις διαφορές θερμοκρασίας στο υλικό ([iQDirectory, n.d.](#)).

ΤΟ ΦΙΝΙΡΙΣΜΑ ΤΟΥ ΣΠΕΙΡΩΕΙΔΟΥΣ ΕΛΑΤΗΡΙΟΥ

Το φινίρισμα ενός σπειροειδούς ελατηρίου εξαρτάται από τον σχεδιασμό του, ο οποίος μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με το πώς πρέπει να διαμορφωθεί, να επικαλυφθεί, να έχει σταθεροποιηθεί το βήμα του και πώς να ενισχυθεί (Εικόνα 34).

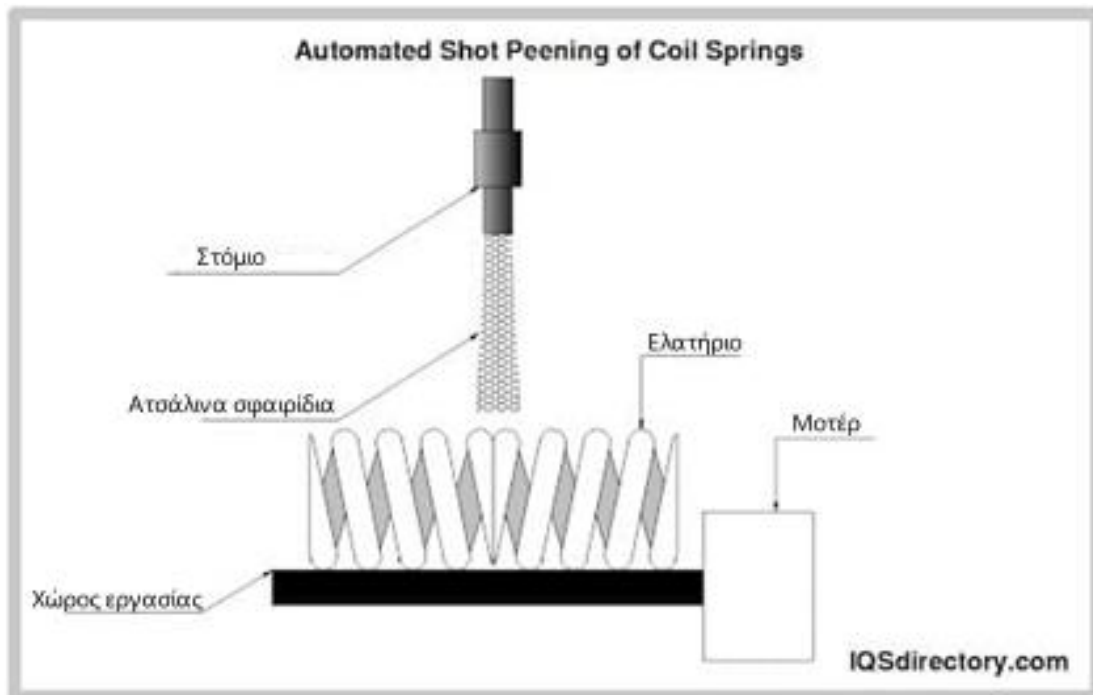
Σε πολλές περιπτώσεις, η λείανση ενός ελατηρίου είναι απαραίτητη για να μπορεί να χωρέσει σε μια εφαρμογή ή να μπορεί να κάθεται επίπεδη. Η διαδικασία καθιστά δυνατό το ελατήριο να στέκεται όρθιο ([iQDirectory, n.d.](#)) ([MotorTrend, n.d.](#)).



Εικόνα 34: Διαφορετικά είδη αφής ελατηρίων. Στα αριστερά ελατήριο κλειστού τύπου στα άκρα και δεξιά ελατήριο με ανοιχτά σπειρώματα στα άκρα

Shot Peening – Στην τεχνική αυτή με απλά λόγια εκτοξεύει υπό πίεση πάνω στο προϊόν μικρά σφαιρίδια από μέταλλο, γυαλί και κεραμικό. Αυτό προκαλεί αλλαγές στις μηχανικές ιδιότητες της επιφάνειας. Η κύρια εφαρμογή έχει να κάνει με την αποφυγή δημιουργίας αλλά και επισκευή μικρορωγμών.

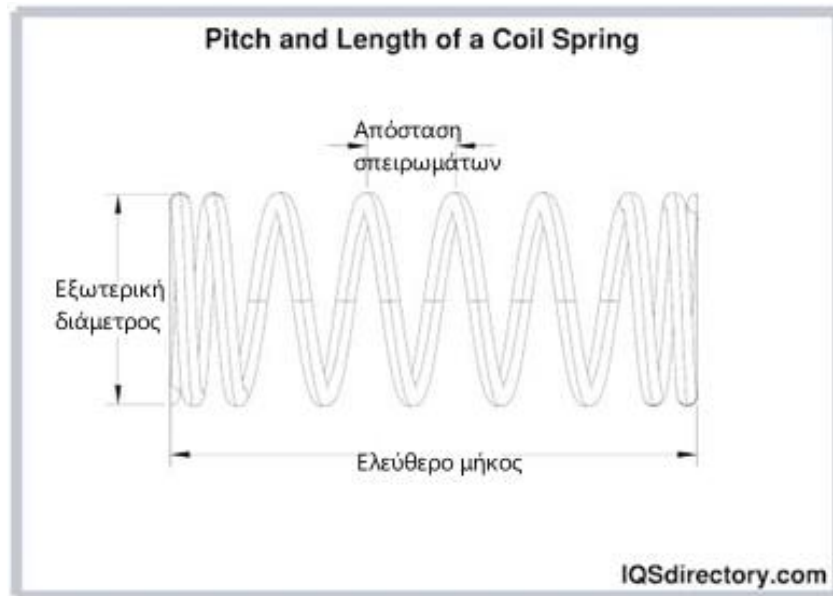
Ανάλογα με τη γεωμετρία του εξαρτήματος, το υλικό του εξαρτήματος, το υλικό που ρίπτεται στο εξάρτημα, την ποιότητα βολής των σωματιδίων (πόσο καλά γίνεται η ρίψη των σωματιδίων στο εξάρτημα), την ένταση της ρίψης των σωματιδίων και το πόσο καλύπτεται το εξάρτημα από τα σωματίδια στο τέλος, η διεργασία αυτή μπορεί να αυξήσει την ένταση την οποία μπορεί να αντέξει το εξάρτημα έως και 1000% ([iQDirectory, n.d.](#)).



Εικόνα 35: Τρόπος κοπής ελάσματος για την κατασκευή σπειρωειδούς ελατηρίου.

Ρύθμιση βήματος και μήκους – Για να ρυθμιστεί το βήμα και το μήκος ενός ελατηρίου, συμπιέζεται μέχρι να αγγίξουν οι σπείρες μεταξύ τους. Αυτό μπορεί να επαναληφθεί μέχρι να επιτευχθούν οι απαιτούμενες διαστάσεις. Αρχικά, το βήμα μπορεί να εκτιμηθεί μετρώντας την απόσταση μεταξύ των σπειρωμάτων του ελατηρίου. Είναι μια εύκολη μέθοδος αλλά όχι η πιο ακριβής. Η καλύτερη μέθοδος για να αποκτήσετε το αληθινό βήμα είναι να χρησιμοποιήσετε μια φόρμουλα ελατηρίου, η οποία είναι διαθέσιμη σε προγράμματα υπολογιστών.

Το μήκος και το βήμα φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα. Υπάρχουν διαφορετικές απόψεις σχετικά με το βήμα των σπειρωειδών ελατηρίων. Πολλοί ειδικοί πιστεύουν ότι ο καθορισμός του αριθμού των ενεργών σπειρωμάτων είναι καλύτερο μέτρο από το βήμα ([iQDirectory, n.d.](#)).



Εικόνα 36: Απεικόνιση ρύθμισης βήματος και μήκους ελατηρίου.

Εφαρμογή επιστρώσεων – Οι επιστρώσεις εφαρμόζονται ως μια μορφή προστασίας από τη διάβρωση, καθώς τα περισσότερα από τα μέταλλα που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ελατηρίων είναι ευάλωτα στις επιπτώσεις των φυσικών στοιχείων και προκαλείται σκουριά και άλλα προβλήματα. Ολόκληρη η επιφάνεια του ελατηρίου προστατεύεται με διάφορες μεθόδους, συμπεριλαμβανομένης της βαφής με ψεκασμό, της εμβάπτισης σε καουτσούκ ή της ηλεκτρολυτικής επιμετάλλωσης με ψευδάργυρο ή χρώμιο ([iQDirectory, n.d.](#)) ([MotorTrend, n.d.](#)) ([MagnumTechnologies, n.d.](#)).

- Οι επικαλύψεις ψευδαργύρου παρέχουν εξαιρετική αντοχή στη διάβρωση χωρίς τον κίνδυνο ευθραυστότητας του υδρογόνου. Ο ψευδάργυρος εφαρμόζεται σε διάλυμα ρητίνης που ψεκάζεται, βυθίζεται ή περιστρέφεται στην επιφάνεια του σπειροειδούς ελατηρίου.
- Η ηλεκτρολυτική επίστρωση είναι μια από τις πιο κοινές μορφές για την εφαρμογή μιας επίστρωσης αφού είναι χαμηλού κόστους και πολύ αποτελεσματική. Τα υλικά που μπορούν να εφαρμοστούν με ηλεκτρολυτική επιμετάλλωση περιλαμβάνουν ψευδάργυρο, χρώμιο, κασίτερο και νικέλιο, ενώ ο κασίτερος και το νικέλιο χρησιμοποιούνται όπου η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι σημαντική.
- Οι επικαλύψεις πούδρας διατίθενται σε μια ποικιλία χρωμάτων για αντοχή στη διάβρωση και χρησιμοποιούνται συνήθως σε μεγάλα ελατήρια, καθώς το πάχος των μικρότερων ελατηρίων μπορεί να είναι πολύ μεγάλο.
- Το προεπιμεταλλωμένο σύρμα χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη για την κατασκευή σπειροειδών ελατηρίων. Το γαλβανισμένο σύρμα είναι η πιο κοινή μορφή προεπιμεταλλωμένου σύρματος επειδή έχει υψηλή αντοχή στη διάβρωση. Το προεπιμεταλλωμένο σύρμα εγγυάται ότι η πλήρης επιφάνεια του ελατηρίου έχει υποστεί πλήρη επεξεργασία.
- Η πλαστική επίστρωση είναι ένα εύκαμπτο υλικό επικαλυμμένο σε ελατήρια για αυξημένη αντιδιαβρωτική προστασία. Η ατυχής πτυχή της πλαστικής επίστρωσης είναι ότι μπορεί να καταστραφεί από συνεχή συμπίεση και άλλους παράγοντες.

ΤΥΠΟΙ ΑΚΡΩΝ ΣΠΕΙΡΩΕΙΔΩΝ ΕΛΑΤΗΡΙΩΝ

Υπάρχουν τέσσερις κοινές μορφές άκρων σπειροειδούς ελατηρίου: κλειστό, ανοιχτό, τετράγωνο και κοτσιδάκι (Εικόνα 37, 38).

ΚΛΕΙΣΤΗ ΕΚΔΟΣΗ

Η κλειστή έκδοση των σπειροειδών ελατηρίων είναι η πιο κοινή μορφή. Στα σπειροειδή ελατήρια κλειστού άκρου, το βήμα του άκρου του ελατηρίου είναι επίπεδο με την άκρη του σε επαφή με το παρακείμενο πηνίο. Ο σχεδιασμός κλειστού άκρου παρέχει ένα σταθερό σπειροειδές ελατήριο που μπορεί να σταθεί επίπεδο από μόνο του.

ΤΕΤΡΑΓΩΝΑ

Τα τετράγωνα σπειροειδή ελατήρια είναι ένας τύπος σπειροειδούς ελατηρίου κλειστού άκρου όπου το άκρο του ελατηρίου έχει τριφθεί από ειδικό εργαλείο εκγλύφανσης (φρέζα). Έχουν μεγαλύτερη παραμόρφωση από τα σπειροειδή ελατήρια ανοιχτού άκρου.

ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΑΚΡΟΥ

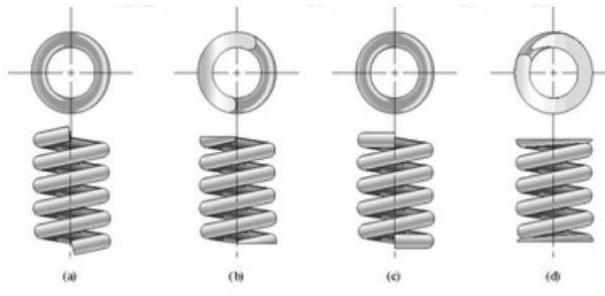
Μερικές φορές αναφέρονται ως εφαιπτομενικά σπειροειδή ελατήρια. Τα σπειροειδή ελατήρια ανοιχτού άκρου χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές όπου το ελατήριο θα καθίσει σε μία βάση, κάτι που είναι συνηθισμένο σε εφαρμογές αυτοκινήτων. Για να χρησιμοποιηθεί ένα σπειροειδές ελατήριο ανοιχτού άκρου, πρέπει να έχει μία βάση πάνω στο οποίο να μπορεί να σταθεί.

ΚΟΤΣΙΔΑΚΙ

Σε ένα ελατήριο «κοτσιδάκι», το τελευταίο πηνίο του ελατηρίου έχει μικρότερη διάμετρο από τα υπόλοιπα πηνία. Η μικρότερη διάμετρος του άκρου της πλεξίδας ενός σπειροειδούς ελατηρίου καθιστά δυνατή τη στερέωσή του σε έναν μηχανισμό χρησιμοποιώντας μια βίδα ή ένα μπουλόνι.



Εικόνα 37: Διαφορετικά είδη δομής ελατηρίου. Αριστερά είναι η κλειστή έκδοση, στη μέση το τετράγωνο και δεξιά το κοτσιδάκι.



Εικόνα 38: Απεικόνιση διαφορετικών άκρων ελατηρίων. Απο αριστερά: ανοιχτού τύπου, ανοιχτού τύπου και ακγλύφανσης, τετράγωνο και τέλος τετράγωνο με εκγλύφανση.

ΥΛΙΚΑ

Το πρώτο βήμα στην κατασκευή σπειροειδών ελατηρίων είναι η επιλογή του κατάλληλου μετάλλου από το οποίο θα κατασκευαστούν τα ελατήρια. Κρίσιμη για τη διαδικασία επιλογής είναι η αντοχή σε εφελκυσμό του μετάλλου έτσι ώστε να συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις της εφαρμογής. Η πλειοψηφία των ελατηρίων είναι κατασκευασμένα από κράματα χάλυβα λόγω της αφθονίας και του κόστους τους. Τα κράματα χαλκού και νικελίου χρησιμοποιούνται επίσης για συγκεκριμένες εφαρμογές.

Ο τύπος μετάλλου που επιλέγεται για την παραγωγή ενός μεταλλικού ελατηρίου πρέπει να μπορεί να συγκρατεί και να απελευθερώνει την απαραίτητη μηχανική ενέργεια για μεγάλο χρονικό διάστημα χωρίς αστοχία. Οι κύριες ιδιότητες των ποιοτικών σπειροειδών ελατηρίων είναι η ικανότητά τους να παρέχουν δύναμη μεταξύ των επιφανειών που έρχονται σε επαφή και να μπορούν να απορροφούν τους κραδασμούς και την καταπόνηση ([iQDirectory, n.d.](#)).

ΧΑΛΥΒΑΣ ΥΨΗΛΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΑΝΘΡΑΚΑ (HIGH CARBON STEEL)

Ο χάλυβας υψηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα είναι ο πιο δημοφιλής τύπος χάλυβα για την κατασκευή σπειροειδών ελατηρίων. Είναι ισχυρό, ανθεκτικό και οικονομικό και διατίθεται σε κράματα 1045 και 1095. Ο χάλυβας υψηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα έχει περιεκτικότητα 1% σε άνθρακα και μαγγάνιο 0,9% και μια πολύ λεπτή δομή στρώματος περλίτη που κάνει τον χάλυβα πολύ σκληρό, εύθραυστο και λιγότερο όλκιμο.

Το σύρμα μουσικής, γνωστό και ως σύρμα πιάνου θεωρείται το πιο σκληρό από τα καλώδια σπειροειδούς ελατηρίου. Είναι ένας χάλυβας ελατηρίου υψηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα που είναι ομοιόμορφος, έχει υψηλή αντοχή σε εφελκυσμό και έχει την ικανότητα να αντέχει την καταπόνηση που προκαλείται από πολλαπλές φορτίσεις. Το σύρμα μουσικής έχει εξαιρετική αντοχή στη θερμοκρασία και χρησιμοποιείται συχνά σε χυτήρια και πυρίμαχα με εξαιρετικά υψηλές εσωτερικές θερμοκρασίες ([iQDirectory, n.d.](#)).

ΧΑΛΥΒΑΣ ΜΕ ΧΡΩΜΙΟ ΚΑΙ ΒΑΝΑΔΙΟ (CHROMIUM VANADIUM STEEL)

Έχει εξαιρετική αντοχή με ευελιξία. Όταν χρησιμοποιείται για την παραγωγή σπειροειδών ελατηρίων, έχει μέτρια περιεκτικότητα σε άνθρακα που του δίνει σκληρότητα και αντοχή στη φθορά. Η προσθήκη βαναδίου στο ατσάλι διευκολύνει τη διαμόρφωση χωρίς το φόβο θραύσης. Κατά την επεξεργασία του χάλυβα χρωμίου βαναδίου, υποβάλλεται σε θερμική επεξεργασία για να αυξήσει την αντοχή του στη

φθορά και την κόπωση. Έχει σχεδιαστεί για χρήση σε περιβάλλοντα υψηλής καταπόνησης όπου υπάρχουν μέτρια υψηλές θερμοκρασίες ([iQDirectory, n.d.](#)).

ΧΑΛΥΒΑΣ ΜΕ ΧΡΩΜΙΟ ΚΑΙ ΠΥΡΙΤΙΟ (CHROMIUM SILICON STEEL)

Ο χάλυβας πυριτίου χρωμίου είναι γνωστός για την υψηλή σκληρότητά του και την ικανότητά του να αντέχει σε υψηλή καταπόνηση. Η σκληρότητα και η αντοχή του στη θερμότητα το καθιστούν ιδανικό για χρήση σε θερμοκρασίες που υπερβαίνουν τους 135° C. Ο χάλυβας πυριτίου χρωμίου αναπτύχθηκε ως σπειροειδή ελατήρια στην πολεμική βιομηχανία ([iQDirectory, n.d.](#)) ([MagnumTechnologies, n.d.](#)) ([MotorTrend, n.d.](#)).

ΑΝΟΞΕΙΔΩΤΟ ΑΤΣΑΛΙ (STAINLESS STEEL)

Όταν μιλάμε για ανοξείδωτο χάλυβα, είναι σημαντικό να προσδιορίζουμε την ποιότητα του ανοξείδωτου χάλυβα, καθώς κάθε κατηγορία έχει ιδιότητες και χαρακτηριστικά σχεδιασμένα να καλύπτουν τις ανάγκες επιλεγμένων εφαρμογών.

Το κράμα 302 είναι το πιο κοινό σύρμα από ανοξείδωτο χάλυβα που χρησιμοποιείται για την κατασκευή σπειροειδών ελατηρίων. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμο εάν το σπειροειδές ελατήριο πρόκειται να εκτεθεί σε υγρασία ή σε διαβρωτικό περιβάλλον. Ο ανοξείδωτος χάλυβας 302 μπορεί να αντισταθεί στις επιπτώσεις των υψηλών θερμοκρασιών έως και 550° F ή 228° C. Είναι ο πιο μαλακός και εύκαμπτος από τους διάφορους ανοξείδωτους χάλυβες με υψηλή αντοχή σε εφελκυσμό.

Ο ανοξείδωτος χάλυβας 316 είναι ένας από τους πιο καθαρούς ανοξείδωτους χάλυβες και έχει όλες τις άλλες ιδιότητες αντοχής στην υγρασία και μπορεί να αντισταθεί στις επιπτώσεις των υψηλών θερμοκρασιών. Αν και έχει θετικές ιδιότητες, είναι ο πιο αδύναμος από τους τρεις τύπους σύρματος που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή σπειροειδών ελατηρίων.

Ο ανοξείδωτος χάλυβας 17-7 είναι ανθεκτικός στις επιπτώσεις της υγρασίας και της διάβρωσης, αλλά είναι ισχυρότερος και σκληρότερος από το 302 και το 316. Η σκληρότητα του ανοξείδωτου χάλυβα 17-7 καθιστά δυνατή την παραγωγή σπειροειδών ελατηρίων με μεγαλύτερη δύναμη και ακαμψία. Ο ανοξείδωτος χάλυβας 17-7 μπορεί να αντισταθεί στις επιπτώσεις θερμοκρασιών έως 650° F ή 343° C ([iQDirectory, n.d.](#)) ([MotorTrend, n.d.](#)) ([MagnumTechnologies, n.d.](#)).

ΧΑΛΥΒΑΣ ΜΕ ΜΑΓΓΑΝΙΟ ΚΑΙ ΠΥΡΙΤΙΟ (SILICON MANGANESE STEEL)

Το πυρίτιο στον χάλυβα πυριτίου μαγγανίου αυξάνει τη σκληρότητα του χάλυβα, ελέγχει την αποσύνθεσή του κατά τη σκλήρυνση και ενισχύει τον φερρίτη που υπάρχει μέσα στην σύνθεση. Το μαγγάνιο προσθέτει επίσης στη σκληρότητα του χάλυβα και μειώνει την απανθράκωση του. Τα σπειροειδή ελατήρια που κατασκευάζονται από χάλυβα πυριτίου μαγγανίου διαμορφώνονται εν θερμώ στους 900° C για να παράγουν ένα σπειροειδές ελατήριο με σκληρότητα 225 BHN. Τα σπειροειδή ελατήρια πυριτίου μαγγανίου χρησιμοποιούνται για ράβδους στρέψης, σιδηροδρομικά βαγόνια, φυλλοειδή ελατήρια για αυτοκίνητα και σταθεροποιητές ([iQDirectory, n.d.](#)) ([MotorTrend, n.d.](#)).

ΚΡΑΜΑΤΑ ΕΛΑΤΗΡΙΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΧΑΛΚΟ (COPPER BASED SPRING ALLOYS)

Η δημοφιλής χρήση κραμάτων ελατηρίων με βάση τον χαλκό οφείλεται στις ηλεκτρικές τους ιδιότητες και την υψηλή αντοχή στη διάβρωση. Οι πρόσθετες και ελκυστικές ιδιότητες των κραμάτων με βάση τον χαλκό τα καθιστούν πιο ακριβά. Χρησιμοποιούνται συχνά σε ηλεκτρικά εξαρτήματα και σε θερμοκρασίες κάτω από το μηδέν ([iQDirectory, n.d.](#)) ([MagnumTechnologies, n.d.](#)).

BERYLLIUM COPPER

Το χαλκοβηρύλλιο έχει ηλεκτρική αγωγιμότητα, αντοχή στη διάβρωση και υψηλή μηχανική αντοχή με υψηλότερη αντοχή εφελκυσμού σε σύγκριση με άλλα κράματα χαλκού και καλή αντοχή σε κόπωση. Είναι σε θέση να διατηρήσει την ολκιμότητα του ακόμη και όταν τοποθετείται σε κρουστικές συνθήκες. Οι μη μαγνητικές ιδιότητες του χαλκού βηρυλλίου τον καθιστούν ιδανική επιλογή για χρήση στον ιατρικό τομέα σε μηχανήματα μαγνητικής τομογραφίας και εξοπλισμό κατευθυντικής διάτρησης για βιομηχανική χρήση ([iQDirectory, n.d.](#)).

PHOSPHOR BRONZE

Το συγκεκριμένο υλικό περιέχει χαλκό, κασίτερο και φώσφορο και έχει μεγαλύτερη αντοχή στη διάβρωση και αντοχή από άλλα κράματα χαλκού λόγω της προσθήκης κασίτερου. Η περιεκτικότητα σε φώσφορο αυξάνει την αντίσταση στη φθορά και την ακαμψία των σπειροειδών ελατηρίων που παράγονται από αυτό. Τα σπειροειδή ελατήρια από αυτό το υλικό έχουν εξαιρετική αντοχή, καλή αντοχή στην κόπωση και καλή μηχανική ικανότητα. Χρησιμοποιούνται για αντλίες καυσίμων πλοίων, εξέδρες πετρελαίου και βαλβίδες αγωγών πετρελαίου ([iQDirectory, n.d.](#)).

ΚΡΑΜΑΤΑ ΕΛΑΤΗΡΙΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΝΙΚΕΛΙΟ (NICKEL BASED SPRING ALLOYS)

Η χρήση κραμάτων με βάση το νικέλιο για την παραγωγή σπειροειδών ελατηρίων οφείλεται στην υψηλή αντοχή του νικελίου στη διάβρωση και στην ικανότητά του να αντέχει σε εξαιρετικά υψηλές θερμοκρασίες και θερμοκρασίες πολύ κάτω από το μηδέν. Δεδομένου ότι τα κράματα με βάση το νικέλιο είναι μη μαγνητικά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε γυροσκόπια, χρονοσκόπια και όργανα δεικτών. Είναι πολύ ανθεκτικά στις επιδράσεις των ηλεκτρικών ρευμάτων και είναι πολύ κακοί αγωγοί του ηλεκτρισμού. Τα κράματα ελατηρίων με βάση το νικέλιο έχουν σκληρότητα Rockwell από C35 έως C48.

Το Inconel X750 είναι ένα σκληρυμένο κράμα νικελίου χρωμίου με υψηλή αντοχή σε θερμοκρασίες έως 1300° F ή 740° C και αντοχή στην οξείδωση έως 1800° F ή 982° C.

Το Inconel 600 είναι ένα κράμα σιδήρου νικελίου χρωμίου με αντοχή στη διάβρωση και την οξείδωση, εξαιρετική αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες και αντοχή σε ρωγμές λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε νικέλιο. Επιπλέον, είναι ανθεκτικό στις ανόργανες και οργανικές χημικές ουσίες και αποδίδει καλά σε θερμοκρασίες κάτω των -300° F. Το Inconel 600 σε ελατήριο μετριάζεται σε εφαρμογές που απαιτούν αντοχή εφελκυσμού 220 KSI (kilopound per square inch). Τα σπειροειδή ελατήρια που παράγονται με χρήση Inconel 600 είναι ψυχρά κατεργασμένα.

Το Inconel 625 περιέχει νικέλιο, χρώμιο, μολυβδαίνιο και νιόβιο, τα οποία του παρέχουν εξαιρετική αντοχή στη διάβρωση και την οξείδωση και υψηλή αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες. Η υψηλή αντοχή του Inconel 625 οφείλεται στην περιεκτικότητά του σε μολυβδαίνιο και νιόβιο. Επιπλέον, όπως και με το Inconel 600, το Inconel 625 είναι ανθεκτικό σε ρωγμές από διάβρωση. Αυτή η ιδιότητα το καθιστά κατάλληλο για χρήση σε εφαρμογές ωκεανού και θαλασσινού νερού.

Το Inconel 718 είναι σκληρυμένο νικέλιο, χρώμιο, νιόβιο και μολυβδαίνιο με εξαιρετικές ιδιότητες αντοχής στη διάβρωση. Είναι ένα κράμα υψηλής αντοχής για χρήση σε εφαρμογές με ακραίες υψηλές και χαμηλές θερμοκρασίες. Το Inconel 718 είναι ιδανικό για την κατασκευή ελατηρίων λόγω της εξαιρετικής αντοχής του σε κόπωση, ερπυσμό και θραύση. Τα πολλά θετικά χαρακτηριστικά του Inconel 718 το καθιστούν το τέλειο υλικό για σπειροειδή ελατήρια που χρησιμοποιούνται σε μια μεγάλη ποικιλία βιομηχανικών συστημάτων.

Τα μέταλλα που αναφέρονται παραπάνω είναι μερικοί από τους τύπους μετάλλων και υλικών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή σπειροειδών ελατηρίων. Καθημερινά, ερευνητές και μηχανικοί βρίσκουν άλλα μέταλλα, όπως το αλουμίνιο, που θα χρησιμοποιηθούν ως υλικά σπειροειδών ελατηρίων ([iQDirectory, n.d.](#)) ([MotorTrend, n.d.](#)).

ΤΥΠΟΙ ΣΠΕΙΡΟΕΙΔΩΝ ΕΛΑΤΗΡΙΩΝ

Τα ελατήρια μπορεί να είναι σπειροειδή και μη, κάτι που καθορίζεται από το σχεδιασμό τους. Τα σπειροειδή ελατήρια έχουν σπειροειδή όψη και είναι κατασκευασμένα από ένα μόνο σκέλος μετάλλου που ακολουθεί μια ελικοειδή διαδρομή για να δημιουργήσει το πηνίο. Η πιο κοινή μέθοδος που χρησιμοποιείται για την κατασκευή σπειροειδών ελατηρίων είναι το τύλιγμα σύρματος ποικίλης διαμέτρου γύρω από έναν άξονα, μια μανδρέλι ή έναν κυλινδρικό σωλήνα.

Κάθε τύπος σπειροειδούς ελατηρίου έχει χαρακτηριστικά που το διακρίνουν από τους άλλους τύπους. Ο γενικός κανόνας για τα σπειροειδή ελατήρια είναι ότι είναι σχεδιασμένα να αντέχουν κάποια μορφή καταπόνησης, η οποία μπορεί να είναι συμπίεση ή επέκταση ([iQDirectory, n.d.](#)) ([MonroeHeavyDuty, n.d.](#)).

ΣΠΕΙΡΩΕΙΔΗ ΕΛΑΤΗΡΙΟ VOLUTE

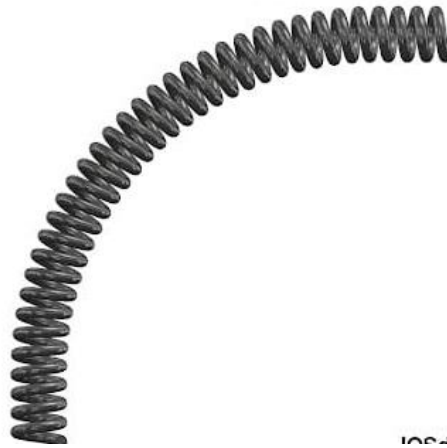
Είναι σπειροειδές ελατήριο ([Εικόνα 39](#)) που έχει σχήμα κώνου και χρησιμοποιείται σε εφαρμογές που περιλαμβάνουν μεγάλα φορτία. Μπορούν να αντέξουν μεγαλύτερη πίεση λόγω της διαμόρφωσης τους. Τα άκρα των σπειροειδών ελατηρίων, όταν εκτίθενται σε φορτίο, σκληραίνουν στις άκρες τους. Καθώς η πίεση του φορτίου αυξάνεται, τα σπειρώματα μετακινούνται το ένα δίπλα στο άλλο, γεγονός που επιτρέπει στο ελατήριο να συμπιεστεί σε ένα πολύ μικρό συμπαγές μήκος που δεν είναι δυνατό με τα ελικοειδή ελατήρια ([iQDirectory, n.d.](#)) ([MotorTrend, n.d.](#)).



Εικόνα 39: Απεικόνιση ελατηρίου Volute.

ΣΠΕΙΡΟΕΙΔΗ ΕΛΑΤΗΡΙΟ ΤΟΞΟΥ

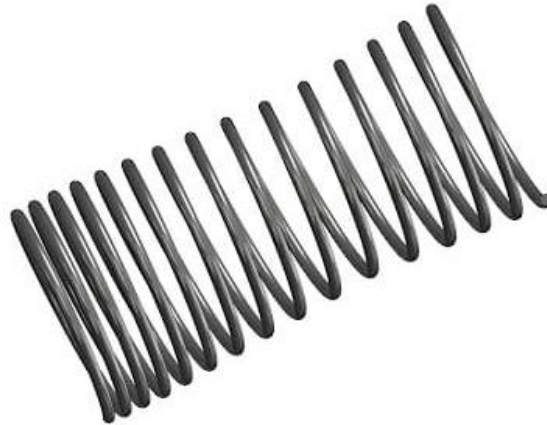
Τα σπειροειδή ελατήρια τόξου, έχουν τοξωτό σχήμα ([Εικόνα 40](#)) που δεν εκτείνεται ευθεία από άκρη σε άκρη αλλά έχει καμπύλη στη μέση σε σχήμα τόξου. Αρχικά σχεδιάστηκαν για χρήση σε σφόνδylους διπλής μάζας για συρμούς κίνησης. Εφαρμόζεται δύναμη σε κάθε άκρο του ελατηρίου για να τραβήξει αντικείμενα μεταξύ τους ([iQDirectory, n.d.](#)) ([MagnumTechnologies, n.d.](#)).



Εικόνα 40: Απεικόνιση τοξοτού ελατηρίου.

ΜΕΤΑΒΛΗΤΑ ΕΛΑΤΗΡΙΑ

Τα μεταβλητά σπειροειδή ελατήρια (Εικόνα 41) έχουν διαφορετικές αποστάσεις μεταξύ των στροφών του ελατηρίου. Οι διακυμάνσεις στην απόσταση μεταξύ των στροφών αλλάζουν τη συμπίεση του ελατηρίου σε κάθε στροφή του. Όταν συμπιέζεται ένα μεταβλητό σπειροειδές ελατήριο, τα κιλιά ενέργειας αλλάζουν με κάθε συμπίεση ή σε μια εκθετική καμπύλη. Ο σχεδιασμός των μεταβλητών ελατηρίων έχει ως αποτέλεσμα, βελτιωμένη αποθήκευση ενέργειας ανάκρουσης, απόσβεση και τροφοδοσία. ([iQDirectory, n.d.](#)) ([MagnumTechnologies, n.d.](#)).



Εικόνα 41: Απεικόνιση μεταβλητού σπειρώματος ελατηρίου.

ΕΛΑΤΗΡΙΑ ΣΤΡΕΨΗΣ

Το σπειροειδή ελατήριο (Εικόνα 42) είναι ένα επίπεδο σπειροειδές ελατήριο που χρησιμοποιείται για την εφαρμογή ροπής ή την αποθήκευση περιστροφικής ενέργειας. Αποθηκεύουν και απελευθερώνουν περιστροφική ενέργεια μέσω της ροπής, η οποία αναγκάζει το ελατήριο να περιστρέφεται στον άξονά του για να εφαρμόσει ή να αντισταθεί σε ένα φορτίο. Τα ελατήρια στρέψης συνδέονται με εξαρτήματα που θα περιστρέφονται γύρω από τον άξονά τους. Στις περισσότερες περιπτώσεις, τυλίγονται πολύ σφιχτά, αλλά έχουν και εκδόσεις που έχουν βήμα για μείωση της τριβής μεταξύ των πηνίων.

Όπως συμβαίνει με τα περισσότερα ελατήρια, τα ελατήρια στρέψης μπορούν να τοποθετηθούν υπό γωνία, οριζόντια ή κάθετα για να περιστρέφονται κατά μήκος ή ενάντια στον άξονά τους. Όταν ένα ελατήριο στρέψης περιστρέφεται, το πηνίο του τυλίγεται πιο σφιχτά για αποθήκευση ή απελευθέρωση ενέργειας. Συνήθεις χρήσεις για τα ελατήρια στρέψης είναι οι παγίδες ποντικιού ή οι πόρτες που κλείνουν αυτόματα ([iQDirectory, n.d.](#)) ([MagnumTechnologies, n.d.](#)).



Εικόνα 42: Απεικόνιση ελατηρίου στρέψης.

ΕΛΑΤΗΡΙΑ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ

Τα σπειροειδή ελατήρια συμπίεσης τυλίγονται ελικοειδώς για να αντιστέκονται στην αξονικά εφαρμοζόμενη δύναμη. Είναι ένα πολύ ισχυρό ελατήριο που κατασκευάζεται σε μεγάλη ποικιλία μεγεθών, π.χ. για αναδιπλούμενα στυλό ή σε συστήματα ανάρτησης αυτοκινήτων. Υπάρχουν διάφοροι τύποι ελατηρίων συμπίεσης, τα οποία περιλαμβάνουν ελικοειδή, κωνικά ή σπειροειδή, βαρέλια και κλεψύδρα.

Τα ελατήρια συμπίεσης ίσιου σπειρώματος έχουν σπειρώματα με την ίδια διάμετρο σε όλο το μήκος τους. Είναι η πιο κοινή μορφή ελατηρίου συμπίεσης ([iQDirectory, n.d.](#)) ([MagnumTechnologies, n.d.](#)).



Εικόνα 43: Απεικόνιση ελατηρίου συμπίεσης.

ΕΛΑΤΗΡΙΑ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΚΛΕΨΥΔΡΑΣ

Τα ελατήρια συμπίεσης κλεψύδρας (**Εικόνα 44**) είναι κωνικά στη μέση σε μικρότερη διάμετρο από υπόλοιπες σπείρες. Ο σχεδιασμός των ελατηρίων κλεψύδρας τα κρατά στο κέντρο σε μια οπή μεγαλύτερης διαμέτρου. Έχουν μερικά από τα πλεονεκτήματα των κωνικών ελατηρίων με το πρόσθετο πλεονέκτημα ότι είναι συμμετρικά ([iQDirectory, n.d.](#)).



Εικόνα 44: Απεικόνιση ελατηρίου συμπίεσης κλεψύδρας.

ΕΛΑΤΗΡΙΑ ΒΑΡΕΛΟΕΙΔΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ

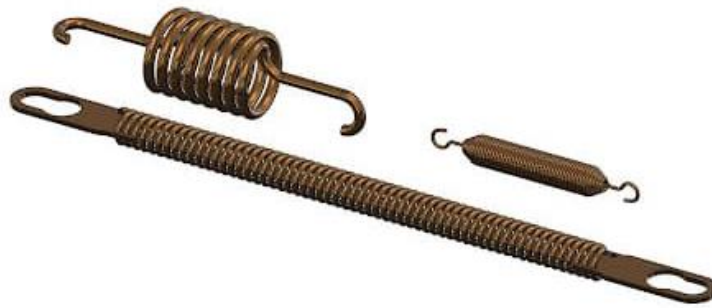
Τα ελατήρια βαρελοειδής συμπίεσης (**Εικόνα 45**) έχουν μικρές διαμέτρους στα άκρα τους και μεγαλύτερες διαμέτρους στη μέση. Ένα πρόβλημα με τα κοινά ελατήρια συμπίεσης είναι η τάση τους να λυγίζουν ή να λυγίζουν όταν ασκείται πίεση. Τα ελατήρια συμπίεσης της κάννης εμποδίζουν το λυγισμό επειδή το σχήμα τους τα κάνει πιο εύκαμπτα, καταλαμβάνουν λιγότερο χώρο και μπορούν να προσαρμοστούν σε διαφορετικά σχέδια. Δεδομένου ότι ένα ελατήριο συμπίεσης κάννης είναι πιο φαρδύ στη μέση, η πίεση κατανέμεται διαφορετικά, δημιουργώντας καλύτερη σταθερότητα ([iQDirectory, n.d.](#)).



Εικόνα 45: Απεικόνιση βαρελοειδές ελατηρίου συμπίεσης.

ΕΛΑΤΗΡΙΑ ΕΠΕΚΤΑΣΗΣ

Τα ελατήρια επέκτασης (Εικόνα 46) είναι σαν τα ελατήρια συμπίεσης αλλά είναι σφιχτά τυλιγμένα και φορτωμένα με τάση. Έχουν γάντζους ή βρόχους σε κάθε άκρο για την εφαρμογή δύναμης έλξης. Τα ελατήρια επέκτασης συνδέονται και στα δύο άκρα στα εξαρτήματα. Όταν τα εξαρτήματα απομακρύνονται, το ελατήριο επέκτασης προσπαθεί να τα επαναφέρει μαζί. Η αρχική τάση στο ελατήριο καθορίζει πόσο σφιχτά τυλιγμένο είναι και μπορεί να αλλάξει για να καλύψει τις ανάγκες μιας εφαρμογής. Η σφιχτή περιέλιξη των ελατηρίων επέκτασης έχει σχεδιαστεί για να αντισταθεί στην επέκταση. Στην ουσία, παρέχουν δύναμη επαναφοράς για εξαρτήματα που έχουν επεκταθεί στην ενεργοποιημένη θέση ([iQDirectory, n.d.](#)) ([SuspensionSecrets, n.d.](#)).



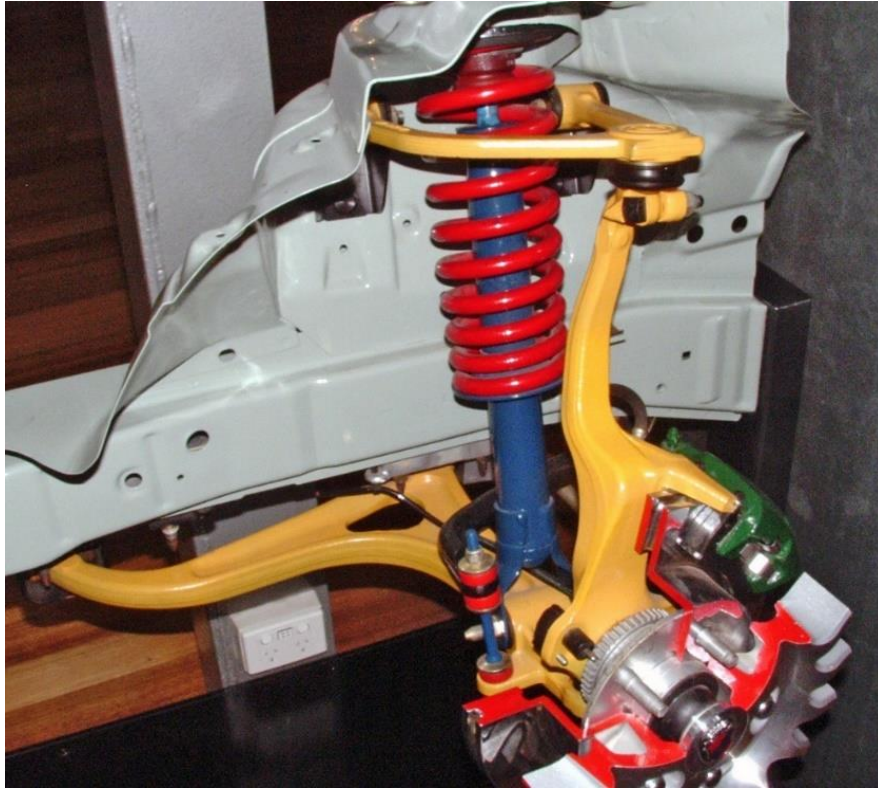
Εικόνα 46: Απεικόνιση ελατηρίου επέκτασης.

ΨΑΛΙΔΙΑ (ΒΡΑΧΙΟΝΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ)

ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΨΑΛΙΔΙ (ΒΡΑΧΙΟΝΑΣ ΕΛΕΓΧΟΥ)

Η ανάρτηση ενός οχήματος είναι το σύστημα αποσβεστήρων, ελατηρίων και συνδέσμων κάτω από το αμάξωμα του αυτοκινήτου που συνδέει το πλαίσιο με τους τροχούς. Σκοπός του είναι να υποστηρίξει το βάρος του οχήματος και να ελέγχει την ποιότητα κύλισης, τις ικανότητες χειρισμού και τη συνολική δυναμική του ενώ βρίσκεται σε κίνηση.

Οι βραχίονες ελέγχου (Εικόνα 47) είναι ένα από τα βασικά στοιχεία ενός συστήματος ανάρτησης και χρησιμεύουν ως τα σημεία άμεσης σύνδεσης μεταξύ των συγκροτημάτων των μπροστινών τροχών και του πλαισίου του οχήματος. Οι βραχίονες ελέγχου επιτρέπουν στον οδηγό να οδηγεί ένα αυτοκίνητο ενώ παράλληλα οδηγεί τους τροχούς πάνω-κάτω με το οδόστρωμα. Αν και είναι απλοϊκοί στην εμφάνιση, οι βραχίονες ελέγχου διαδραματίζουν ζωτικό ρόλο στη συνολική ευστάθεια και ικανότητα οδήγησης ενός οχήματος ([J.D.Power, n.d.](#)) ([MZWMotor, n.d.](#)) ([MechanicAssistant, n.d.](#)).

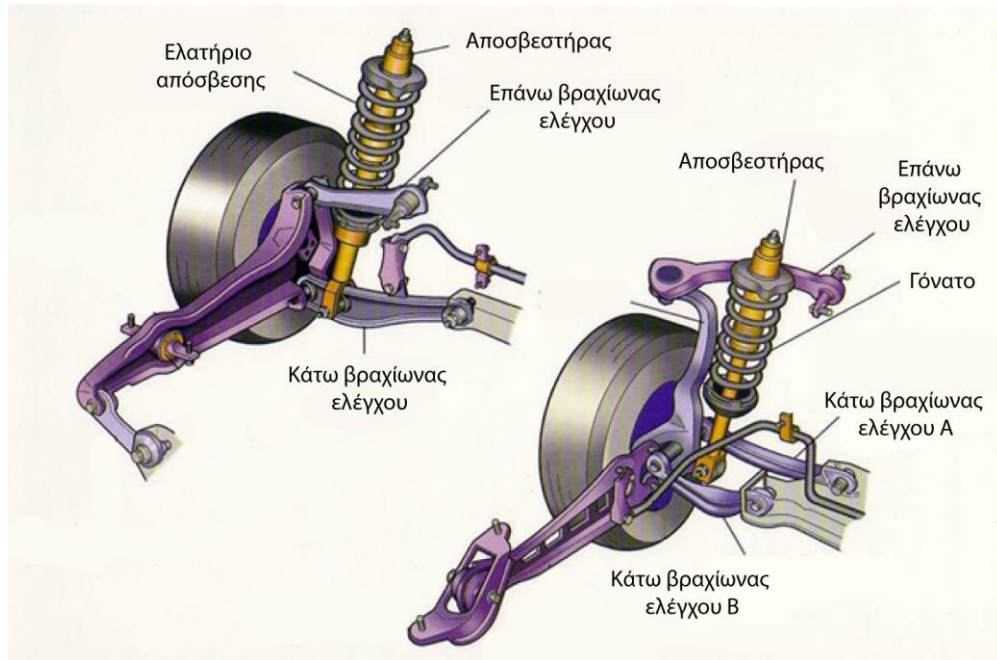


Εικόνα 47: Εγκατεστημένο ψαλίδι.

ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΒΡΑΧΙΟΝΑ ΕΛΕΓΧΟΥ

Οι βραχίονες ελέγχου βρίσκονται σχεδόν σε όλα τα συστήματα ανάρτησης που κυκλοφορούν στο δρόμο, στον μπροστινό άξονα σε κάθε έναν από τους δύο μπροστινούς τροχούς. Αποτελούνται είτε από χάλυβα, χυτοσίδηρο ή χυτό αλουμίνιο ως κύριο υλικό τους. Οι βραχίονες ελέγχου από χάλυβα και σίδηρο προσφέρουν αντοχή, στιβαρότητα και ικανότητα αντίστασης στη ζημιά. Οι βραχίονες ελέγχου από χυτό αλουμίνιο προορίζονται για εφαρμογές μικρότερου βάρους.

Οι βραχίονες ελέγχου είναι συνήθως σε σχήμα Α, σχήματος L ή ψαλιδιού, αλλά τα σχέδια διαφέρουν από όχημα σε όχημα με βάση τη γεωμετρία της ανάρτησης. Αυτά τα εξαρτήματα έχουν σημεία σύνδεσης σε κάθε άκρο για τη σύνδεση της άρθρωσης του τιμονιού του τροχού στο πλαίσιο του οχήματος (Εικόνα 48).



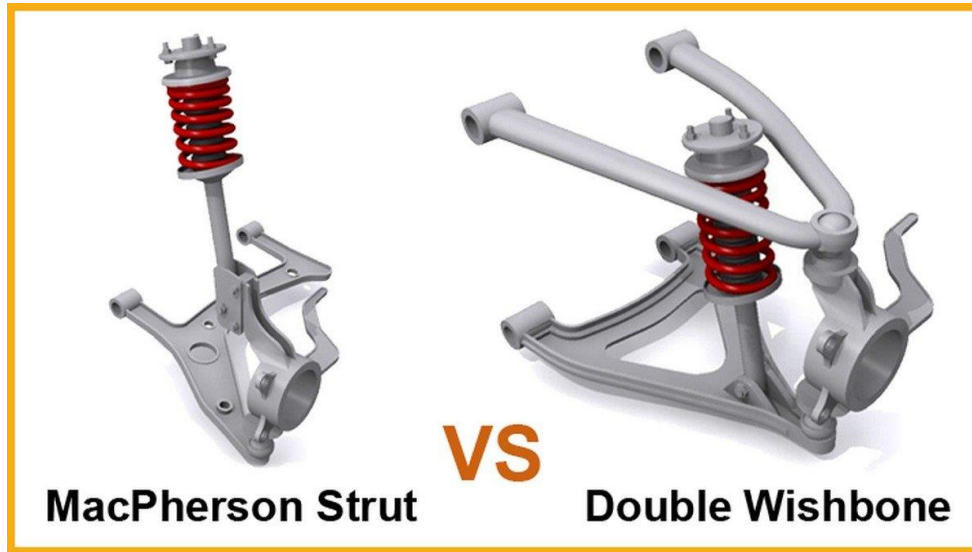
Εικόνα 48: Ανατομία συστήματος ψαλιδιού.

Στο πλαίσιο ή στο σώμα, ο βραχίονας ελέγχου συνδέεται με άρθρωση με μπουλόνια και δακτυλίους. Αυτοί οι δακτύλιοι προστατεύουν από την επαφή μετάλλου σε μέταλλο όταν ο βραχίονας κινείται πάνω και κάτω με τους τροχούς. Οι δακτύλιοι μειώνουν επίσης τον συνολικό θόρυβο, τους κραδασμούς και τη σκληρότητα (NVH-Noise, Vibration, Harshness), ενώ κάνουν την ποιότητα κύλισης του οχήματος πιο ήπια και πιο άνετη.

Στο άκρο της άρθρωσης του τιμονιού, ο βραχίονας ελέγχου συνδέεται μέσω σφαιρικής άρθρωσης για να επιτρέψει την ομαλή κίνηση του τροχού προς όλες τις κατευθύνσεις. Η σφαιρική άρθρωση επιτρέπει στην άρθρωση του τιμονιού να περιστρέφεται και δίνει στους τροχούς τη δυνατότητα να στρίβουν ενώ το όχημα βρίσκεται σε κίνηση.

Πολλά οχήματα έχουν έναν επάνω και έναν κάτω βραχίονα ελέγχου για κάθε μπροστινό τροχό, που συνδέεται με τα υψηλότερα και τα χαμηλότερα σημεία άρθρωσης του τιμονιού. Αυτή η αρχιτεκτονική κάνει μια πιο ουσιαστική συναρμολόγηση, εξασφαλίζοντας ισορροπημένο έλεγχο και σταθερότητα τροχού (Εικόνα 49).

Ωστόσο, υπάρχουν εξαιρέσεις στην ύπαρξη συμβατικής διάταξης άνω/κάτω βραχίονα ελέγχου. Τα οχήματα με συστήματα ανάρτησης τύπου MacPherson θα έχουν μόνο έναν κάτω βραχίονα ελέγχου και ένα γόνατο θα αντικαταστήσει τον άνω βραχίονα. Ορισμένα αυτοκίνητα με ανεξάρτητες πίσω αναρτήσεις μπορεί να έχουν βραχίονες ελέγχου στους πίσω τροχούς, αλλά αυτό δεν είναι μια τυπική ρύθμιση ([MZWMotor, n.d.](#)).



Εικόνα 49: Σύγκριση ανάρτησης MacPherson με διπλωμάλιδη ανάρτηση

ΤΥΠΟΙ ΒΡΑΧΙΟΝΩΝ ΕΛΕΓΧΩΝ

Υπάρχουν 3 (τρεις) τύποι βραχιόνων ελέγχου.

Κάτω βραχίονας ελέγχου

Οι κάτω βραχίονες χειρισμού χρησιμοποιούνται μόνο εάν ένα όχημα έχει αναρτήσεις γονάτου MacPherson εμπρός ή πίσω.

Ως εκ τούτου, δεδομένου ότι το γόνατο το αντικαθιστά, δεν απαιτεί άνω βραχίονα ελέγχου. Με άλλα λόγια, δεν απαιτείται άνω βραχίονας ελέγχου και δεν χρειάζονται ελαστικοί δακτύλιοι βραχίονα ελέγχου ([J.D.Power, n.d.](#)).

Επάνω βραχίονες ελέγχου

Οποιοσδήποτε τύπος βραχίονα ελέγχου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη σύνδεση του πίσω άξονα με ένα όχημα με συμπαγή άξονα. Συχνά εμφανίζονται περίπου τρεις έως τέσσερις βραχίονες ελέγχου με λαστιχένια δακτυλίδια σε κάθε πλευρά.

Ο άνω βραχίονας ελέγχου ονομάζεται επίσης «βραχίονας οπισθοπορείας» και «πίσω συρόμενος βραχίονας». Εάν το αυτοκίνητο διαθέτει ανεξάρτητη πίσω ανάρτηση, μπορεί να διαθέτει συρόμενους ή άνω και κάτω βραχίονες ελέγχου.

Ρυθμιζόμενος βραχίονας ελέγχου

Όπως υποδηλώνει το όνομά του, οι ρυθμιζόμενοι βραχίονες ελέγχου χρησιμοποιούνται σημαντικά για τη ρύθμιση της καμπύλης του τροχού.

Μια αρνητική γωνία κάμπερ μετατοπίζει το πάνω μέρος του τροχού προς το κέντρο του οχήματος. Από την άλλη πλευρά, η γωνία κάμπερ είναι θετική εάν το πάνω μέρος του τροχού βρίσκεται έξω από το κέντρο του οχήματος.

Η προσαρμογή μιας κλίσης είναι πολύ σημαντική, ειδικά για αγώνες, στάση, και μείωση ή αύξηση ύψους ενός αυτοκινήτου ([MZWMotor, n.d.](#)).

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΒΡΑΧΙΟΝΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ

Ο σκοπός ενός βραχίονα ελέγχου είναι να συνδέει την άρθρωση του τιμονιού με το πλαίσιο και να σταθεροποιεί το όχημα επιτρέποντας στο πλαίσιο και τους τροχούς να κινούνται ταυτόχρονα ενώ το όχημα βρίσκεται σε κίνηση. Τελικά, οι βραχίονες ελέγχου βοηθούν στην επίτευξη συντονισμού μεταξύ των συστημάτων ανάρτησης και διεύθυνσης, αμβλύνοντας τη διαδρομή και δίνοντας στον οδηγό τη δυνατότητα να ελίσσεται με το όχημα.

Η περιστρεφόμενη σφαιρική άρθρωση του βραχίονα ελέγχου χρησιμεύει ως σημείο περιστροφής του συστήματος διεύθυνσης, επιτρέποντας στο όχημα να στρίβει προς οποιαδήποτε κατεύθυνση ενώ κινείται προς τα εμπρός ή προς τα πίσω. Η άρθρωση στην πλευρά του πλαισίου των βραχιόνων ελέγχου διατηρεί τους τροχούς σε επαφή με το έδαφος, είτε ταξιδεύουν πάνω από ομαλό πεζοδρόμιο είτε πατούν πάνω από χτυπήματα και λακούβες στο δρόμο. Και οι δύο πλευρές του βραχίονα ελέγχου συνεργάζονται για να παρέχουν την απαραίτητη κίνηση για την ασφαλή και επαρκή λειτουργία ενός οχήματος στους δρόμους ([MZWMotor, n.d.](#)) ([MechanicAssistant, n.d.](#)).

ΥΛΙΚΑ ΒΡΑΧΙΟΝΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ

- **Χάλυβας**

Αυτό ήταν το κύριο υλικό για τους βραχίονες ελέγχου στην ιστορία των οχημάτων. Χρησιμοποιήθηκε (και εξακολουθεί να χρησιμοποιείται) χάλυβας. Οι βραχίονες ελέγχου από χάλυβα κοστίζουν λιγότερο στην κατασκευή. Αυτό σημαίνει ότι μπορούν να παραχθούν μαζικά, και ένας από τους λόγους για τη χαμηλή τιμή τους στην αγορά.

Οι ατσάλινοι βραχίονες ελέγχου είναι φθινοί, ένας λόγος για να τους προτιμήσει ένας ιδιοκτήτης αυτοκινήτου όταν αντικαθιστά έναν με βλάβη. Ο χάλυβας κάμπτεται υπό πίεση, κάτι που αποτελεί πλεονέκτημα όταν χρησιμοποιείται για ανάρτηση. Σημαίνει λιγότερες περιπτώσεις θραύσης ή ρωγμής του βραχίονα ελέγχου όταν το όχημα κινείται εκτός δρόμου ή μεταφέρονται μεγάλα φορτία. Οι ατσάλινοι βραχίονες ελέγχου είναι επίσης αρκετά ισχυροί για να χρησιμοποιούνται στο μέσο αυτοκίνητο.

Ένα σημαντικό μειονέκτημα των χαλύβδινων βραχιόνων ελέγχου είναι η αδυναμία τους να αντιστέκονται στη διάβρωση. Με αυτά τα εξαρτήματα να κρέμονται χαμηλά και εκτεθειμένα σε

υγρές συνθήκες και άλατα, η διάβρωση είναι σχεδόν αναπόφευκτη όταν χρησιμοποιείται χάλυβας για την κατασκευή τους.

Με τον χάλυβα παράγονται επίσης βαριά εξαρτήματα. Το βάρος στα μέρη του συστήματος διεύθυνσης μπορεί να μειώσει την ευκολία χειρισμού ενός οχήματος. Πολλοί κατασκευαστές αυτοκινήτων προσπαθούν να κατασκευάσουν ελαφρύτερα εξαρτήματα σήμερα και ο λόγος που ενδέχεται να μην χρησιμοποιούν βραχίονες ελέγχου από χάλυβα ([MZWMotor, n.d.](#)).



Εικόνα 50: Βάση βραχίονα φτιαγμένη από χάλυβα.

• Αλουμίνιο

Η χρήση αυτού του υλικού προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα. Το αλουμίνιο είναι ένα ελαφρύ υλικό. Για τα εξαρτήματα που συνδέονται με το σύστημα διεύθυνσης ενός οχήματος, το υπερβολικό βάρος επηρεάζει τα χαρακτηριστικά χειρισμού. Οι βραχίονες ελέγχου από αλουμίνιο συμβάλλουν στη μείωση του βάρους, γεγονός που οδηγεί σε ευκολότερο σύστημα διεύθυνσης. (Εικόνα 51)

Οι βραχίονες ελέγχου αλουμινίου είναι κατασκευασμένοι από χυτό αλουμίνιο. Είναι αρκετά στιβαροί, απαραίτητο χαρακτηριστικό για τα μέρη της ανάρτησης. Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα του αλουμινίου όταν χρησιμοποιείται για τον έλεγχο των βραχιόνων από τον κατασκευαστή είναι η ικανότητα αντίστασης στη διάβρωση. Το αλουμίνιο δεν διαβρώνεται τόσο εύκολα όσο ο χάλυβας, πράγμα που σημαίνει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής ακόμη και όταν τα εξαρτήματα υπόκεινται σε εξαιρετικά υγρές συνθήκες.

Ένα μειονέκτημα της χρήσης χυτού αλουμινίου είναι η μειωμένη ικανότητά του να κάμπτεται υπό πίεση. Ενώ οι βραχίονες ελέγχου κατασκευασμένοι από χάλυβα θα λυγίσουν εάν εκτεθούν σε πίεση ή κρούση, οι βραχίονες ελέγχου αλουμινίου θα σπάσουν. Ένα άλλο μειονέκτημα του αλουμινίου είναι η μαλακή φύση του που θα προκαλούσε επιταχυνόμενη φθορά, ειδικά στο άκρο της σφαιρικής άρθρωσης ([MZWMotor, n.d.](#)).



Εικόνα 51: Βραχίονες φτιαγμένοι από αλουμίνιο.

- **Χυτοσίδηρος**

Ο χυτοσίδηρος είναι ένα δημοφιλές υλικό για τους βραχίονες ελέγχου που χρησιμοποιούνται στα περισσότερα σύγχρονα οχήματα. Αυτό το υλικό προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα. Είναι στιβαρό, γεγονός που καθιστά τους βραχίονες ελέγχου από χυτοσίδηρο κατάλληλους για συνθήκες όπου πρέπει να υποστηριχθεί μεγάλο βάρος. Αυτό κάνει τους βραχίονες ελέγχου από χυτοσίδηρο τους πιο χρησιμοποιούμενους σε φορτηγά και SUV. (Εικόνα 52)

Αυτοί οι τύποι βραχιόνων ελέγχου μπορούν να αντέξουν πολλά άλλα περιβάλλοντα και συνθήκες οδήγησης για να δώσουν στο εξάρτημα μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Σε σύγκριση με τον χάλυβα, οι βραχίονες ελέγχου από χυτοσίδηρο είναι ελαφρύτεροι. Αυτό σημαίνει βελτιωμένο σύστημα διεύθυνσης ή χειρισμού του οχήματος ([MZWMotor, n.d.](#)).



Εικόνα 52: Βραχίονας φτιαγμένος από χυτοσίδηρο.

ΒΛΑΒΕΣ ΒΡΑΧΙΟΝΑ ΕΛΕΓΧΟΥ

Ο βραχίονας ελέγχου έχει σχεδιαστεί για να δέχεται μεγάλη πίεση και κρούση, αλλά τελικά είναι ένα εξάρτημα που φθείρεται και έχει περιορισμένη διάρκεια ζωής. Μεγάλο μέρος αυτής της φθοράς εξαρτάται από τον τύπο οδήγησης που συμβαίνει κατά τη διάρκεια ζωής ενός οχήματος. Τα οχήματα που οδηγούνται τακτικά με σκληρό τρόπο ή σε μη ασφαλοστρωμένες επιφάνειες θα έχουν πιο γρήγορη πτώση στη λειτουργία του βραχίονα ελέγχου, κάτι που θα μπορούσε να επηρεάσει αρνητικά τον χειρισμό, την άνεση και την ασφάλεια.

Υπάρχουν τρεις κύριοι τύποι βλάβης σε έναν βραχίονα ελέγχου:

- Ζημιά πλαισίου.
- Ζημιά στο δακτύλιο.
- Ζημιά σφαιρικής άρθρωσης.

Η ζημιά του πλαισίου μπορεί να προκληθεί από σκουριά, υπερβολική κάμψη ή θραύση από ισχυρή πρόσκρουση ή σύγκρουση. Η ζημιά του δακτυλίου γενικά συμβαίνει με την πάροδο του χρόνου λόγω φθοράς. Η βλάβη της σφαιρικής άρθρωσης είναι επιρρεπής σε φθορά ή ακόμα και ρωγμές λόγω κινούμενων μερών που βρίσκονται πάντα σε επαφή.

Ένας κατεστραμμένος ή κακώς λειτουργικός βραχίονας ελέγχου θα παρουσιάσει διάφορα συμπτώματα, όπως κραδασμούς του οχήματος, τρέμουλο στο τιμόνι, κακή ευθυγράμμιση, ταλαντευόμενους τροχούς, ασυνήθιστους θορύβους τροχίσματος, διακυμάνσεις στο φρενάρισμα και ανομοιόμορφη φθορά του πέλματος του ελαστικού. Εάν προκύψουν ένα ή περισσότερα από αυτά τα ζητήματα, μπορεί να είναι απαραίτητη η αντικατάσταση του βραχίονα ελέγχου ([MZWMotor, n.d.](#)) ([J.D.Power, n.d.](#)) ([MechanicAssistant, n.d.](#)).

ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ ΚΑΚΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΒΡΑΧΙΟΝΑ ΕΛΕΓΧΟΥ

• Δονήσεις

Κάθε φορά που φθείρεται ο βραχίονας ελέγχου, θα αρχίσουν οι τροχοί να έχουν αρκετούς κραδασμούς πέρα από το συνηθισμένο. Οι τροχοί θα τρίζουν επίσης κατά την όπισθεν.

Υπάρχουν επίσης άλλα μέρη του αυτοκινήτου που μπορεί να προκαλέσουν δόνηση, για αυτό και απαιτείται ενδελεχής έλεγχος στο όχημα.

• Ασταθές τιμόνι

Ένα από τα πιο σημαντικά συμπτώματα ενός κακού βραχίονα ελέγχου είναι το ασταθές τιμόνι. Το τιμόνι αρχίζει να τρίζει και να κάνει τη δουλειά του οδηγού πιο δύσκολη όσον αφορά τον έλεγχο του αυτοκινήτου σε στροφές, μανούβρες κλπ.

Εάν υπάρχει αίσθηση πως το τιμόνι δεν είναι το ίδιο σταθερό όπως συνήθως, υποδηλώνει υπερβολική κίνηση στον μηχανισμό του ψαλιδιού ή φθαρμένους δακτυλίους και σφαιρικούς συνδέσμους.

Επομένως, είναι σημάδι ότι ο βραχίονας ελέγχου είναι ελαττωματικός και η αποτυχία αλλαγής των ελαττωματικών εξαρτημάτων το συντομότερο δυνατό θα κάνει τον οδηγό να νιώθει άβολα στην οδήγηση με ασυνήθιστες αντιδράσεις του οχήματος και θα τον κάνει να χάσει τον έλεγχο του οχήματός του.

• Ασυνήθιστοι θόρυβοι

Ο ασυνήθιστος θόρυβος είναι ένα από τα κακά συμπτώματα του βραχίονα ελέγχου. Αυτό το σημάδι είναι ενδεικτικό της υπερβολικής φθοράς των δακτυλίων του βραχίονα ελέγχου ή των σφαιρικών αρθρώσεων.

Οι δακτύλιοι βοηθούν να σταματήσει ο βραχίονας ελέγχου όταν κινείται, ενώ οι σφαιρικές αρθρώσεις τον βοηθούν να περιστρέφεται. Εάν είναι φθαρμένα, θα μπορούσε να αυξήσει την κίνηση και να χτυπάνε τα μεταλλικά στοιχεία της άρθρωσης μεταξύ τους.

Αυτές οι δραστηριότητες θα παράγουν ήχους στην ανάρτηση, ιδιαίτερα κατά την επιτάχυνση, τις στροφές ή την οδήγηση σε δύσκολες συνθήκες δρόμου όπως οι λακούβες.

Εάν ένας βραχίονας χειρισμού είναι κακός, μπορεί να προκαλέσει ήχο σκασμού ή χτυπήματος ή ακόμα και ήχο κρότου κάθε φορά που το όχημα σταματά.

• Ταλαντευόμενοι τροχοί

Ένα άλλο σύμπτωμα ενός κακού βραχίονα ελέγχου είναι ο ταλαντευόμενος τροχός. Εάν η πλήμνη του τροχού είναι κακή ή κατεστραμμένη, μπορεί επίσης να προκαλέσει ταλάντευση του τροχού.

Ένας βραχίονας ελέγχου συνδέει τους τροχούς και το πλαίσιο με το αμάξωμα. Επομένως, οι τροχοί δεν θα περιστρέφονται σε ένα επίπεδο (άξονας yy') μόνο αλλά σε δύο (άξονες yy' και xx')

όταν δεν είναι συνδεδεμένοι στο πλαίσιο, σαν να υπάρχει μία μεταβαλλόμενη γωνία κάμπερ εν κινήσει.

Ένας τροχός θα βιώσει μια ταλάντευση όταν οι δακτύλιοι είναι φθαρμένοι ή εάν ο βραχίονας ελέγχου έχει λυγίσει και φθαρεί. Η οδήγηση με υψηλή ταχύτητα ενώ υπάρχει κάποιος τροχός στο όχημα ο οποίος ταλαντεύεται επικίνδυνη και επηρεάζει την ικανότητα ελέγχου του οχήματος.

• Αλλαγή συμπεριφοράς στο φρενάρισμα

Παρά το παράδοξο της φύσης του, ένας κακός βραχίονας ελέγχου, μπορεί να βελτιώσει την απόδοση πέδησης. Αυτό συμβαίνει διότι στην περίπτωση που οι δακτύλιοι βρεθούν ελαττωματικοί σταματούν την κίνηση του βραχίονα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το μπλοκάρισμα του συστήματος ακινητοποιώντας το, έχοντας κατ'επέκταση καλύτερο έλεγχο και σταθερότητα.

Η αποτυχία αντιμετώπισης του προβλήματος θα προκαλέσει αρκετά μεγάλη απόδοση πέδησης, οδηγώντας σε ανασφάλεια οδήγησης.

• Τράβηγμα τιμονιού στο πλάι

Ο βραχίονας ελέγχου διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στην παροχή αποτελεσματικού συστήματος διεύθυνσης και βοηθά στην ανοδική και κάτω κίνηση του αμαξώματος του οχήματος.

Ως αποτέλεσμα, εάν είναι ελαττωματικό, δεν θα λειτουργήσει σωστά και το αυτοκίνητο θα τραβηχτεί στη μία πλευρά κατά την οδήγηση, σε αυτό το σημείο, πρέπει να το επαναφέρει ο οδηγός επί τόπου να επιστρέψει στη φυσιολογική γραμμή οδήγησης.

Άλλα εξαρτήματα θα μπορούσαν επίσης να προκαλέσουν αυτό το πρόβλημα, για παράδειγμα, εάν οι σφαιρικοί σύνδεσμοι είναι κατεστραμμένοι. Επομένως, πρέπει να ελεγχθούν οι βραχίονες ελέγχου σε κάθε άκρο. Εάν το τιμόνι είναι άκαμπτο, οι σφαιρικοί σύνδεσμοι είναι στεγνοί.

Η έλλειψη λίπανσης μπορεί επίσης να σταματήσει την ελεύθερη κίνηση του βραχίονα ελέγχου και θα προκαλέσει δυσκολία στο τιμόνι, το οποίο είναι μεγάλο πρόβλημα όσον αφορά την οδήγηση και την ασφάλεια.

Η λίπανση της άρθρωσης θα λύσει το πρόβλημα εάν η άρθρωση δεν έχει φθαρεί και δεν παρουσιάζει σημάδια φθοράς.

• Ανομοιόμορφη φθορά ελαστικών

Πολλά πράγματα μπορεί να προκαλέσουν ανομοιόμορφη φθορά των ελαστικών, ένα από τα οποία είναι ένας κακός βραχίονας ελέγχου. Όταν ανιχνεύεται φθορά στα εσωτερικά άκρα, υποδηλώνει φθαρμένους δακτυλίους ή σφαιρικούς συνδέσμους. (Εικόνα 53)

Εάν ένας βραχίονας ελέγχου λυγίσει ή τροποποιηθεί, μπορεί να προκαλέσει ανομοιόμορφη φθορά του ελαστικού. Μόλις υπάρξει μια μικρή κάμψη σε έναν βραχίονα ελέγχου, δύσκολα θα εντοπιστεί. Αλλά με φθορά των δακτυλίων ή των σφαιρικών αρθρώσεων, η ζημιά και η φθορά είναι ευκολότερο εντοπίσιμη.

Εάν ο βραχίονας ελέγχου ή οι αρθρώσεις του είναι κακές, μπορεί να οδηγήσει σε ανομοιόμορφη φθορά των ελαστικών. Θα μπορούσε επίσης να επηρεάσει τους δακτυλίους ή τις σφαιρικές αρθρώσεις, υποδεικνύοντας ότι ο βραχίονας ελέγχου έχει πρόβλημα ([MZWMotor, n.d.](#)) ([MechanicAssistant, n.d.](#)).



Εικόνα 53: Ανομοιόμορφη φθορά ελαστικών.

ΜΠΙΛΙΟΦΟΡΟΙ (ΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ)

ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΟΙ ΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ

Οι σφαιρικοί σύνδεσμοι συνδέουν τους τροχούς του αυτοκινήτου με το σύστημα ανάρτησης και τους επιτρέπουν να κινούνται μαζί (Εικόνα 54, 55). Όπως υποδηλώνει το όνομα, αυτές οι μπάλες και υποδοχές λειτουργούν ως άρθρωση, παρόμοια με την άρθρωση του ισχίου στο ανθρώπινο σώμα. Οι σφαιρικοί σύνδεσμοι έχουν μέσα τους ένα ρουλεμάν και μια υποδοχή που εφαρμόζουν άνετα μεταξύ τους μέσα σε ένα λιπαντικό περίβλημα. Συνδέουν τον βραχίονα ελέγχου με τις αρθρώσεις του τιμονιού και επιτρέπουν την ομαλή και σταθερή κίνηση στην ανάρτηση. Η μπροστινή ανάρτηση των περισσότερων αυτοκινήτων έχει τουλάχιστον κάτω σφαιρικούς συνδέσμους και σε ορισμένες περιπτώσεις και επάνω ([Universal Technical Institute, n.d.](#)).



Εικόνα 54: Απεικόνιση θέσης μπιλιοφόρου (Ball Joint)

ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΣΥΝΔΕΣΜΩΝ

Επειδή οι σφαιρικές αρθρώσεις μπορούν να διαρκέσουν πολύ, με αποτέλεσμα να είναι συχνά αντικείμενο που δεν ελέγχεται ανά τακτά διαστήματα καθώς θεωρείται πολύ ανθεκτικό. Όμως φθείρονται και συνήθως δεν διαρκούν όσο το όχημα. Η χρησιμότητα και ποιότητά τους είναι εμφανής σε δρόμους με ανώμαλο οδόστρωμα, στροφές, επομένως εξαρτάται από τα χιλιόμετρα του οχήματος και τις συνθήκες στις οποίες έχει εκτεθεί.

Διαπιστώνεται ότι οι σφαιρικοί σύνδεσμοι σε κάθε πλευρά του αυτοκινήτου τείνουν να έχουν παρόμοια φθορά, πράγμα που σημαίνει ότι είναι συνηθισμένο να αντικαθίστανται σε σετ ή ταιριαστά ζευγάρια.

ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ ΦΘΟΡΑΣ ΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΣΥΝΔΕΣΜΩΝ

ΣΕ ΚΑΠΟΙΟ ΣΥΝΕΡΓΕΙΟ

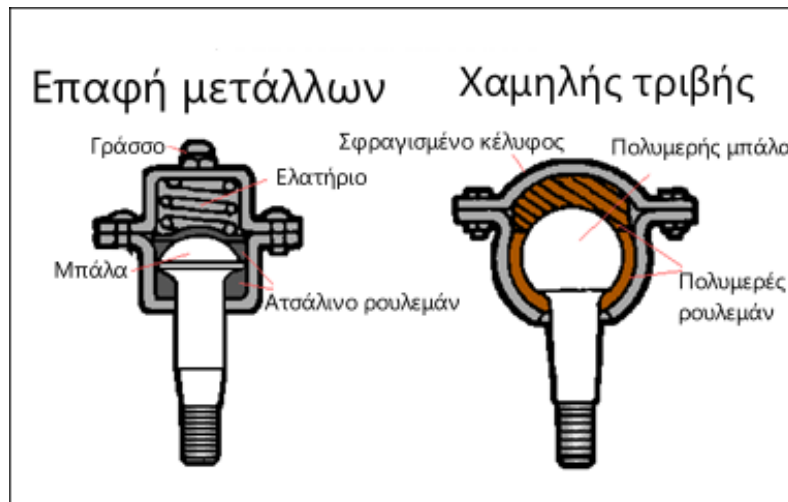
Οι περισσότεροι φθαρμένοι σφαιρικοί σύνδεσμοι θα βρεθούν κατά τη διάρκεια των ετήσιων κρατικών επιθεωρήσεων ή κατά τη διάρκεια ενός ελέγχου ρουτίνας σέρβις στο κατάστημα. Ο τεχνικός «κουνάει» το μπροστινό άκρο του αυτοκινήτου ενώ βρίσκεται σε ανελκυστήρα (από το έδαφος). Όταν μετακινείτε ένα ελαστικό αργά από άκρη σε άκρη και πάνω και κάτω, τα φθαρμένα μέρη θα έχουν υπερβολική κίνηση ή «παιζουν» που υποδηλώνει ότι έχουν φθαρεί ([Universal Technical Institute, n.d.](#)).

ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ ΤΗΝ ΩΡΑ ΤΗΣ ΟΔΗΓΗΣΗΣ

Ενώ γίνεται μια απότομη στροφή με μικρή ταχύτητα, μια φθαρμένη σφαιρική άρθρωση θα κάνει μία θραύση και θα σπάσει. Σκεφτείτε ότι η μπάλα τραβήχτηκε από την υποδοχή της που είναι τοποθετημένη και στη συνέχεια, απελευθερώθηκε την ώρα της οδήγησης με την ταχύτητα, αυτή η

συνθήκη είναι ικανή να εκτοξεύσει κομμάτια μετάλλου στα γύρω εξαρτήματα με αποτέλεσμα, να προκληθούν επιπλέον βλάβες (Moog, n.d.).

Ομοίως, μια γρήγορη ματιά στα ελαστικά σας μπορεί να αποκαλύψει φθαρμένες σφαιρικές αρθρώσεις ή άλλα μπροστινά εξαρτήματα. (Moog, n.d.).



Εικόνα 55: Απεικόνιση έσωτερικής λειτουργίας μπλιοφόρου. Αριστερά όταν υπάρχει επαφή μετάλλων ενώ δεξιά με πολυμερές.

ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Δεδομένου του ρόλου που παίζουν στο σύστημα ανάρτησης, οι σφαιρικοί σύνδεσμοι θα αντιμετωπίζουν καθημερινή φθορά. Κάποια στιγμή θα χρειαστεί να αντικατασταθούν.

Η συνεχής κίνηση του μπουλονιού μπορεί να το κάνει να χαλαρώσει και να μετακινηθεί μέσα στην υποδοχή. Καθώς μια σφαιρική άρθρωση φθείρεται, αναπτύσσεται περισσότερος χώρος μεταξύ του καρφιού και της υποδοχής, γεγονός που μπορεί να προκαλέσει προβλήματα. Η ασφάλεια των επιβατών μπορεί να διακυβευτεί εάν οι σφαιρικοί σύνδεσμοι φθαρούν πολύ — σε σοβαρές περιπτώσεις, το μπουλόνι μπορεί να τραβήξει έξω από την υποδοχή και να προκαλέσει μερική αποσύνδεση ενός τροχού από το όχημα (Universal Technical Institute, n.d.).

Οι κατασκευαστές δίνουν συχνά προδιαγραφές για τον αποδεκτό χώρο μεταξύ του καρφιού και της πρίζας, κάτι που καλό είναι να εξοικειωθείτε. Μπορείτε επίσης να παρακολουθήσετε συμπτώματα φθαρμένων σφαιρικών αρθρώσεων, τα οποία περιλαμβάνουν:

- Υπερβολικοί κραδασμοί: Το κροτάλιμα και το κούνημα που μπορείτε να νιώσετε στην ανάρτηση ή μέσα από το τιμόνι μπορεί να είναι σημάδι φθοράς στις αρθρώσεις της μπάλας.
- Θόρυβοι κροτάλιμα ή τσούξιμο: Οι σφαιρικές αρθρώσεις που έχουν χαλαρώσει στις υποδοχές τους έχουν τη δυνατότητα να κάνουν κάθε είδους θορύβους, συμπεριλαμβανομένου του χτυπήματος, του χτυπήματος ή του χτυπήματος όταν περνάνε πάνω από χτυπήματα ή γυρνώντας.

- Ακανόνιστη φθορά ελαστικών: Οι κακές σφαιρικές αρθρώσεις έχουν τη δυνατότητα να προκαλέσουν ανομοιόμορφη φθορά στο εσωτερικό ή στο εξωτερικό των ελαστικών.
- Τράβηγμα αυτοκινήτου προς τη μία πλευρά: Ένα όχημα που παρασύρεται στη μία πλευρά του δρόμου θα μπορούσε να είναι μια περίπτωση κακής ευθυγράμμισης, αλλά θα μπορούσε επίσης να είναι ένα σύμπτωμα φθαρμένων σφαιρικών αρθρώσεων.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ ΧΑΜΗΛΟΥ ΚΥΒΙΣΜΟΥ (COMPACT)

ΟΡΙΣΜΟΣ

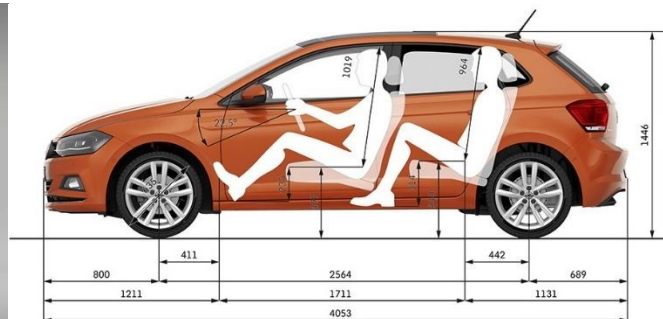
Πρόκειται για ένα ένα μικρό αυτοκίνητο – θεωρούνται ότι έχουν το μέγεθος μεταξύ Micro και μεσαίου μεγέθους (sedan)– αλλά χρειάζεται να δοθεί κάτι πιο ακριβές από αυτό, οπότε σύμφωνα με την Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών (EPA) υπάρχει ο εξής ορισμός.

Πρέπει να έχει μήκος μεταξύ 161” και 187” και μεταξόνιο 100-105” ντoών. Το μέγεθος του κινητήρα πρέπει επίσης να είναι μεταξύ 1,2 λίτρων και 1,4 λίτρων.

Σύμφωνα με αυτόν τον ορισμό, ένα ευρύ φάσμα αυτοκινήτων μπορεί να περιγραφεί ως Compact, συμπεριλαμβανομένων πολλών σεντάν, στέιшон βάγκον, χάτσμπακ, κουπέ και κάμπριο. Τα δίθυρα και τετράθυρα μοντέλα μπορούν όλα να πληρούν τις προϋποθέσεις.

Αυτό σημαίνει ότι ο όρος Compact χρησιμοποιείται για να περιγράψει ένα συγκεκριμένο μέγεθος αυτοκινήτου και όχι οποιοδήποτε συγκεκριμένο στυλ. Ακολουθούν μερικά παραδείγματα των πιο δημοφιλών Compact αυτοκινήτων που κυκλοφορούν ([Hesketh, n.d.](#)):

- Honda Civic
- VW Polo (Εικόνα 56)
- Mazda 3
- Ford Fiesta (Εικόνα 57)



Εικόνα 56: Γεωμετρία επιβατών μέσα σε VW Polo

Εικόνα 57: Ford Fiesta

ΑΙΣΘΗΣΗ ΟΔΗΓΗΣΗΣ

Τα Compact αυτοκίνητα επειδή είναι από τις μικρότερες κατηγορίες, αυτό από μόνο του σημαίνει ότι είναι λιγότερο άνετα στον εσωτερικό τους χώρο και περισσότερο στενά και από τις υπόλοιπες κατηγορίες.

Αυτό ισχύει μέχρι προσφάτως, καθώς εν έτη 2022, οι κατασκευαστές βρίσκονται σε μία συνεχόμενη ανοδική πορεία της κατηγορίας και πλέον οι διαφορές των Compact με των Sedan για παράδειγμα είναι ελάχιστες. Οι ελάχιστες διαφορές πλέον έχουν κάνει την κατηγορία περισσότερη ελκυστική σε πρώην κατόχους μεγαλύτερων οχημάτων, ο λόγος είναι φυσικά το κόστος απόκτησης του οχήματος που είναι σαφώς μικρότερο.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ

Τα Compact έχουν αρκετά πλεονεκτήματα, που τα κάνουν ελκυστική επιλογή για αυτοκίνητο πόλης και μικρών ταξιδιών. Κάποια από τα πλεονεκτήματα αυτά είναι:

- Το μικρό τους μέγεθος τα καθιστά ευκολότερα στους ελιγμούς μέσα στην πόλη.
- Χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου λόγω μικρότερου κινητήρα
- Χαμηλότερο κόστος αγοράς
- Χαμηλότερο κόστος ανταλλακτικών

Με το πέρασμα του χρόνου, είναι σύνηθες φαινόμενο να αυξάνεται ο εσωτερικός χώρος. Αποτέλεσμα αυτών είναι ότι δεν υπάρχει η «θυσία» του χώρου και των ανέσεων που θα υπήρχαν σε μεγαλύτερο όχημα.

Φυσικά αυτά γίνονται ασήμαντα στην περίπτωση που ενδιαφέρεται μία οικογένεια να αποκτήσει ένα αυτοκίνητο για μεγαλύτερα ταξίδια (AutoDeal, n.d.).

ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΑΝΑΡΤΗΣΗΣ

Στόχος, είναι σε μία ανάρτηση, να μην υπάρχουν ταλαντώσεις αλλά αποσβέσεις, αυτό σημαίνει πως ο αποσβεστήρας πρέπει να διαμορφωθεί ανάλογα με το ελατήριο το οποίο θα συνδυαστεί προκειμένου να μην υπάρχουν ταλαντώσεις στο σύστημα ανάρτησης.

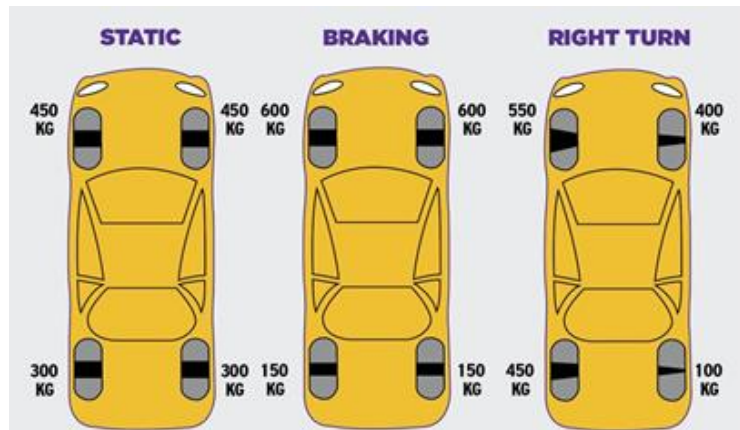
Το βάρος που δέχεται η κάθε ανάρτηση, όταν το αυτοκίνητο είναι ακίνητο ή σε ήρεμη διαδρομή είναι το $\frac{1}{4}$ του συνολικού βάρους ανά ανάρτηση. Σύμφωνα με εταιρίες αναρτήσεων αλλά και ελαστικών, οι αποσβεστήρες που χρησιμοποιούνται σε αυτήν την κατηγορία, είναι οι ίδιοι που χρησιμοποιούνται και σε μεγαλύτερες κατηγορίες όπως Sedan.

Οι αναρτήσεις ως γνωστόν που σηκώνουν το μεγαλύτερο βάρος είναι οι μπροστινές μιας και στην κατηγορία αυτή ισχύει το 2 εμπρός 1 πίσω. Αυτό σημαίνει ότι τα $\frac{2}{3}$ του βάρους του αμαξώματος είναι στις εμπρός αναρτήσεις και το υπόλοιπο $\frac{1}{3}$ στις πίσω. Για αυτόν τον λόγο είναι υπεύθυνη η τοποθέτηση του κινητήρα στο εμπρός μέρος του οχήματος καθώς είναι η αποδοτικότερη λύση για την εξοικονόμηση βάρους (RacingCarTechnology, n.d.).

Εξαιτίας των παραπάνω, η ανάρτηση σε διάταξη MacPherson για τις εμπρός αναρτήσεις είναι η καλύτερη λύση, με βάση το κεφάλαιο που έγινε ανάλυση της συγκεκριμένης ανάρτησης με τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά της.

Κατα μέσο όρο, ένα αυτοκίνητο της συγκεκριμένης κατηγορίας ζυγίζει έως και 1500 κιλά μαζί με επιβάτες, τα υγρά του αυτοκινήτου και τις αποσκευές. Με αυτό λοιπόν σαν κριτήριο, προκύπτει πως υπάρχει το βάρος των 600 κιλών στον πίσω άξονα και των 900 στον εμπρός άξονα σε κατάσταση ηρεμίας. Το μεγαλύτερο δυνατό βάρος που θα δεχτούν οι αναρτήσεις βρίσκεται στον εμπρός άξονα τη στιγμή ενός φρεναρίσματος, καθώς, με βάση τον Νόμο της Αδράνειας, η πλειοψηφία του βάρους που

υπήρχε στον πίσω άξονα θα μεταφερθεί εμπρός, το ίδιο ισχύει και σε ανάλογες στιγμές που αλλάζει ο προσανατολισμός του οχήματος και στρίβει.



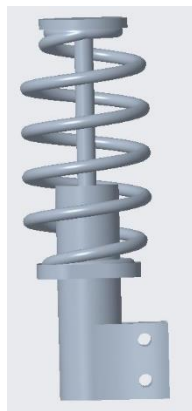
Εικόνα 58: Επεξήγηση της μετατόπισης του βάρους οχήματος σε αντίστοιχες στιγμές. Από αριστερά προς δεξιά: ακίνητο, σε πέδηση, σε δεξιά στροφή

Όπως βλέπουμε στην εικόνα 58, το βάρος που καλείται να «αντέξει» μία εμπρός ανάρτηση σε ένα τέτοιο όχημα ορίζεται στα 600 κιλά. Χωρίς αυτό να σημαίνει βέβαια πως αυτό είναι το ανώτατο όριο αντοχής.

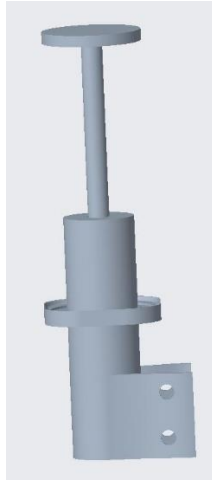
ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΑΝΑΡΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ ΧΑΜΗΛΟΥ ΚΥΒΙΣΜΟΥ

Για την σχεδίαση ανάρτησης (Εικόνα 59) στην κατηγορία χαμηλού κυβισμού, χρησιμοποιήθηκαν σαν πρότυπο οι μελέτες και έρευνες που έγιναν σε όλα τα κεφάλαια.

Η ανάλυση, η σχεδίαση και όλες οι μετρήσεις της ανάρτησης έγιναν όταν η ανάρτηση είναι ήδη πάνω στο όχημα. Αυτό σημαίνει, ότι το ελατήριο και ο αποσβεστήρας σχεδιάστηκαν με το σκεπτικό πως είναι ήδη το αυτοκίνητο με το βάρος του επάνω στην ανάρτηση, για αυτο το λόγο οι διαστάσεις είναι εκθετικά όλες πιο μικρές, για αυτό επίσης το λόγο η ανάλυση γίνεται με το επιπλέον βάρος που θα έχει το αυτοκίνητο στις συνθήκες που η ανάρτηση θα έχει το μεγαλύτερο stress.



Εικόνα 59: Ανάρτηση

ΑΠΟΣΒΕΣΤΗΡΑΣ

Εικόνα 60: Αποσβεστήρας σχεδιασμένης ανάρτησης.

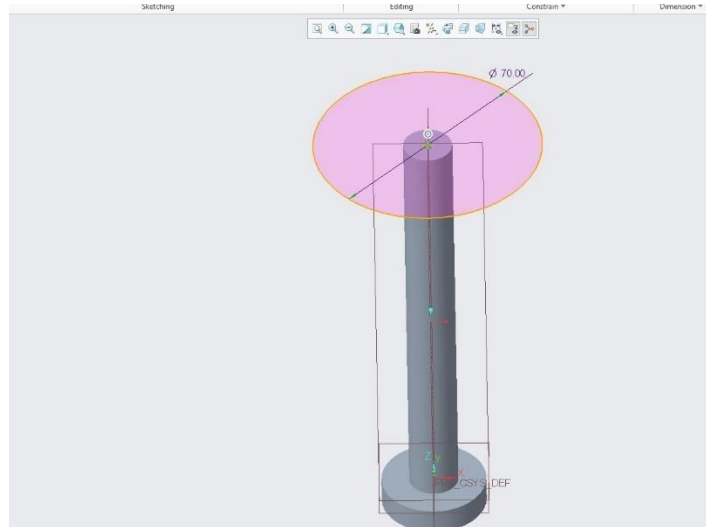
Ο αποσβεστήρας της ανάρτησης έχει σχεδιαστεί με βάση τα πρότυπα και τις διαστάσεις των αποσβεστήρων που χρησιμοποιούνται στα αυτοκίνητα χαμηλού κυβισμού. (Εικόνα 60)

Ο αποσβεστήρας αποτελείται από 2 μέρη. Το έμβολο πάνω στο οποίο πατάει το αμάξωμα και η μπουκάλα, το μέρος που περιέχει τα κατάλληλα υγρά και το έμβολο προκειμένου να πραγματοποιείται η απόσβεση.



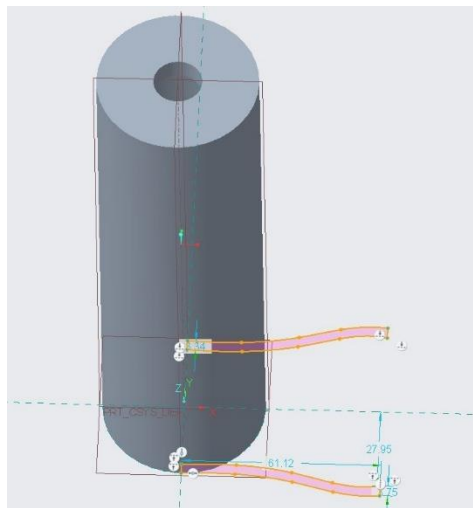
Εικόνα 61: Έμβολο σχεδιασμένου αποσβεστήρα.

Το έμβολο (Εικόνα 61) έχει διαστάσεις ύψους 146 χιλιοστών και μέγιστου πλάτους 70 χιλιοστών της κεφαλής που ακουμπά στο αμάξωμα και επίσης στο εσωτερικό του «αγκαλιάζει» το ελατήριο. (Εικόνα 62)



Εικόνα 62: Διαστάσεις κεφαλής εμβόλου.

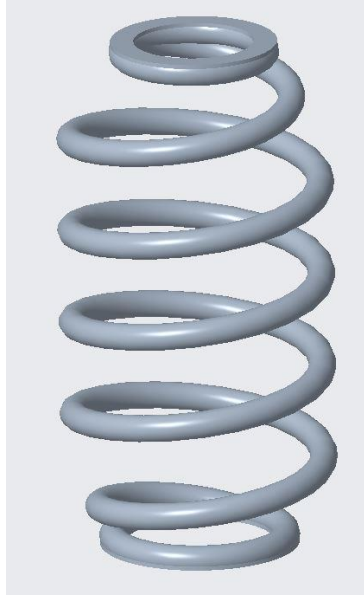
Η μπουκάλα (Εικόνα 63) έχει στο κάτω μέρος της είναι 50 χιλιοστά χωρίς τον μηχανισμό με τις οπές όπου θα βιδωθεί στο ψαλίδι, τα στηρίγματα έχουν επιπλέον διαστάσεις 31 χιλιοστών και ξεκινούν από τη μέση απόσταση της βάσης.



Εικόνα 63: Σχεδιασμός στηριγμάτων της μπουκάλας αποσβεστήρα

Στην μπουκάλα υπάρχει η κάτω βάση για το ελατήριο το οποίο την περιτριγυρίζει και η οποία έχει μέγιστο πλάτος 75 χιλιοστά και πάχος 8 χιλιοστών. Στο τέλος έχουμε την οπή του εμβόλου που είναι στα 15 χιλιοστά όπου είναι και η διάσταση του κοσμού του εμβόλου.

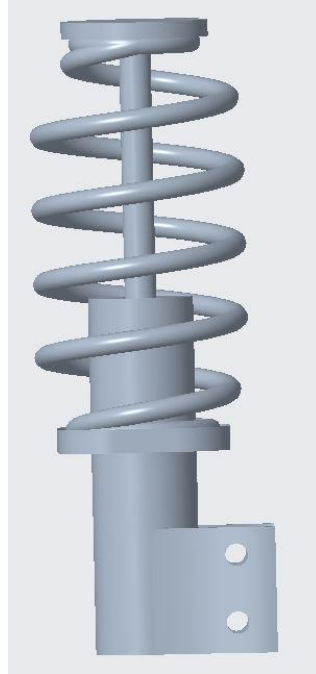
ΕΛΑΤΗΡΙΟ



Εικόνα 64: Σχεδιασμένο ελατήριο.

Το ελατήριο (Εικόνα 64) που σχεδιάστηκε είναι γραμμικό κλειστού τέλους για καλύτερη αντοχή στο χρόνο και επειδή δεν προορίζεται για εκτός δρόμου διαδρομή. Χαρακτηριστικά:

- 190 χιλιοστά μεταξύ επάνω και κάτω σπειρώματος
- 56 χιλιοστά η διάμετρος του επάνω σπειρώματος
- 64 χιλιοστά η διάμετρος του κάτω σπειρώματος
- Πάχος σύρματος 35 χιλιοστά
- Μέγιστη διάμετρος 92 χιλιοστά



Εικόνα 65: Τελικό σχέδιο ανάρτησης

ΥΛΙΚΑ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΕΛΑΤΗΡΙΟΥ

Τα υλικά που προτιμήθηκαν για τις δοκιμές ήταν Music Wire ASTM 228, High Carbon Steel (1095), Medium Carbon Steel (1040), Steel (1080) και Τιτάνιο για το ελατήριο. Παρακάτω αναλύονται τα παραπάνω υλικά όσο ναφορά τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά τους, καθώς και τα αποτελέσματα από τις στατικές μελέτες που έγιναν.

MUSIC WIRE ASTM 228

Πρόκειται για ένα υλικό που έχει εφαρμογή στα έγχορδα μουσικά όργανα αλλά και στα ελατήρια αναρτήσεων (Εικόνα 66). Έχει την ιδιότητα να απορροφά την κινητική ενέργεια χωρίς να παραμορφώνεται. Το κόστος του ανέρχεται στα 1,5\$/kg στην αγορά. (AISI, n.d.) (Steel Grades, n.d.) (Material Property Data, n.d.)

Πλεονεκτήματα του υλικού είναι:

- Υψηλή ελαστικότητα
- Υψηλή διαθεσιμότητα στην αγορά
- Εύκολη διαμόρφωση και κατασκευή
- Υψηλή αντοχή σε εφελκυσμό
- Οικονομικό όσον αφορά την αγορά του
- Αντοχή στη σκουριά και τη διάβρωση, είναι ανοξείδωτο

Όπως όλα τα υλικά και μέταλλα, εκτός από τα πολλά πλεονεκτήματά τους έχουν και μειονεκτήματα, έτσι και το συγκεκριμένο υλικό. Είναι απαγορευτική η χρήση του σε ακραίες θερμοκρασίες, καθώς υπάρχει πιθανότητα κάτω από κρουστικά φορτία και ακραίες θερμοκρασίες να υπάρξει υποχώρηση από την αρχική του διάσταση και να μην επανέλθει πλήρως.

Πρόκειται για ένα κράμα μετάλων, που αποτελείται από:

- 98,1% σίδηρο
- 1% άνθρακα
- 0,6% μαγγάνιο
- 0,3% πυρίτιο.

Material Preview

Name: METAL_WIRE

Description:

Density: 7.8 g/cm³

Structural | Thermal | Fluid | Miscellaneous | Appearance | User Defined

Symmetry: Isotropic

Stress-Strain Response: Linear

Poisson's Ratio: 0.313

Young's Modulus: 210 GPa

Coeff. of Thermal Expansion: /C

Mechanisms Damping: sec/mm

Material Limits

Tensile Yield Stress: 1650 MPa

Tensile Ultimate Stress: kPa

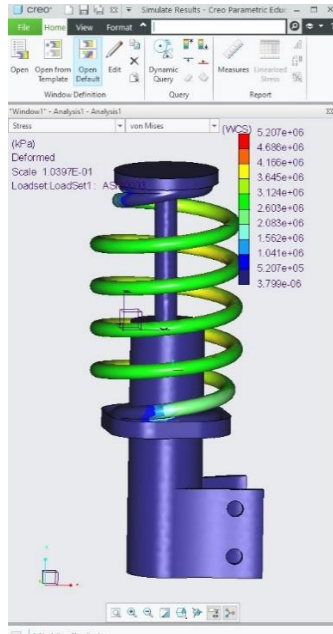
Compressive Ultimate Stress: kPa

Failure Criterion: None

Fatigue: None

Εικόνα 66: Υλικό ελατηρίου Music Wire ASTM 228

Το αποτέλεσμα μετά την στατική ανάλυση-άσκηση δύναμης των 8000N τα αποτελέσματα του συγκεκριμένου υλικού για το ελατήριο ήταν πως μπορεί να αντέξει το συγκεκριμένο φορτίο χωρίς να φτάσει σε κρίσιμα επίπεδα όσον αφορά την δομική του ακεραιότητα και η μέγιστη μετατόπιση του ελατηρίου ήταν 125,3mm. (Εικόνα 67)



Εικόνα 67: Στατική ανάλυση ελατηρίου με σκοπό την αντοχή του με υλικό το Music Wire ASTM 228.

HIGH CARBON STEEL (1095) ΑΝΘΡΑΚΟΥΧΟΣ ΧΑΛΥΒΑΣ 1095

Πρόκειται για ένα από τα δημοφιλέστερα κράματα χάλυβα λόγω της μεγάλης αντοχής του σε φορτία και θερμοκρασίες με κόστος 0,8\$/kg. (Εικόνα 68) Αποτελείται από:

- 98,4% σίδηρο
- 0,95% άνθρακα
- 0,5% μαγγάνιο
- 0,05% θείο
- 0,04% φώσφορος

Ο βαθμός μηχανικής κατεργασίας του 1095 φτάνει το 42% κάτι που το ταξινομεί στα δύσκολα προς κατεργασία σύμφωνα με το AISI (Αμερικάνικο ινστιτούτο χάλυβα και ατσάλιου). Όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό τόσο πιο εύκολο είναι στην κατεργασία του ένα υλικό, με την κατάταξη να μην σταματά στο 100% αλλά υπάρχουν υλικά που κατατάσσονται στο 450-550%. (AISI, n.d.) (Material Property Data, n.d.) (Steel Grades, n.d.)

ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΥΛΙΚΟΥ

Για την διαμόρφωσή του μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι συμβατικές τεχνικές, χρειάζεται περισσότερη δύναμη και ενέργεια για την διαμόρφωσή του σε σχέση με τα κράματα σε χαμηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα. Μπορεί να συγκολληθεί αλλά είναι απαραίτητη η προθέρμανση του χάλυβα στους 260-315°C και η μεταθέρμανσή του στους 648-788°C. Για την σκλήρυνσή του είναι απαραίτητο να ξεπεράσει η θερμοκρασία του τους 899°C και στην συνέχεια να γίνει η ψύξη του με ειδικό λάδι προκειμένου να σκληρύνει. Για την σφυρηλάτησή του είναι απαραίτητο η θερμοκρασία του να βρίσκεται ανάμεσα στους 955 και 1177°C.

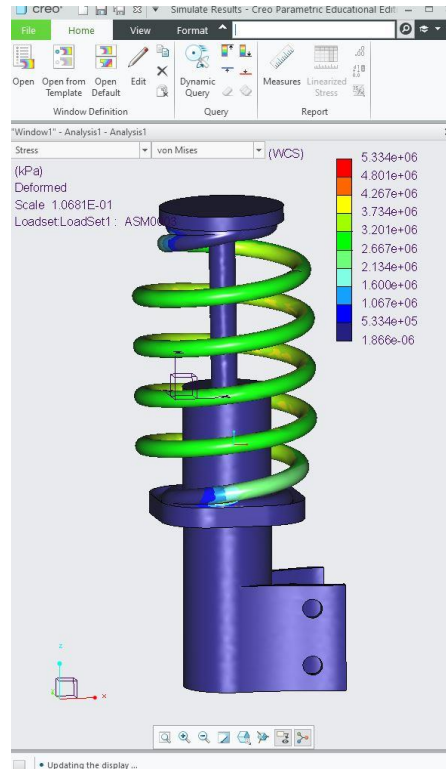
Ο ανθρακούχος χάλυβας 1095 μπορεί να κατεργαστεί εν θερμό στους 94-483 °C, ενώ η ψυχρή του κατεργασία εξαρτάται από το μέγεθος και τον όγκο του υλικού την στιγμή της κατεργασίας, όμως η δύναμη που είναι απαραίτητη προκειμένου να κατεργαστεί ξεπερνά κατά πολύ εκείνη των υλικών σε χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα. Ανόπτεται (θερμική επεξεργασία προκειμένου να αλλάξουν οι ιδιότητές του) στους 899 βαθμούς Κελσίου, το ίδιο με την σκλήρυνση που και εκείνη αποτελεί αλλαγή των ιδιοτήτων του υλικού. Τέλος, η σκληρότητα Rockwell (στατική μέθοδος σκληρότητας υλικών) είναι στα HRC55.

Στα μειονεκτήματα του υλικού είναι η πολύ εύκολη διάβρωση-μιας και δεν είναι ανοξειδωτο-με αποτέλεσμα να σκουριάζει εύκολα και να είναι απαραίτητη η φροντίδα του ανά τακτά διαστήματα, κάτι που το κάνει-σύμφωνα με τα αποτελεσμάτα-καλό για αυτοκίνητο λόγω των επιδόσεων στις μελέτες που έγιναν, όμως, καθόλου πρακτικό μιας και τα αυτοκίνητα βρέχονται, πράγμα που σημαίνει πως το νερό θα κάνει την διάβρωση επιταχυνόμενη.

The image shows a 'Material Preview' dialog box for 'STEEL_HIGH_CARBON'. The 'Name' field contains 'STEEL_HIGH_CARBON'. The 'Description' field contains 'Sample materials data from ANSYS Granta' and 'See grantadesign.com/PTC for more'. The 'Density' is set to 7850 kg/m³. The 'Structural' tab is selected, showing 'Symmetry' as 'Isotropic' and 'Stress-Strain Response' as 'Linear'. The 'Material Limits' section includes 'Tensile Yield Stress' (7.61e+08 Pa), 'Tensile Ultimate Stress', and 'Compressive Ultimate Stress'. The 'Failure Criterion' and 'Fatigue' are both set to 'None'. The dialog has 'OK' and 'Cancel' buttons at the bottom.

Εικόνα 68: Ιδιότητα ανθρακούχου χάλυβα 1095.

Το αποτέλεσμα μετά την στατική ανάλυση-άσκηση δύναμης των 8000N τα αποτελέσματα του συγκεκριμένου υλικού για το ελατήριο ήταν πως μπορεί να αντέξει το συγκεκριμένο φορτίο και η μέγιστη μετατόπιση του ελατηρίου ήταν 126,8mm. (Εικόνα 69)



Εικόνα 69: Στατική ανάλυση ελατηρίου με σκοπό την αντοχή του με υλικό το χάλυβα 1095

MEDIUM CARBON STEEL (1040)

Πρόκειται για ένα από τα δημοφιλέστερα κράματα χάλυβα λόγω της μεγάλης αντοχής του σε φορτία και θερμοκρασίες με κόστος 0,7\$/kg. (Εικόνα 70) Αποτελείται από:

- 98.6% χάλυβα
- 0,4% άνθρακα
- 0,9% μαγγάνιο
- 0,05% θείο
- 0,04% φώσφορο

Χρησιμοποιείται όταν απαιτείται μεγαλύτερη αντοχή και σκληρότητα σε κατάσταση έλασης. Είναι ιδανικό για σφυρηλάτηση σαν διαδικασία επεξεργασίας. Οι χρήσεις του περιλαμβάνουν γρανάζια, άξονες, έκκεντρος, μπουλόνια κ.αλ.

Ο 1040 είναι ένας χάλυβας μεγάλης αντοχής σε εφελκυσμό, κατάλληλο για άξονες, πείρους με πίεση, καρφιά, κλειδιά κλπ. Θα χρειαστεί να θερμανθεί μεταξύ 300-500°C για την συγκόλλησή του και επαναθερμανθεί μεταξύ 1100-1200°C μετά την συγκόλλησή του με σκοπό την ομογενοποίησή του, διαφορετικά, η περιοχή κοντά στη συγκόλληση μπορεί να δημιουργήσει ρωγμές ή και να γίνει εύθραστη και να προκαλέσει αστοχία του εξαρτήματος κατά τη χρήση.

Η απόλυτη αντοχή σε εφελκυσμό είναι το μέγιστο φορτίο που θα υποστηρίξει ένα υλικό πριν σπάσει. Ο σκοπός είναι να βρεθεί το σημείο στο οποίο ένα υλικό θα αστοχήσει όταν υποστηρίξει ένα δεδομένο φορτίο ή διατηρεί μια καθορισμένη δύναμη. Ο χάλυβας 1040 θα υποστηρίξει 90.000 P.S.I. προτού αποτύχει, αυτό φυσικά αν ήταν θερμής έλασης. Αυτή η αντοχή πέφτει στα 85.500 PSI όταν ο χάλυβας

έχει κανονικοποιηθεί ή έχει επιστρέψει όσο το δυνατόν πιο κοντά στην κατάσταση στην οποία βρισκόταν όταν παρήχθη. Η αντοχή σε εφελκυσμό πέφτει ακόμη περισσότερο, στα 72.250 P.S.I όταν έχει ανόπτηση ή φθάσει στο μαλακότερο σημείο του ενώ είναι κρύο. Η κανονικοποίηση είναι δύο παραδείγματα θερμικών επεξεργασιών.

Η ολκιμότητα είναι η ικανότητα ενός υλικού να αλλάζει σχήμα υπό πίεση και δύναμη χωρίς να σπάει. Είναι επίσης ένα μέτρο του πόσο μακριά ένα υλικό θα τεντωθεί ή συρρικνωθεί από τη δύναμη πριν ραγίσει ή σπάσει. Όσο πιο ολκιμο είναι ένα μέταλλο, τόσο πιο εύκολο είναι να παραμορφωθεί και αναμορφωθεί χωρίς την εφαρμογή θερμότητας. Οι αυτοκινητοβιομηχανίες εκμεταλλεύονται την ολκιμότητα του χάλυβα όταν κατασκευάζουν τα οχήματά τους σε αυτά που ονομάζονται «ζώνες τσαλακώματος». Αυτά τα μέρη ενός αυτοκινήτου, έχουν σχεδιαστεί σκόπιμα για να τσαλακώνονται υπό δύναμη, απορροφώντας την κρούση και αποτρέποντας τον τραυματισμό των επιβατών.

Ο χάλυβας 1040 μπορεί να παραμορφωθεί σε λιγότερο από 28% των αρχικών του διαστάσεών του με 54,9% μείωση της επιφάνειάς του κάτι που το κάνει για υλικό ελατηρίου ανάρτησης ακατάλληλο, μιας και μετά από κάποιες χρήσεις θα έχει μειωμένες διαστάσεις αντοχής.

Στην στατική μελέτη που έγινε, η διαφορά που υπήρχε σε σχέση με τον χάλυβα 1095 ήταν μικρή και ο 1040 είχε μετατόπιση 127,8 mm σε αντίθεση με τα 126,8mm του 1095 (Εικόνα 71). Το Music Wire ASTM 288 παραμένει το κατάλληλο υλικό ως τώρα, με 125,3mm μετατόπιση και χωρίς τα μειονεκτήματα της ολκιμότητας και της διάβρωσης των υπολοίπων δύο υλικών. (AISI, n.d.) (Material Property Data, n.d.) (Steel Grades, n.d.)

Material Preview

Name
STEEL_MEDIUM_CARBON

Description
Sample materials data from ANSYS Granta
See grantadesign.com/PIC for more.

Density 7850 kg/m³

Structural Thermal Fluid Miscellaneous Appearance User Defined

Symmetry Isotropic

Stress-Strain Response Linear

Poisson's Ratio 0.29

Young's Modulus 2.12e+11 Pa

Coeff. of Thermal Expansion 1.12e-05 /K

Mechanisms Damping sec/mm

Material Limits

Tensile Yield Stress 5.89e+08 Pa

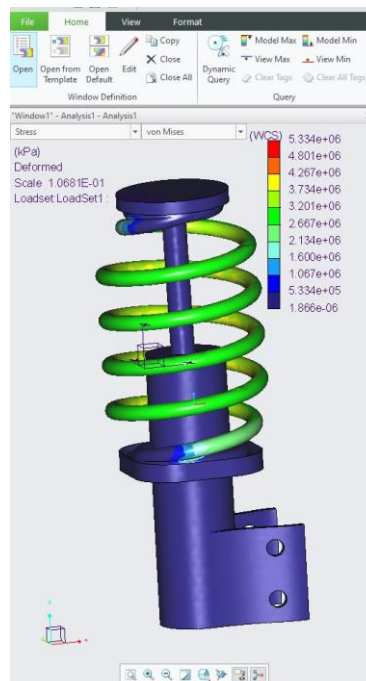
Tensile Ultimate Stress kPa

Compressive Ultimate Stress kPa

Failure Criterion
None

Fatigue
None

Εικόνα 70: Ιδιότητες ανθρακούχου χάλυβα 1040.



Εικόνα 71: Στατική ανάλυση ελατηρίου με σκοπό την αντοχή του με υλικό το χάλυβα 1040

ΑΤΣΑΛΙ 1080 (STEEL 1080)

Ο χάλυβας 1080 είναι μη κραματοποιημένος χάλυβας, γνωστός ως ανθρακούχος χάλυβας, που χρησιμοποιείται κυρίως για τη δημιουργία προϊόντων που κατασκευάζονται με την μέθοδο της σφυρηλάτησης. (Εικόνα 72)

Έχει υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα και λιγότερη ολκιμότητα. Αυτό που κάνει το συγκεκριμένο ατσάλι τόσο δημοφιλές, είναι η αντοχή του σε εφελκυσμό καθώς και το κόστος το οποίο ανέρχεται στα 1.54\$/kg. Η επίσημη ονομασία του που θα το βρει κάποιος στην αγορά είναι SAE-AISI 1080.

Οι χάλυβες συνήθως έχουν μικρή περιεκτικότητα σε άνθρακα. Ο χάλυβας 1080 έχει 2,5% περισσότερο περιεκτικότητα σε άνθρακα σε σχέση με τον τυπικό γνωστό χάλυβα, γεγονός που τον κάνει να ξεχωρίζει. Έχει ποσοστό άνθρακα που αγγίζει το 0,88%, είναι πλήρως περλιτικός (ο περλίτης είναι μικρογραφική δομή του χάλυβα που αποτελείται από εναλλασσόμενα φύλλα φερριτή και σεμεντίτη) χάλυβας υψηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα, κάτι που το κάνει πιο απαιτητικό όσον αφορά την διαμόρφωσή του.

Είναι το πιο γνωστό είδος χάλυβα και χρησιμοποιείται ευρέως σε ανταλλακτικά αυτοκινήτου, ελατήρια, πλήκτρα πιάνου, μουσικά όργανα, άξονες σε οχήματα, μαχαιρία. Τα υλικά που περιέχει το συγκεκριμένο είδος χάλυβα είναι τα εξής:

- 98,65% χάλυβας
- 0,88% άνθρακας
- 0,9% μαγγάνιο
- 0,05% θείο
- 0,04% φώσφορος

Ένας από τους κύριους λόγους που είναι τόσο δημοφιλές στους κατασκευαστές είναι το κόστος και η σχέση απόδοσης-τιμής. Η ανθεκτικότητά του χάλυβα 180, επιτρέπει στους κατασκευαστές να το χρησιμοποιούν για σχεδόν οποιοδήποτε προϊόν, κάθε φορά που πρέπει να χρησιμοποιηθεί χάλυβας για την κατασκευή ενός προϊόντος, πρέπει να θερμαίνεται. Όταν θερμαίνεται ο χάλυβας σε υψηλή θερμοκρασία, στη συνέχεια λιώνει και μπορεί να πάρει το επιθυμητό σχήμα, η υψηλή ελατότητα που έχει ο χάλυβας 1080, είναι αυτό που τον κάνει τόσο μοναδικό, είναι ελαστικό και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία πολύπλοκων αντικειμένων. (AISI, n.d.) (Material Property Data, n.d.) (Steel Grades, n.d.)

ΑΝΤΟΧΗ

Ο χάλυβας έχει πολλαπλές ιδιότητες, τα κύρια χαρακτηριστικά είναι από υψηλή αντοχή εφελκυσμού έως χαμηλή ευκαμψία. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο χρησιμοποιείται για την κατασκευή υλικών που χρησιμοποιούνται σε σπίτι. Δεδομένου ότι ο χάλυβας 1080 είναι ανθετικός στη φωτιά, είναι επίσης γνωστό ότι προστατεύει τα σπίτια από πιθανές φυσικές καταστροφές καθώς έχει αντισεισμικές ιδιότητες. Τα σπίτια που είναι κατασκευασμένα από το συγκεκριμένο χάλυβα είναι γνωστό ότι έχουν υψηλή αντοχή από τυφώνες και ανεμοστρόβιλους καθώς και λόγω της υψηλής αντοχής σε κραδασμούς το καθιστά από τις πρώτες επιλογές για σπίτια.

Είναι από τους πιο συμπαγές χάλυβες στην αγορά, αυτό τον κάνει να μην χάνει την δοκιμή του ακεραιότητα με την πάροδο του χρόνου, αυτός είναι ο λόγος που χρησιμοποιείται σε όλο τον κόσμο για την κατασκευή δρόμων, αυτοκινητόδρομων και σε γέφυρες, έχει αργό ρυθμό διάβρωσης όσον αφορά τη

σκουριά, όμως, αυτό σημαίνει ότι σκουριάζει αν είναι εκτεθειμένος σε συνθήκες υγρασίας και αν δεν καλύπτεται αεροστεγώς.

Πλεονεκτήματα συγκεκριμένου χάλυβα:

- Αντοχή σε εφελκυσμό
- Υψηλή ελαστικότητα την ώρα της κατεργασίας
- Φιλικό προς το περιβάλλον, το 70% του χάλυβα 1080 είναι πιο ανακυκλώσιμο από γυαλί, χατί και πλαστικό
- Υψηλή αντοχή σε φθορά

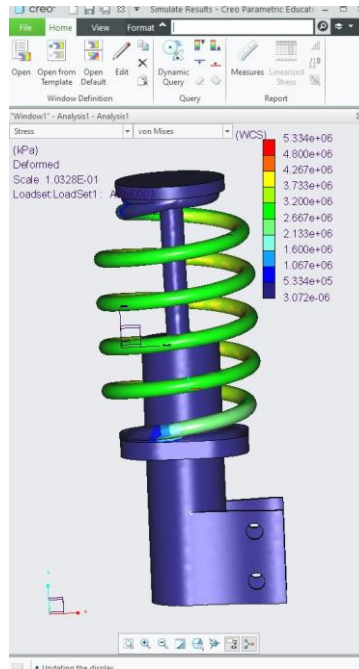
Μειονεκτήματα συγκεκριμένου χάλυβα:

- Δύσκολο στην κατεργασία εξαιτίας του πόσο συμπαγές είναι
- Ακατάλληλο για εργασίες συγκόλλησης σε περίπτωση φθοράς
- Δεν είναι όμορφο αισθητικά, δεν έχει ωραία εμφάνιση από μόνο του, πρέπει να γίνει επεξεργασία
- Έχει αρκετά μεγάλο βάρος για τον όγκο του
- Σκουριάζει με αργούς ρυθμούς, αλλά και πάλι θα διαβρωθεί και θα προκαλέσει πρόβλημα

The screenshot shows the 'Material Definition' dialog box for '1080 Steel'. The 'Name' field is filled with '1080 Steel'. The 'Description' field is empty. The 'Density' is set to 8.02 g/cm³. The 'Structural' tab is selected, showing 'Symmetry' as 'Isotropic' and 'Stress-Strain Response' as 'Linear'. The 'Poisson's Ratio' is 0.29, 'Young's Modulus' is 205 GPa, 'Coeff. of Thermal Expansion' is 1.2e-05 /K, and 'Mechanisms Damping' is set to 'sec/mm'. The 'Material Limits' section includes 'Tensile Yield Stress', 'Tensile Ultimate Stress', and 'Compressive Ultimate Stress', all with empty input fields and 'kPa' units. The 'Failure Criterion' and 'Fatigue' sections are both set to 'None'. 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

Εικόνα 72: Ιδιότητες υλικού χάλυβα 1080.

Στην στατική μελέτη που έγινε, το ελατήριο με υλικό αυτή τη φορά τον χάλυβα 1080, είχε μετατόπιση 127,8 mm, παρόμοια με εκείνη του Medium Carbon Steel 1040 και μεγαλύτερη μετατόπιση σε σχέση με τον χάλυβα 1095 που είχε μετατόπιση 126,8mm και το Music Wire που είχε μετατόπιση 125,3mm (Εικόνα 73). Το Music Wire ASTM 288 παραμένει το κατάλληλο υλικό ως τώρα, με 125,3mm μετατόπιση και χωρίς τα μειονεκτήματα της ολκιμότητας, της διάβρωσης, του μεγάλου βάρους αλλά και της δυσκολίας κατεργασίας των υπολοίπων τριών υλικών.



Εικόνα 73: Στατική ανάλυση ελατηρίου με σκοπό την αντοχή του με υλικό το χάλυβα 1080

Υλικά	Κόστος	Μετατόπιση	Διάβρωση	Παραμόρφωση	Δημοτικότητα
High carbon steel (1095)	0.8\$/kg	126.8mm	Ναι	Όχι	Ναι
Medium carbon steel (1040)	0.7\$/kg	127.8mm	Ναι	Ναι	Όχι
1080 steel	1.54\$/kg	127.8mm	Ναι	Όχι	Όχι
Music wire A228	1.5\$/kg	125.8mm	Όχι	Όχι	Ναι
Titanium	45\$/kg	126.2mm	Όχι	Όχι	Ναι
Beryllium copper	23\$/kg		Όχι	Ναι	Όχι
Stainless steel	1.2\$/kg		Όχι	Ναι	Ναι
Nickel based alloys	60\$/kg		Όχι	Όχι	Ναι

Πίνακας 1: Πίνακας των υλικών και χαρακτηριστικών τους

Στον πίνακα 1 φαίνεται ο πίνακας των υλικών και των χαρακτηριστικών τους, μαζί με το κόστος και την μετατόπιση την οποία παρουσίασαν μετά τις στατικές αναλύσεις

Το υλικό που επιλέγεται, είναι το Music Wire ASTM 228. Ο λόγος που επιλέχθηκε το συγκεκριμένο υλικό, είναι η χαμηλότερη μετατόπιση που είχε στην στατική ανάλυση που έγινε, η αντοχή στην

διάβρωση, η αντοχή στην παραμόρφωση που έχει σαν υλικό καθώς και η δημοτικότητα στον τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας στον χώρο των ελατηρίων. Όσα υλικά έδειξαν βάση έρευνας και ανάλυσης πως μπορούν να σκουριάσουν και να παραμορφωθούν, απορρίφθηκαν ασχέτως αν η μετατόπιση η οποία είχαν στην στατική ανάλυση ήταν ικανοποιητική και πολύ κοντά στο Music Wire. Ο λόγος είναι πως η διάβρωση και η παραμόρφωση, ασχέτως πόσο μικρή μπορεί να είναι, βάζει σε κίνδυνο την δομική ακεραιότητα του συστήματος ανάρτησης, καθώς και των επιβατών του οχήματος. Κάποια υλικά που δεν παραμορφώνονται αλλά και δεν σκουριάζουν, απορρίφθηκαν λόγω του τεράστιου κόστους που έχουν, το Τιτάνιο, το χαλκοβηρύλλιο καθώς και τα κράματα με βάση το Νικελ φτάνουν σε πολύ υψηλές τιμές, γεγονός, που τα κάνει να τα συναντάμε σε σπάνιες περιπτώσεις υπο συγκεκριμένες συνθήκες όπως είναι το άθλημα της Formula 1.

ΑΠΟΣΒΕΣΤΗΡΑΣ

Για το έμβολο και την μπουκάλα του αποσβεστήρα προτιμήθηκε το ατσάλι με τα χαρακτηριστικά της Εικόνας 74. Τα υλικά επιλέχθηκαν βάση της έρευνας και βάση των αναγκών που έχει ένα όχημα της συγκεκριμένης κατηγορίας, καθώς και την δημοτικότητα των υλικών αυτών στην αυτοκινητοβιομηχανία.

Material Preview

Name
STEEL

Description

Density 7.82708e-06 kg/mm³

Structural Thermal Fluid Miscellaneous Appearance User Defined

Symmetry Isotropic

Stress-Strain Response Linear

Poisson's Ratio 0.27

Young's Modulus 1.99948e+08 kPa

Coeff. of Thermal Expansion 1.17e-05 /C

Mechanisms Damping sec/mm

Material Limits

Tensile Yield Stress kPa

Tensile Ultimate Stress kPa

Compressive Ultimate Stress kPa

Failure Criterion
None

Fatigue
None

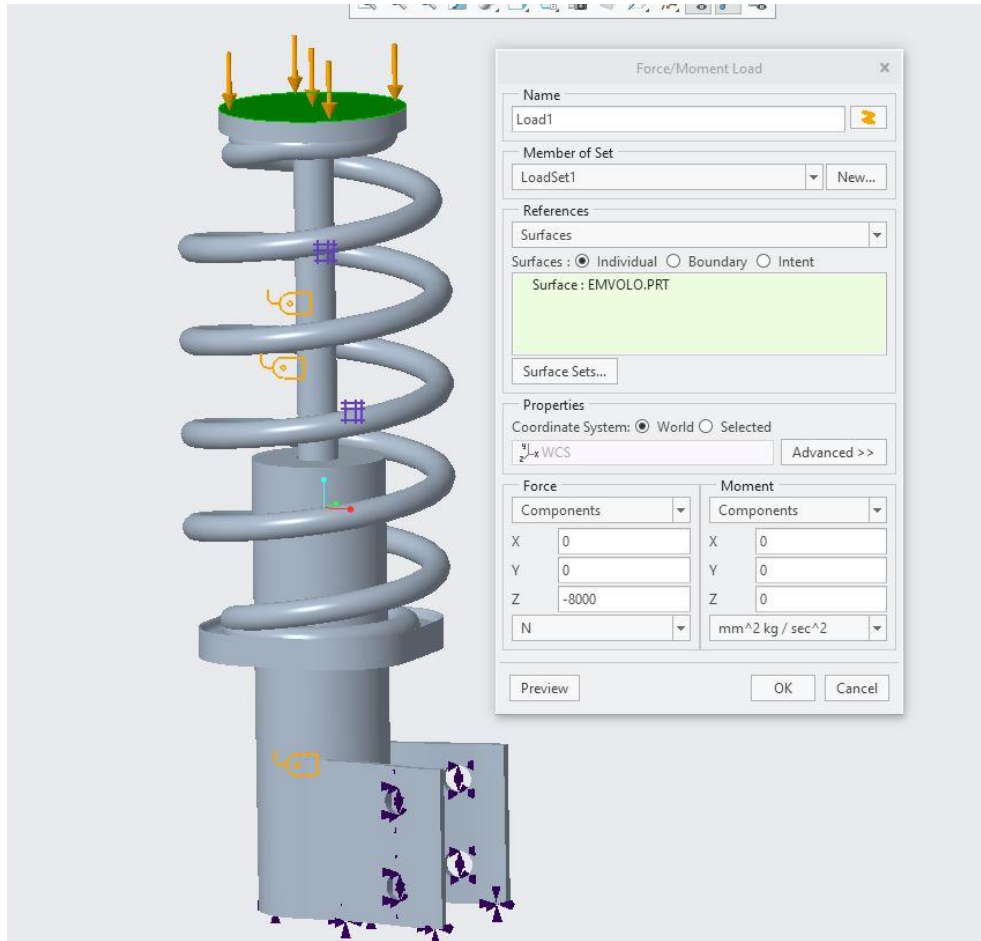
OK Cancel

Εικόνα 74: Υλικό αποσβεστήρα.

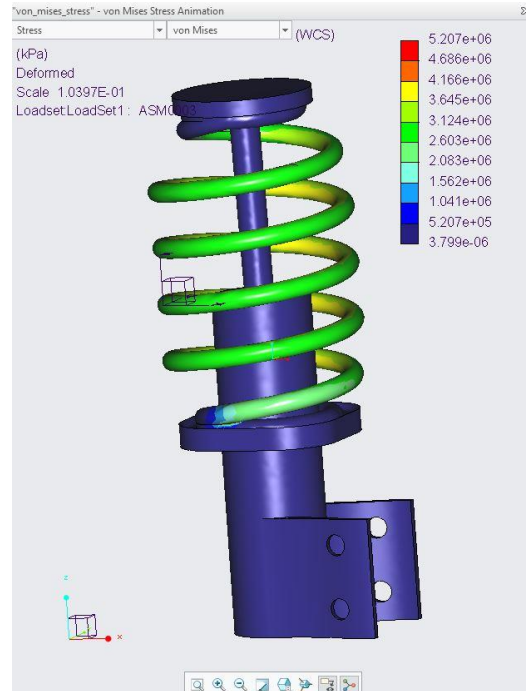
ΣΤΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Στην αρχή δοκιμάστηκε το ελατήριο σε στατική ανάλυση προκειμένου να διαπιστωθεί εάν είναι ικανό να εκπληρώσει το σκοπό του και μάλιστα με ακραίο βάρος σύμφωνα με την έρευνα. Η δύναμη που δοκιμάστηκε για την ανάλυση του ελατηρίου ανέρχεται στα 8000 N (νιούτον) το οποίο ισοδυναμεί με 800 κιλά, βάρος που ξεπερνά κατά πολύ το μέγιστο που δέχονται οι εμπρός αναρτήσεις. Η ανάλυση έγινε στο Simulation του Creo Parametric. (Εικόνα 75)

Τα αποτελέσματα μας έδειξαν ότι το επιλεγμένο υλικό και ο σχεδιασμός είναι υπέρ-αρκετά για τις απαιτήσεις της κατηγορίας. (Εικόνα 76)

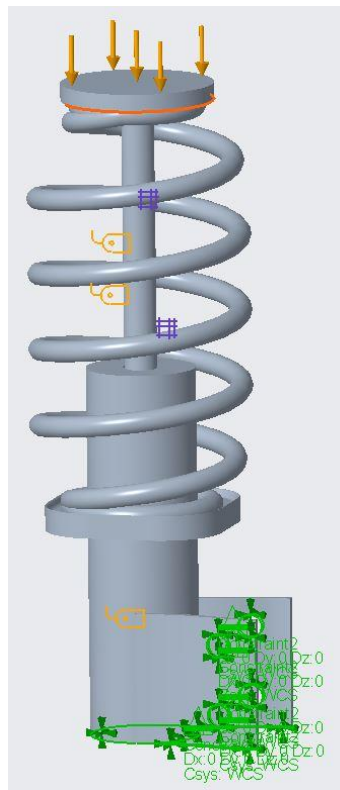


Εικόνα 75: Εφαρμογή των 8000 N (νιούτον)

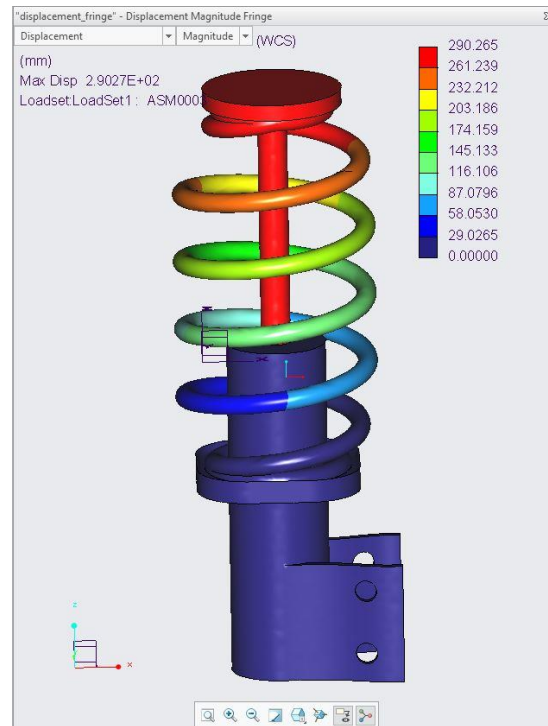


Εικόνα 76: Αποτελέσματα μετά από stress test των 8000N.

Η δύναμη είχε σαν διεύθυνση άσκησης το έμβολο προ τα κάτω , ενώ η μπουκάλα ήταν πακτωμένη στο κάτω μέρος της όπως και στις υποδοχές για τις βίδες και τα στηρίγματα. (Εικόνα 77)



Εικόνα 77: Προβολή πάκτωσης και άσκησης δύναμης.



Εικόνα 78: Η μετατόπιση που έγινε στην ανάλυση.

Με βάση τα αποτελέσματα, το συμπέρασμα είναι ότι το υλικό και ο σχεδιασμός του ελατηρίου είναι ικανός να υποστηρίξει πολλά παραπάνω κιλά από αυτά που χρειάζονται. (Εικόνα 78)

ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΣΒΕΣΤΗΡΑ

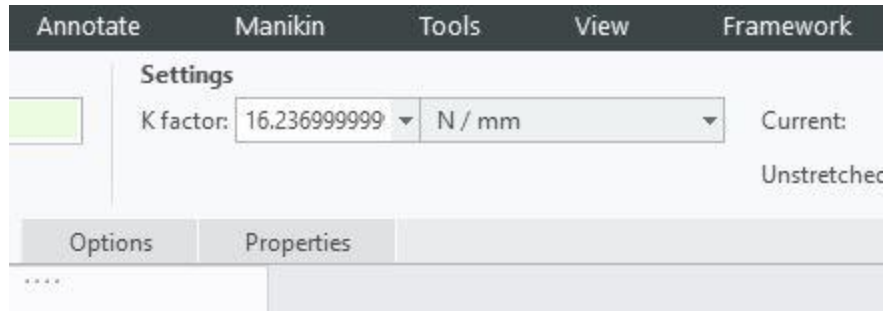
Σε αυτό το κεφάλαιο εξετάζουμε εάν η απόσβεση σε συνδυασμό με την σταθερά ελατηρίου με βάση το υλικό που επιλέχθηκε (Music Wire ASTM 228) μας αποδίδουν ένα ασφαλές και λογικό αποτέλεσμα σε συνθήκες πίεσης της ανάρτησης. Η ανάλυση έγινε στο Mechanism του Creo Parametric. (Εικόνα 79)

Σαν σταθερά ελατηρίου ορίστηκαν τα 16,23 N/mm. Ο αριθμός αυτός βγήκε από την εξής σχέση (Equation 1):

$$k = \frac{G \times d^4}{8 \times N \times D^3} \quad (1)$$

Όπου:

- G = Συντελεστής του υλικού. $G = E / 2 \times (1 + \nu)$
- D = Εξωτερική διάμετρος του ελατηρίου
- N = Αριθμός ενεργών σπειρωμάτων
- d = Εξωτερική μείον την εσωτερική διάμετρο του ελατηρίου
- E = Συντελεστής Young του υλικού
- K = σταθερά ελατηρίου



Εικόνα 79: Σταθερά ελατηρίου.

Σαν σταθερά απόσβεσης δοκιμάστηκαν και οι 3 που είχαν αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο. Μαλακή, φυσιολογική και αγωνιστική ανάρτηση.

Όπως αναφέρθηκε στον τομέα των απαιτήσεων της ανάρτησης του οχήματος, είναι απαραίτητο να μην υπάρχουν ταλαντώσεις σε μία ανάρτηση αλλά μόνο αποσβέσεις και πως ο αποσβεστήρας πρέπει να ρυθμιστεί με βάση το ελατήριο.

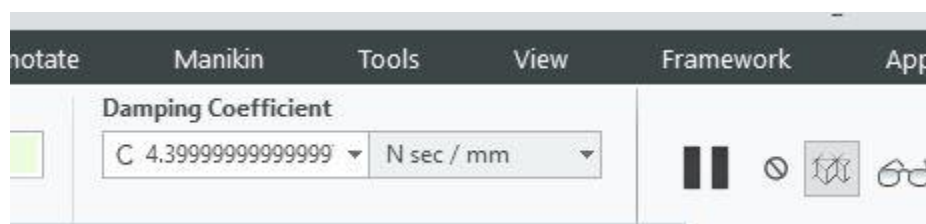
Για να οριστεί ο κατάλληλος αποσβεστήρας έτσι ώστε να μην υπάρχουν ταλαντώσεις, πρέπει να ισχύει η εξής σχέση:

$$C^2 - 4 * (M * K) = 0 \quad (2)$$

Όπου:

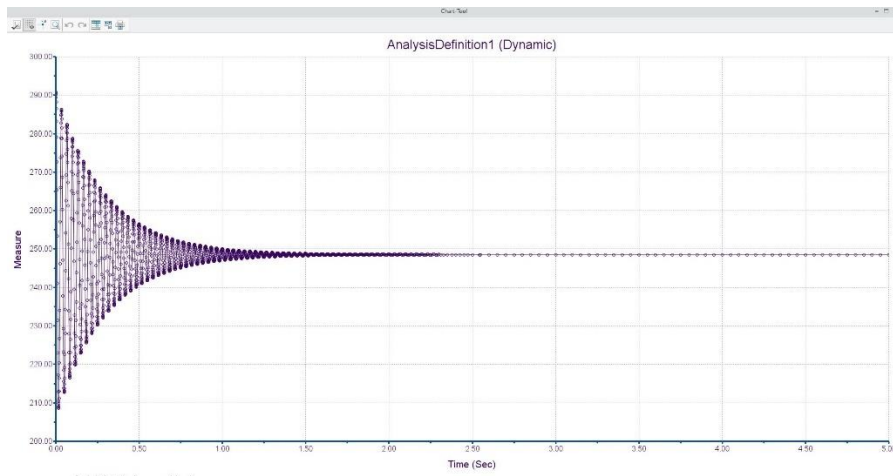
- C = σταθερά απόσβεσης
- M = μάζα που θα "σηκώνει" η ανάρτηση
- K = σταθερά ελατηρίου

Σύμφωνα με τον παραπάνω μαθηματικό τύπο (Equation 2), η σταθερά του αποσβετήρα ορίζεται στα 4,39 N*sec/mm. (Εικόνα 80)



Εικόνα 80: Τιμή σταθεράς αποσβετήρα.

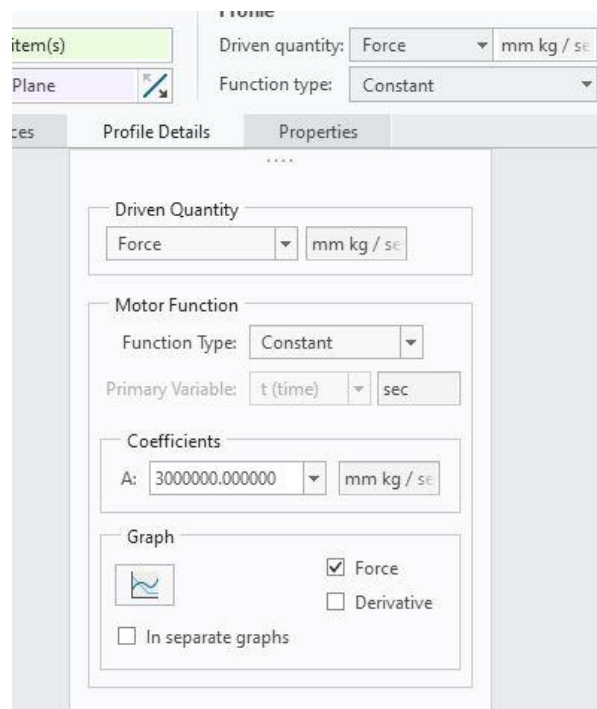
Εάν η παραπάνω εξίσωση είναι μικρότερη του μηδενός, τότε σε αυτήν την περίπτωση θα υπάρχει ταλάντωση, μία ταλάντωση ενδεικτικά έχει αυτήν την εικόνα, σε ένα διάγραμμα Μετατόπισης/Χρόνου.



Εικόνα 81: παράδειγμα ταλάντωσης σε ανάρτηση

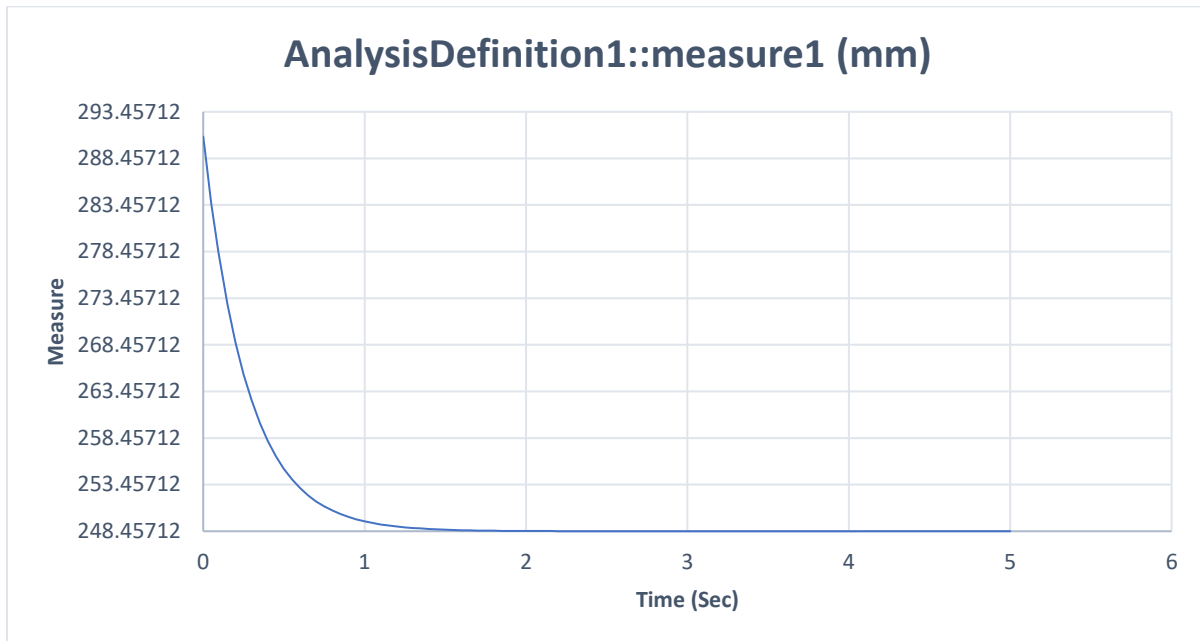
Η δύναμη που εφαρμόζεται ανέρχεται στα $3,000,000 \frac{mm \cdot kg}{sec^2}$ που ισοδυναμεί με 3000 N δηλαδή 300 κιλιά.

Υπενθύμιση. Η απόσβεση δοκιμάζεται με το βάρος που ασκείται την ώρα μίας χρονικής στιγμής και όχι όλου του οχήματος μιας και η ανάρτηση είναι σχεδιασμένη σε κατάσταση ηρεμίας, δηλαδή όταν το όχημα είναι ακίνητο. (Εικόνα 82)



Εικόνα 82: Η δύναμη που ασκείται στην ανάρτηση για την δυναμική ανάλυση

Το αποτέλεσμα της δυναμικής ανάλυσης, στο Mechanism του Creo Parametric σε μία γραφική παράσταση Μετατόπιση/Χρόνου όπως φαίνεται στην (Εικόνα 83)



Εικόνα 83: Διάγραμμα μετατόπισης/χρόνου για την απόσβεση

Σύμφωνα με τον πίνακα και τα αποτελέσματα τα οποία προέκυψαν από την ανάλυση, η πλήρης απόσβεση ήρθε σε 1,85 δευτερόλεπτα, ενώ σε λιγότερο από 1 δευτερόλεπτο έγινε η “αισθητή” για τον επιβάτη απόσβεση. Ο χρόνος είναι ενδεικτικός διότι στη συνέχεια γίνεται μετατόπιση, όμως είναι σε χιλιοστά του χιλιοστού. Τα αποτελέσματα μπορούν να γίνουν εξαγωγή σε αρχείο Excel και να δώσουν μία πολύ λεπτομερή απεικόνιση.

1.65	248.5531
1.7	248.537
1.75	248.5235
1.8	248.5123
1.85	248.503
1.9	248.4953
1.95	248.4888
2	248.4835
2.05	248.4791
2.1	248.4754
2.15	248.4723
2.2	248.4697
2.25	248.4676

2.3 248.4658

Πίνακας 2: Χρόνος/Μετατόπιση απόσβεσης**ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Πραγματοποιήθηκε έρευνα για όλα τα υπομέρη μίας ανάρτησης που χρησιμοποιείται σε ένα αυτοκίνητο, για τον τρόπο κατασκευής τους, τον τρόπο λειτουργίας τους καθώς και των υλικών των οποίων χρησιμοποιούνται για την κατασκευή τους. Μέσω αυτής της διαδικασίας, έγινε κατανοητός ο τρόπος σχεδίασης, αλλά και η επιλογή των υλικών που επιλέχθηκαν μετεγενέστερα προς εξέταση της αντοχής.

Εν συνεχεία πραγματοποιήθηκε έρευνα η οποία αφορά τις ανάγκες ενός αυτοκινήτου στην κατηγορία μικρού κυβισμού, αυτό έγινε προκειμένου να κατανοηθεί πλήρως το μέγεθος της δύναμης που χρειάζεται να ασκηθεί επάνω στην ανάρτηση, προκειμένου να γίνει σωστός έλεγχος των υλικών αργότερα στην στατική ανάλυση.

Η ανάρτηση που σχεδιάστηκε, πληροί τις προϋποθέσεις για να τοποθετηθεί σε ένα όχημα χαμηλού κυβισμού καθώς δοκιμάστηκε μέσω του Creo Parametric σε εντάσεις και βάρος που είναι παραπάνω από το φυσιολογικό, προκειμένου να αντιμετωπιστεί η παραμικρή αμφιβολία όσον αφορά την αντοχή.

Όσον αφορά τα υλικά, δοκιμάστηκαν υλικά που, με βάση την έρευνα έχουν χρησιμοποιηθεί στον χώρο της αυτοκινητοβιομηχανίας. Επιλέχθηκε το Music Wire ASTM 228, ένα υλικό που είναι το πιο σύνηθες στα σπειροειδή ελατήρια αναρτήσεων, είχε την καλύτερη συμπεριφορά καθώς είχε την μικρότερη μετατόπιση στην στατική ανάλυση μετά την άσκηση δύναμης και τα χαρακτηριστικά του υπερτερούν σε σχέση με τα υπόλοιπα υλικά που δοκιμάστηκαν

Το Creo Parametric, ήταν ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο στην σχεδίαση αλλά και στην ανάλυση του τελικού προϊόντος. Μέσω της υπο-λειτουργίας Simulate, ήταν δυνατό να επιλεγούν υλικά, να προστεθούν υλικά στη λίστα υλικών του προγράμματος αλλά και να γίνει μία λεπτομερής στατική ανάλυση ώστε να δωθούν οι κατάλληλες και απαραίτητες πληροφορίες, όσον αφορά την συμπεριφορά της ανάρτησης ανάλογα με το εκάστοτε υλικό. Με αυτήν την λειτουργία πραγματοποιήθηκε ο έλεγχος για την αντοχή του ελατηρίου και του αποσβεστήρα.

Στο κομμάτι της δυναμικής ανάλυσης, βοήθησε το κομμάτι του Mechanism, μέσα από το οποίο, έγινε δυνατό να προστεθούν ακριβές σταθερές απόσβεσης και σταθεράς ελατηρίου. Ανάλογα με την επιλογή υλικού που έγινε, όπως επίσης και αποτελέσματα, με ακρίβεια χιλιοστού του χιλιοστού, κάτι, που κάνει την ανάλυση και τα αποτελέσματά της πολύ ακριβή που βοήθησε στην κατανόηση του συστήματος ανάρτησης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 4x4 Review*. (Χ.Χ.). Ανάκτηση από <https://www.4x4review.com/everything-you-wanted-to-know-about-shock-absorbers/>
- Airliftcompany*. (Χ.Χ.). Ανάκτηση από <https://www.airliftcompany.com/workshop/air-suspension/>
- AIISI*. (Χ.Χ.). Ανάκτηση από <https://www.steel.org/>
- Ate Up With Motor*. (Χ.Χ.). Ανάκτηση από <https://ateupwithmotor.com/terms-technology-definitions/macpherson-strut-history/>
- AutoDeal*. (Χ.Χ.). Ανάκτηση από <https://www.autodeal.com.ph/articles/car-features/why-small-cars-are-best-city-driving>
- CarKeys*. (Χ.Χ.). Ανάκτηση από <https://www.carkeys.co.uk/guides/an-easy-guide-to-types-of-suspension>
- CarOto*. (Χ.Χ.). Ανάκτηση από <https://www.caroto.gr/2009/02/13/%cf%81%ce%ac%ce%b2%ce%b4%ce%bf%cf%82-%cf%83%cf%84%cf%81%ce%ad%cf%88%ce%b7%cf%82/>
- Cars Guide*. (Χ.Χ.). Ανάκτηση από <https://www.carsguide.com.au/car-advice/what-are-the-different-types-of-rear-suspension-37837>
- Carthrottle*. (Χ.Χ.). Ανάκτηση από <https://www.carthrottle.com/post/what-is-multi-link-suspension-and-how-is-it-used/>
- Carthrottle*. (Χ.Χ.). Ανάκτηση από <https://www.carthrottle.com/post/what-actually-is-double-wishbone-suspension/>
- CarTreatments*. (Χ.Χ.). Ανάκτηση από <https://cartreatments.com/pros-and-cons-of-macpherson-vs-double-wishbone-suspension/>
- Continental. (Χ.Χ.). *Continental website*. Ανάκτηση από https://www.moderntyres.com/DatabaseDocs/nav_2852457__everything-about-tyres-2010.pdf
- CVEL*. (Χ.Χ.). Ανάκτηση από https://cecas.clemson.edu/cvel/auto/AuE835_Projects_2011/Shinde_project.html
- Driving*. (Χ.Χ.). Ανάκτηση από <https://driving.ca/auto-news/news/how-it-works-shock-absorbers>
- Gilles, T. (2005). *Automotive Chassis*. Thomson Delmar.

- Go Mechanic.* (χ.χ.). Ανάκτηση από <https://gomechanic.in/blog/car-tyres-explained-in-detail/>
- Hankook.* (χ.χ.). *Hankook.* Ανάκτηση από <https://www.hankooktire.com/us/en/help-support/tire-guide/tire-structure.html>
- Hesketh, A.* (χ.χ.). *Buerkle-Honda.* Ανάκτηση από <https://www.buerklehonda.com/news/differences-between-subcompact-compact-midsize-and-full-size-cars/>
- iQDirectory.* (χ.χ.). Ανάκτηση από <https://www.iqsdirectory.com/articles/springs/coil-springs.html>
- J.D.Power.* (χ.χ.). Ανάκτηση από <https://www.jdpower.com/cars/shopping-guides/what-is-a-control-arm-on-a-car?fbclid=IwAR3SpTtgbk7neyeWNhzEwSn5pjevf9SWzI2D9Kr7hUTqNbHkuk9haxPs2LY>
- JörnSEN Reimpell, H. S. (2000). *The Automotive Chassis.*
- MagnumTechnologies.* (χ.χ.). Ανάκτηση από <https://magnum-technology.com/en/suspension-springs-design-types-operation/>
- Material Property Data.* (χ.χ.). Ανάκτηση από <https://www.matweb.com/>
- Mechanicalbooster.* (χ.χ.). Ανάκτηση από <https://www.mechanicalbooster.com/2018/10/electromagnetic-suspension-system.html>
- MechanicAssistant.* (χ.χ.). Ανάκτηση από <https://mechanicassistant.com/control-arm/>
- Monroe.* (χ.χ.). Ανάκτηση από <https://monroe.com.au/what-are-shocks/shock-absorbers-explained>
- MonroeHeavyDuty.* (χ.χ.). Ανάκτηση από <https://www.monroeheavyduty.com/en-US/shocks-101/what-do-shock-absorbers-do/>
- Moog.* (χ.χ.). Ανάκτηση από <https://www.moogparts.eu/blog/why-how-ball-joint-replacement.html>
- MotorTrend.* (χ.χ.). Ανάκτηση από <https://www.motortrend.com/how-to/1408-springs-and-shocks-what-they-do/>
- MZWMotor.* (χ.χ.). Ανάκτηση από <https://mzwmotor.com/control-arm-guide/>
- NeuSpeed.* (χ.χ.). Ανάκτηση από <https://neuspeed.com/en-eu/products/neu-f-torsion-bar-rear-28mm-nf2528>
- Peugeot.* (χ.χ.). Ανάκτηση από <http://groupsevenpeugeot.blogspot.com/2012/10/double-wishbone-derivation-and-history.html>
- RacingCarTechnology.* (χ.χ.). Ανάκτηση από <https://www.suspensionsetup.info/blog/how-does-weight-distribution-influence-race-car-handling>
- Spinny.* (χ.χ.). Ανάκτηση από <https://www.spinny.com/blog/index.php/types-of-suspensions/>
- Steel Grades.* (χ.χ.). Ανάκτηση από <https://www.steel-grades.com/>

Subaru. (χ.χ.). Ανάκτηση από <https://www.stanleysubaru.com/blog/2012/may/10/how-does-a-multilink-suspension-work-how-does-a-multilink-suspension-differ-from-fixed-rear-axle.htm>

SuspensionSecrets. (χ.χ.). Ανάκτηση από <https://suspensionsecrets.co.uk/coil-springs/>

TellzAyto. (χ.χ.). Ανάκτηση από <https://www.tellzauto.com/blogs/used-brand-new-american-car-imports-blog/276989-all-you-need-to-know-about-shock-absorbers#.YtCEb3ZBxhF>

Universal Technical Institute. (χ.χ.). Ανάκτηση από <https://www.uti.edu/blog/automotive/ball-joints>

V, H. M. (1988). *Resisting protectionism : global industries and the politics of international trade.*

Vroomo. (χ.χ.). Ανάκτηση από <https://vroomo.co.uk/the-double-wishbone-suspension/>

Wabco-auto. (χ.χ.). Ανάκτηση από <https://web.archive.org/web/20170918020800/http://inform.wabco-auto.com/intl/pdf/815/00/57/8150100573-15.pdf>

Εικόνα 1: Ελάσματα σε όχημα βαρέας χρήσης.	- 9 -
Εικόνα 2: Γεωμετρία ελασμάτων.....	- 10 -
Εικόνα 3: Εσωτερικό αερανάρτησης.	- 10 -
Εικόνα 4: Εξωτερικό αερανάρτησης	- 11 -
Εικόνα 5: Απεικόνιση στρεπτικής ράβδου.	- 11 -
Εικόνα 6: Εγκατεστημένη στρεπτική ράβδος (κόκκινος σωλήνας).....	- 12 -
Εικόνα 7: Απεικόνιση μαγνητοροϊκού αμορτισέρ. Αριστερά είναι το πηνίο μέσα στον αποσβεστήρα χωρίς να περνάει ρεύμα ενώ δεξιά μετά την εισαγωγή ρεύματος, παρατηρείται πιο δύσκολη μεταφορά των σωματιδίων απο την μία πλευρά του πηνίου στην άλλη.	- 13 -
Εικόνα 8: Απεικόνιση ανάρτησης MacPherson.	- 14 -
Εικόνα 9: Απεικόνιση ανάρτησης MacPherson με τα υπόλοιπα εξαρτήματα.	- 15 -
Εικόνα 10: Απεικόνιση γεωμετρίας ανάρτησης πολλαπλών συνδέσμων. Με βέλη κάποιιοι από τους συνδέσμους (ράβδους).	- 16 -
Εικόνα 11: Εγκατεστημένη ανάρτηση πολλαπλών συνδέσμων.....	- 17 -
Εικόνα 12: Εγκατεστημένη ανάρτηση διπλών ψαλιδιών.....	- 17 -
Εικόνα 13: Απεικόνιση ανάρτησης διπλών ψαλιδιών.....	- 18 -
Εικόνα 14: Ελαστικό μαζί με την ζάντα.	- 20 -
Εικόνα 15: Όλα τα στρώματα ενός ελαστικού: 1.Πέλμα, 2.Πλευρικό τοίχωμα, 3.Σκελετός, 4.Ζώνη, 5.Στεφάνη, 6.Ενσωματωμένος αεροθάλαμος	- 20 -
Εικόνα 16: Μέρος διαδικασίας κατασκευής ελαστικών με τύμπανο ζώνης.	- 21 -

Εικόνα 17: Μέρος της διαδικασίας ψύξης στην κατασκευή ελαστικών.....	22 -
Εικόνα 18: Διαδικασία ελέγχου ποιότητας κατασκευασμένου ελαστικού.....	23 -
Εικόνα 19: br = απόσταση μεταξύ τροχών, bsp = απόσταση μεταξύ ψαλιδιών, bD = απόσταση μεταξύ βάσης αποσβεστήρων, ξ_0 = γωνία τοποθέτησης αποσβεστήρα στο αμάξωμα	24 -
Εικόνα 20: Οχήμα εκτός δρόμου με τους αποσβεστήρες σε κλίση 30 μοιρών.	24 -
Εικόνα 21: Διάγραμμα γωνίας /αποτελεσματικότητας.	25 -
Εικόνα 22: Ψαλίδι και ανάρτηση αγωνιστικού οχήματος υπό μεγάλη γωνία.	25 -
Εικόνα 23: Διαφορετικά είδη αποσβεστήρων.....	26 -
Εικόνα 24: Απεικόνιση εσωτερικής λειτουργίας αποσβεστήρα διπλού σωλήνα.....	27 -
Εικόνα 25: Αποσβεστήρας μέσα σε ελατήριο.	28 -
Εικόνα 26: Απεικόνιση εσωτερικής λειτουργίας αποσβεστήρα αερίου.	29 -
Εικόνα 27: Αποσβεστήρας με σπείρωμα, για την ρύθμιση ύψους του ελατηρίου.	31 -
Εικόνα 28: Ελατήριο.	31 -
Εικόνα 29: Σύγκριση ειδών ελατηρίων.....	32 -
Εικόνα 30: Σπασμένο ελατήριο μετά από κακή χρήση και συντήρηση	35 -
Εικόνα 31: Μηχάνημα ψυχρής περιέλιξης για κατασκευή ελατηρίου.	37 -
Εικόνα 32: Απεικόνιση διαδικασίας θερμής περιέλιξης.	37 -
Εικόνα 33: Απεικόνιση τρόπου κατασκευής ελατηρίου με την μέθοδο μανδρέλι.....	38 -
Εικόνα 34: Διαφορετικά είδη αφής ελατηρίων. Στα αριστερά ελατήριο κλειστού τύπου στα άκρα και δεξιά ελατήριο με ανοιχτά σπειρώματα στα άκρα.....	39 -
Εικόνα 35: Τρόπος κοπής ελάσματος για την κατασκευή σπειρωειδούς ελατηρίου.	40 -
Εικόνα 36: Απεικόνιση ρύθμισης βήματος και μήκους ελατηρίου.	41 -
Εικόνα 37: Διαφορετικά είδη δομής ελατηρίου. Αριστερά είναι η κλειστή έκδοση, στη μέση το τετράγωνο και δεξιά το κοτιδάκι.	42 -
Εικόνα 38: Απεικόνιση διαφορετικών άκρων ελατηρίων. Απο αριστερά: ανοιχτού τύπου, ανοιχτού τύπου και ακγλύφανσης, τετράγωνο και τέλος τετράγωνο με εκγλύφανση.....	43 -
Εικόνα 39: Απεικόνιση ελατηρίου Volute.....	46 -
Εικόνα 40: Απεικόνιση τοξοτού ελατηρίου.	47 -
Εικόνα 41: Απεικόνιση μεταβλητού σπειρώματος ελατηρίου.....	47 -
Εικόνα 42: Απεικόνιση ελατηρίου στρέψης.....	48 -
Εικόνα 43: Απεικόνιση ελατηρίου συμπίεσης.	48 -
Εικόνα 44: Απεικόνιση ελατηρίου συμπίεσης κλεψύδρας.	49 -
Εικόνα 45: Απεικόνιση βαρελοειδές ελατηρίου συμπίεσης.	49 -
Εικόνα 46: Απεικόνιση ελατηρίου επέκτασης.	50 -
Εικόνα 47: Εγκατεστημένο ψαλίδι.....	51 -

Εικόνα 48: Ανατομία συστήματος ψαλιδιού.....	52 -
Εικόνα 49: Σύγκριση ανάρτησης MacPherson με διπλωμάλιδη ανάρτηση	53 -
Εικόνα 50: Βάση βραχίονα φτιαγμένη από χάλυβα.	55 -
Εικόνα 51: Βραχίονες φτιαγμένοι από αλουμίνιο.....	56 -
Εικόνα 52: Βραχίονας φτιαγμένος από χυτοσίδηρο.	57 -
Εικόνα 53: Ανομοιόμορφη φθορά ελαστικών.....	60 -
Εικόνα 54: Απεικόνιση θέσης μπυλιοφόρου (Ball Joint)	61 -
Εικόνα 55: Απεικόνιση έσωτερικής λειτουργίας μπυλιοφόρου. Αριστερά όταν υπάρχει επαφή μετάλλων ενώ δεξιά με πολυμερές.....	62 -
Εικόνα 56: Γεωμετρία επιβατών μέσα σε VW Polo	64 -
Εικόνα 57: Ford Fiesta	64 -
Εικόνα 58: Επεξήγηση της μετατόπισης του βάρους οχήματος σε αντίστοιχες στιγμές. Από αριστερά προς δεξιά: ακίνητο, σε πέδηση, σε δεξιά στροφή	66 -
Εικόνα 59: Ανάρτηση	66 -
Εικόνα 60: Αποσβεστήρας σχεδιασμένης ανάρτησης.	67 -
Εικόνα 61: Έμβολο σχεδιασμένου αποσβεστήρα.	67 -
Εικόνα 62: Διαστάσεις κεφαλής εμβόλου.....	68 -
Εικόνα 63: Σχεδιασμός στηριγμάτων της μπουκάλας αποσβεστήρα	68 -
Εικόνα 64: Σχεδιασμένο ελατήριο.	69 -
Εικόνα 65: Τελικό σχέδιο ανάρτησης	70 -
Εικόνα 66: Υλικό ελατηρίου Music Wire ASTM 228.....	71 -
Εικόνα 67: Στατική ανάλυση ελατηρίου με σκοπό την αντοχή του με υλικό το Music Wire ASTM 228...- 72 -	
Εικόνα 68: Ιδιότητα ανθρακούχου χάλυβα 1095.	73 -
Εικόνα 69: Στατική ανάλυση ελατηρίου με σκοπό την αντοχή του με υλικό το χάλυβα (Material Property Data, n.d.) (Steel Grades, n.d.) (AISI, n.d.)1095.....	74 -
Εικόνα 70: Ιδιότητες ανθρακούχου χάλυβα 1040.	76 -
Εικόνα 71: Στατική ανάλυση ελατηρίου με σκοπό την αντοχή του με υλικό το χάλυβα 1040	76 -
Εικόνα 72: Ιδιότητες υλικού χάλυβα 1080.....	78 -
Εικόνα 73: Στατική ανάλυση ελατηρίου με σκοπό την αντοχή του με υλικό το χάλυβα 1080	79 -
Εικόνα 74: Υλικό αποσβεστήρα.....	81 -
Εικόνα 75: Εφαρμογή των 8000 N (νιούτον).....	82 -
Εικόνα 76: Αποτελέσματα μετά από stress test των 8000N.....	83 -
Εικόνα 77: Προβολή πάκτωσης και άσκησης δύναμης.....	83 -
Εικόνα 78: Η μετατόπιση που έγινε στην ανάλυση.	84 -

Εικόνα 79: Σταθερά ελατηρίου.	- 85 -
Εικόνα 80: Τιμή σταθεράς αποσβετήρα.	- 85 -
Εικόνα 81: παράδειγμα ταλάντωσης σε ανάρτηση.....	- 86 -
Εικόνα 82: Η δύναμη που ασκείται στην ανάρτηση για την δυναμική ανάλυση.....	- 86 -
Εικόνα 83: Διάγραμμα μετατόπισης/χρόνου για την απόσβεση.....	- 87 -