

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Η ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΦΟΡΕΩΝ ΤΩΝ ΕΠΙΒΑΤΙΚΩΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΨΑΡΡΑΣ ΕΥΘΥΜΙΟΣ (Α.Μ.5385)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΒΑΣΙΛΑΚΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2016

Πρόλογος

Στη σύγχρονη εποχή το αυτοκίνητο διακατέχει μία σημαντική θέση στην καθημερινή ζωή ενός μέσου ανθρώπου. Αποτελεί, πλέον, το κύριο μέσο μετακίνησης των περισσότερων ανθρώπων και είναι αναπόσπαστο κομμάτι των σύγχρονων πόλεων, καθώς η ανάγκη για μετακίνηση είναι μεγάλη και ο χρόνος σημαντικός. Επιπλέον, έχει απασχολήσει ιδιαίτερα την επιστημονική κοινότητα για την εξέλιξη του και έχει μεταβεί διάφορα στάδια κατά τη διάρκεια αυτής. Η ιδέα ενός αυτοκίνητου οχήματος ξεκινά από την αρχαία Ελλάδα όπου για πρώτη φορά στην Ιλιάδα διατυπώνεται η σκέψη για ένα όχημα που θα κινείται με δικά του μέσα. Η αρχή, όμως, έγινε πολύ αργότερα καθώς έπειτα από πολλούς αιώνες πρώτος στην κατασκευή ενός αυτοκίνητου οχήματος έγινε ο Γάλλος Nicolas Joseph Cugnot ο οποίος κατασκεύασε μία ατμοκινούμενη άμαξα. Στη συνέχεια ακολούθησαν πολλοί ερευνητές οι οποίοι ασχολήθηκαν με το αντικείμενο αυτό, αλλά η ουσιαστική εξέλιξή του έγινε μετά την κατασκευή ενός τρίκυκλου οχήματος κινούμενο από τετράχρονο βενζινοκίνητο κινητήρα που έγινε από τον Γερμανό μηχανικό Karl Friedrich Benz. Το γεγονός αυτό αποτέλεσε το έναυσμα για την δημιουργία βιομηχανιών που θα ασχολούνταν με ακριβώς αυτό το αντικείμενο. Συνεπώς, η ανάπτυξη του αυτοκινήτου συνδέθηκε με τη βιομηχανία και το γεγονός αυτό συνέβαλε σημαντικά στην ραγδαία εξέλιξη του. Σταθμός στην ιστορία του αυτοκινήτου αποτέλεσε η περίοδος του μεσοπολέμου καθώς στη διάρκεια αυτής εξελίχθηκαν τεχνολογίες που είχαν εφευρεθεί στο

παρελθόν και εφαρμόσθηκαν στην πράξη. Βέβαια, εκείνη η περίοδος δεν επέτρεπε μεγάλη ελευθερία στα χέρια των σχεδιαστών καθώς την εποχή εκείνη τα περισσότερα οχήματα προορίζονταν για πολεμική χρήση και η εξέλιξη ήταν μονόπλευρη, τα επόμενα χρόνια όμως υπήρχε δυνατότητα για επιπλέον έρευνα σε τομείς που δεν είχαν μελετηθεί. Αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η ιστορική αναδρομή στην εξέλιξη του αυτοκινήτου με ιδιαίτερη έμφαση στη διαχρονική εξέλιξη του φορέα (σασί) του ο οποίος έχει λάβει διάφορες μορφές κατά το πέρασ των χρόνων και συνεχίζει να εξελίσσεται μέχρι σήμερα.

Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστή: Ο κάτωθι υπογεγραμμένος σπουδαστής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, έχω δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.
Ο σπουδαστής

(Ονοματεπώνυμο)

.....
(Υπογραφή)

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	1
1. Εισαγωγή.....	4
2. Ιστορική εξέλιξη αυτοκινήτων	6
2.1 Τα πρώτα χρόνια	6
2.2 Η περίοδος του μεσοπολέμου	12
2.3 Η αυτοκινητοβιομηχανία μετά τον 2 ^ο παγκόσμιο πόλεμο	15
3 Σασί τύπου σκάλας (Ladder Frame).....	19
4. Άλλοι Τύποι Πλαισίων	22
4.1 Σασί τύπου ραχοκοκαλιάς (Backbone Tube)	23
4.2 Σασί τύπου γέφυρας (X-Frame)	28
4.3 Περιμετρικό σασί (Perimeter Frame).....	30
4.4 Σασί με πλαίσιο-πάτωμα (Platform Frame).....	33
4.5 Σασί με υποπλαίσιο (Subframe).....	36
4.6 Χωροδικτύωμα (Space Frame)	39
5. Αυτοφερόμενο πλαίσιο (Unibody)	46
6. Φορτία σκελετού επιβατικών αυτοκινήτων	51
7. Μέτρηση φορτίων και πλαίσια	55
7.1 Είδη πλαισίων ανάλογα με τον τύπο.....	55
7.2 Στοιχεία του πλαισίου	57
7.3 Η χρησιμότητα του πλαισίου	58
7.4 Τεχνικά χαρακτηριστικά των πλαισίων του οχήματος	59
7.5 Πλαίσια επιβατικών αυτοκινήτων.....	60
7.6 Φόρτιση πλαισίων.....	62
8. Υλικά κατασκευής	64
8.1 Ξύλο.....	64
8.2 Χάλυβας.....	64
8.3 Αλουμίνιο	70
9. Συμπεράσματα	74
10. Βιβλιογραφία.....	80
Εικόνες.....	82

1. Εισαγωγή

Το πρόβλημα των ερευνητών τα πρώτα χρόνια της προσπάθειας για τη δημιουργία αυτοκινήμενων αμαξών ήταν ο τρόπος με τον οποίο θα μπορούσαν να παράξουν τη δύναμη κίνησής τους. Στα μέσα του 17^{ου} αιώνα έγινε η αρχή για την υλοποίηση της ιδέας ενός αυτοκινούμενου οχήματος όταν ο γερμανός μηχανικός Otto Von Guericke εφηύρε έναν τύπο αεραντλίας με κυλίνδρους και έμβολα¹. Η αεραντλία αυτή χάρη στους ερευνητές εξελίχθηκε στον σύγχρονο κινητήρα εσωτερικής καύσης με κυλίνδρους και έμβολα. Συνεπώς, τα πρώτα χρόνια κύριο αντικείμενο μελέτης ήταν ο κινητήρας που θα έθετε σε κίνηση το όχημα χωρίς κάποιο ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την μορφή του οχήματος αυτού. Η μορφή που είχαν τα περισσότερα από αυτά ήταν εκείνη των αμαξών, ήταν ξύλινα και τρίκυκλα. Με την πάροδο του χρόνου οι κατασκευές έγιναν μεταλλικές και δόθηκε έμφαση στην στιβαρότητα τους. Συνεπώς, αναπτύχθηκαν κάποια πρότυπα κατασκευής τα οποία σταδιακά εξελίσσονταν. Η εξέλιξη του αυτοκινήτου ήταν ραγδαία ιδιαίτερα μετά τη περίοδο του μεσοπολέμου. Αναπτύχθηκαν διάφοροι σχεδιασμοί για το αμάξωμα του αυτοκινήτου βασισμένοι στις ήδη υπάρχουσες τεχνολογίες και έγιναν πολλές μελέτες για την επίδραση αυτού στην οδηγική συμπεριφορά του αλλά και την ασφάλεια που μπορεί να παρέχει στους επιβάτες του. Αλλαγές στον τρόπο με τον οποίο προσεγγίζεται ο σχεδιασμός των αυτοκινήτων συνεχίζονται μέχρι και σήμερα όπου πλέον ο

σχεδιασμός περιλαμβάνει μεταξύ άλλων την παθητική ασφάλεια και την μελέτη των χρησιμοποιούμενων υλικών ως προς την ανακυκλωσιμότητά τους.

Ο φορέας ενός αυτοκινήτου θεωρείται το κυριότερο στοιχείο του. Η κατασκευή του συνήθως είναι μεταλλική και στηρίζει το σώμα του αυτοκινήτου και τη μηχανή του. Ο φορέας δεν είναι παρά ένας σκελετός στον οποίο τοποθετούνται και συνεργάζονται όλα τα μηχανικά μέρη του αυτοκινήτου, όπως η μηχανή, το σύστημα μετάδοσης, τα λάστιχα, τα φρένα κτλ. Το αυτοκίνητο στη διάρκεια της κίνησής του δέχεται δυνάμεις κατά την πέδηση, την επιτάχυνση και την αλλαγή της πορείας του. Συνεπώς, ο ρόλος του φορέα είναι η αντοχή στα φορτία αυτά ώστε να μπορεί να ανταπεξέλθει σε δυνάμεις που ασκούνται από τα λάστιχα στα μηχανικά μέρη και κατά συνέπεια στο φορέα κατά τη διάρκεια της κίνησης του αυτοκινήτου. Ο φορέας πρέπει να είναι δύσκαμπτος σε όλους τις πιθανούς άξονες άσκησης των δυνάμεων. Επίσης, άλλες λειτουργίες του φορέα που έχουν εισαχθεί τα τελευταία χρόνια στη μελέτη του είναι η μείωση του θορύβου και των δονήσεων στο εσωτερικό του αυτοκινήτου, το οποίο βέβαια επιτυγχάνεται και με τη βοήθεια άλλων μηχανικών μερών του αυτοκινήτου, όπως βάσεις μηχανής.

2. Ιστορική εξέλιξη αυτοκινήτων

2.1 Τα πρώτα χρόνια

Το πρώτο όχημα που κατασκευάστηκε με κινητήρα υπολογίσιμης ισχύς ανήκε στον γάλλο εφευρέτη Nicholas Joseph Cugnot². Το όχημα του Cugnot ήταν τρίκυκλο, ζύγιζε δύομιση τόνους, καθώς κινούταν από ατμομηχανή που μετέδιδε κίνηση στον μπροστινό τροχό, και μπορούσε να μεταφέρει τέσσερις επιβάτες για είκοσι λεπτά. Κινούταν με μικρή ταχύτητα και είχε μεγάλα προβλήματα στην κατευθυνσιμότητα του. Στα χνάρια του Cugnot ακολούθησαν και άλλοι εφευρέτες οι οποίοι προσπάθησαν να κατασκευάσουν τρίκυκλα ατμοκινούμενα οχήματα. Παράδειγμα αυτών ήταν οι άγγλοι εφευρέτες William Murdock και Richard Trevithick. Η κατασκευή των οχημάτων αυτών οδήγησε στην κατανόηση της περιορισμένης δυνατότητας των ατμοκινούμενων οχημάτων τα οποία δεν μπορούσαν να έχουν επαρκή αυτονομία, δεν ανέπτυσαν μεγάλες ταχύτητες και δεν ήταν εύκολο να οδηγηθούν, λόγω του μεγάλου βάρους τους.

Η προσοχή των ερευνητών στράφηκε στον κινητήρα εσωτερικής καύσης ιδιαίτερα μετά την κατασκευή ενός πρότυπου κινητήρα με έμβολα από τον βέλγο μηχανικό Étienne Lenoir βασισμένο στη δομή της ατμομηχανής³. Ο Γάλλος θερμοδυναμικός μηχανικός Beau de Rochas επινόησε τον θεωρητικό κύκλο τεσσάρων χρόνων και ήταν ο πρώτος που τόνισε τη σημασία της συμπίεσης του μείγματος αέρα-καυσίμου πριν την καύση τους, ενώ η μορφή του κινητήρα εσωτερικής καύσης όπως είναι γνωστός έως σήμερα οφείλεται στο γερμανό μηχανικό Nikolaus Otto, οποίος συνδυάζοντας όλες τις πληροφορίες που είχε

κατάφερε να κατασκευάσει μία τετράχρονη μηχανή εσωτερικής καύσης. Προς τιμήν του ο θερμοδυναμικός κύκλος πήρε το όνομά του καθώς και ο τύπος μηχανής ο οποίος μέχρι και σήμερα ονομάζεται κινητήρας Otto.

Το πρώτο αυτοκίνητο όχημα με κινητήρα εσωτερικής καύσης ανήκε στον γερμανό μηχανικό Carl Friedrich Benz. Το όχημα του Benz κατασκευάστηκε το 1885 ήταν τρίτροχο και διαθέτει κιβώτιο δύο ταχυτήτων, η εταιρία του κατασκεύασε το 1893 το πρώτο τετράτροχο όχημα και το 1899 το πρώτο όχημα «αγωνιστικού» τύπου⁴.



Εικόνα. 2 Το πρώτο όχημα του Benz

Εξελίξεις στην κατασκευή οχημάτων δεν συνέβεναν αποκλειστικά στην Γερμανία. Στη Γαλλία, την Ιταλία και την Αμερική αρκετές εταιρίες ξεκίνησαν την δραστηριοποίησή τους στον τομέα του αυτοκινήτου. Συγκεκριμένα, στην Γαλλία το 1882 η Peugeot ξεκίνησε να δραστηριοποιείται στο τομέα του αυτοκινήτου, ιδρύθηκε το 1883 η εταιρία De Dion Bouton, το 1899 η Renault και το 1891 η εταιρία Panhard and Levassor³. Στην Ιταλία ιδρύθηκαν οι εταιρίες Steffaninni Martina⁵ και FIAT⁶ (Fabbrica Italiana Automobili Torino) το 1895 και το 1899 αντίστοιχα. Στην Αμερική το 1895 ιδρύθηκε από τους αδερφούς Duryea η εταιρία Duryea Motor Wagon Company η οποία ήταν η πρώτη εταιρία που κατασκεύασε στην Αμερική βενζινοκίνητα οχήματα⁷.



Εικόνα.3 Charles and Frank Duryea

Παράλληλα ο Henry Ford, ο άνθρωπος που στην αρχή του επόμενου αιώνα ξεκίνησε την μαζική παραγωγή αυτοκινήτων με το σχεδιασμό της παραγωγής του αυτοκινήτου Ford Model T, το 1896 πειραματιζόταν στη κατασκευή του πρώτου του οχήματος⁸.



Εικόνα.4 Ford Model T

Όσον αφορά την σύγκριση ευρωπαϊκών και αμερικάνικων αυτοκινήτων η διαφορά ήταν μεγάλη. Η υπεροχή της ευρώπης ήταν σαφής όμως τα αμερικανικά αυτοκίνητα παρουσίαζαν ένα μεγάλο πλεονέκτημα η παραγωγή τους ήταν σχεδιασμένη κατά τέτοιο τρόπο ώστε να ευνοεί την μαζική παραγωγή τους, γεγονός που οδήγησε και στην επανάσταση του επόμενου αιώνα.

Είναι φανερό ότι τα πρώτα χρόνια της κατασκευής των αυτοκινήτων οι ερευνητές και οι μηχανικοί ήταν αδιάφοροι ως προς τη μορφή του αυτοκινήτου. Κύριο μέλημά τους ήταν κυριώς ο τρόπος με τον οποίο θα μπορούσαν να κάνουν πιο αποδοτικές τις μηχανές που τα κινούσαν ώστε να μπορέσουν να πετύχουν μεγαλύτερη αυτονομία και μεγαλύτερες ταχύτητες οι οποίες ήταν πολύ μικρές ιδίως τα πρώτα χρόνια. Συνεπώς, τα περισσότερα οχήματα ήταν τρίκυκλα, χωρίς

οροφή, με μεγάλες ομοιότητες με τις άμαξες και επί τω πλείστων ξύλινα.



Εικόνα.5 Άμαξα

Στις δεκαετίες που ακολούθησαν οι κατασκευαστές των αυτοκινήτων σταμάτησαν να απασχολούνται τόσο πολύ με την κινητήρια δύναμη αυτών και στράφηκαν στη μελέτη του σασί τους. Συνεπώς, με το πέρασμα των χρόνων εμφανίστηκαν νέοι φορείς αυτοκινήτων οι οποίοι ήταν ελαφρότεροι από τους προκατόχους τους και ασφαλέστεροι ως προς τους επιβάτες τους οποίους μετέφεραν.

2.2 Η περίοδος του μεσοπολέμου

Η περίοδος του μεσοπολέμου ξεκίνησε με την παγκόσμια οικονομική ύφεση του 1929 και τελείωσε μετά τον 2^ο παγκόσμιο πόλεμο. Εκείνη την εποχή υπήρξε αλλαγή στον τρόπο προσέγγισης του αυτοκινήτου, δηλαδή σταδιακά υπήρξαν αλλαγές οι οποίες ξεχώριζαν τα αυτοκίνητα εκείνης της περιόδου και των προηγούμενων δεκαετιών. Χαρακτηριστικά μπορούμε να αναφέρουμε ότι προστέθηκαν στα οχήματα τα φτερά καθώς και οι οροφές, χαρακτηριστικά τα οποία έως τότε δεν θεωρούνταν αυτονόητα. Επίσης, νέα χαρακτηριστικά των αυτοκινήτων εκείνης της εποχής ήταν οι αποθηκευτικοί χώροι αυτού και οι προβολείς στο εμπρός τους μέρος.



Εικόνα. 6 Ford Model 18

Όμως, ο σχεδιασμός των αυτοκινήτων εκείνη την εποχή βασίστηκε αποκλειστικά σε τεχνολογίες που είχαν ήδη μελετηθεί. Το γεγονός αυτό βέβαια δεν σημαίνει ότι δεν υπήρξε εξέλιξη του αυτοκινήτου εκείνη την εποχή. Μέχρι τότε είχαν εφευρεθεί οι περισσότερες μηχανολογικές τεχνολογίες στις οποίες βασίζονται ακόμα και τα σημερινά αυτοκίνητα. Όμως, την περίοδο του μεσοπολέμου οι εφευρέσεις αυτές που δεν είχαν αξιοποιηθεί μέχρι τότε στην πράξη εφαρμόστηκαν από τις αυτοκινητοβιομηχανίες. Μερικά παραδείγματα θα αποτελούσαν η τετρακίνηση και οι ανεξάρτητες αναρτήσεις, εφευρέσεις που έγιναν κατά τον 18^ο αιώνα αλλά δεν είχαν αξιοποιηθεί μέχρι τότε σε αυτοκίνητα μαζικής παραγωγής.



Εικόνα. 7 Volkswagen Beetle

Τη περίοδο του μεσοπολέμου κατασκευάστηκαν ορισμένα αυτοκίνητα τα οποία έκαναν μεγάλη επιτυχία και πέρασαν στην παγκόσμια ιστορία του αυτοκινήτου. Συγκεκριμένα, το 1934 κυκλοφόρησε το Citroen Traction Avant το οποίο ήταν το πρώτο αυτοκίνητο με κίνηση στον εμπρόσθιο άξονα, και το 1938 το Volkswagen Beetle το οποίο κατασκευαζόταν από την εταιρία για περισσότερο από 50 χρόνια.

2.3 Η αυτοκινητοβιομηχανία μετά τον 2ο παγκόσμιο πόλεμο

Ο σχεδιασμός των αυτοκινήτων και της παραγωγής άλλαξε σημαντικά μετά το πέρας του 2^{ου} παγκόσμιου πολέμου. Συγκεκριμένα, η παραγωγή των οχημάτων σταμάτησε να κατευθύνεται προς στρατιωτική χρήση και έγινε μια ευρύτερη προσέγγιση στο τρόπο κατασκευής των αυτοκινήτων.



Εικόνα.8 McPherson VW Golf V

Στην Αμερική, η General Motors εισήγαγε τον περιμετρικό φορέα για μείωση του ύψους των οχημάτων και έκαναν την εμφάνισή τους οι κινητήρες υψηλής συμπίεσης. Επίσης, έγινε εμφάνιση μίας νέας ανάρτησης από τον

μηχανικό Earle MacPherson ο οποίος έδωσε και το όνομά του σε αυτή. Η ανάρτηση MacPherson έγινε ευρέως γνωστή για την απλοτητά της και το χαμηλό κατασκευαστικό κόστος της και χρησιμοποιείται έως σήμερα στα αυτοκίνητα μικρού κυβισμού. Στην Ευρώπη, η κρίση του Σουέζ του 1956 επηρέασε σημαντικά τις αυτοκινητοβιομηχανίες. Για το λόγο αυτό την εμφάνισή τους έκαναν μικρά αυτοκίνητα όπως το Mini του Αλέξανδρου Ισιγώνη καθώς και το Fiat 500.



Εικόνα. 9 Fiat 500

Με το πέρασμα των χρόνων η δύναμη των κινητήρων αύξανε και κατά συνέπεια το ίδιο συνέβαινε και με τις ταχύτητες των αυτοκινήτων. Το γεγονός αυτό οδήγησε τους σχεδιαστές των αυτοκινήτων να δημιουργήσουν πιο κομψά

σχέδια χωρίς μεγάλες προεξοχές που δημιουργούσαν μεγάλες αεροδυναμικές αντιστάσεις.

Η αγορά του αυτοκινήτου είχε παγκόσμια άνθηση μετά το 1960 και εμφανείς ήταν οι εξαγωγές των αυτοκινήτων από χώρα σε χώρα. Συνεπώς, η Ιαπωνία εισήλθε δυναμικά στην αγορά του αυτοκινήτου με αυτοκίνητα που έκαναν μεγάλες επιτυχίες στην Ευρώπη και την Αμερική. Συγκεκριμένα, οι εταιρίες Toyota και Nissan είχαν μεγάλη αποδοχή στο ευρωπαϊκό κοινό και έκαναν μεγάλες πωλήσεις στα δημοφιλή τους αυτοκίνητα, Toyota Corolla και Nissan Sunny (ή Datsun).



Εικόνα. 10 Nissan Sunny 1000 (Datsun)

Τα χρόνια που ακολούθησαν πολλές εταιρίες δραστηριοποιήθηκαν στο χώρο του αυτοκινήτου. Συνεπώς, η εξέλιξη χρόνο με χρόνο μεγάλωνε. Οι αυτοκινητοβιομηχανίες έδωσαν ιδιαίτερη έμφαση στην άνεση των επιβατών και στους χώρους του αυτοκινήτου. Όμως, οι βάσεις για τη δομή του αυτοκινήτου, τον φορέα του και την ανάρτησή του είχαν ήδη θεμελιωθεί. Οι αλλαγές που έγιναν τα επόμενα χρόνια ήταν μικρές και εστιάζονταν κυρίως στην βελτίωση των ήδη υπάρχοντων σχεδιασμών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η δημιουργία του φορέα με υποπλαίσιο ο οποίος εφευρέθηκε για να αντιμετωπίσει προβλήματα που είχε το αυτοφερόμενο πλαίσιο.

3. Σασί τύπου σκάλας (Ladder Frame)

Η ονομασία αυτού του τύπου φορέα λαμβάνει την ονομασία του από τη μορφή του. Ο τύπος αυτός είναι ο απλούστερος και παλαιότερος από όλους τους σχεδιασμούς. Αποτελείται από δύο κύριες δοκούς οι οποίες διατρέχουν τον φορέα σε όλο το μήκος του και συνδέονται μεταξύ τους με εγκάρσια συνδετικά μέλη.



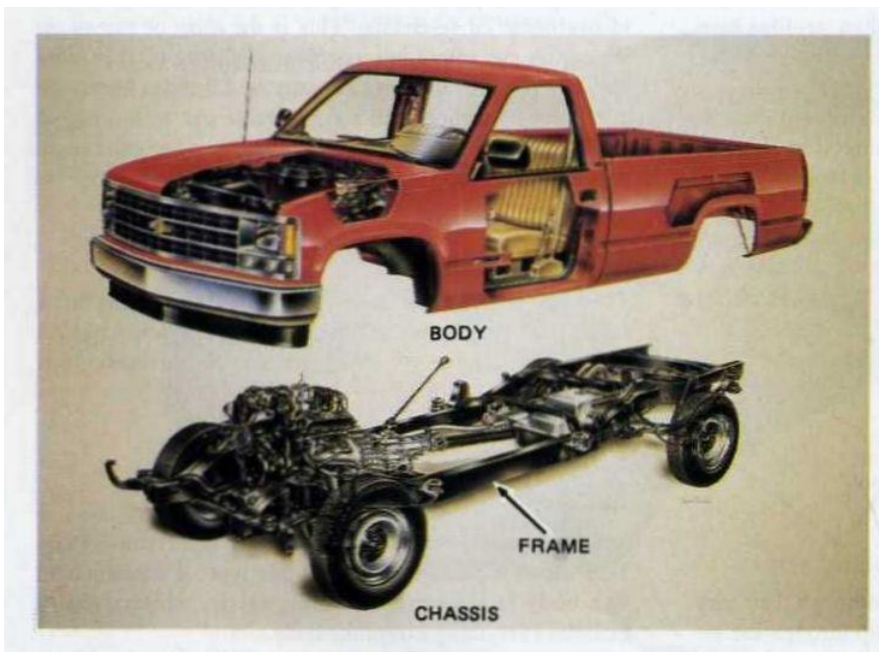
Εικόνα. 11 Ladder Frame

Αρχικά, η κατασκευή αυτού του τύπου φορέα με εμφανή την κλιμάκωση των συνδέσμων ανάμεσα στις δοκούς χρησιμοποιούταν σε σχεδόν όλα τα οχήματα. Με το πέρασμα των χρόνων το πλαίσιο του φορέα εμφανίζεται μόνο περιμετρικά με λιγότερους συνδέσμους στο εσωτερικό του και με διαγώνιες

στηρίξεις οι οποίες ενισχύουν την σύνδεση των δύο δοκών αλλά μειωνεκτούν σε θέματα στρέψης.

Ένα μεγάλο μειονέκτημα αυτού του τύπου φορέα είναι το επιπλέον ύψος που προσδίδει στο όχημα. Αυτό συμβαίνει διότι η καμπίνα πρέπει να τοποθετηθεί πάνω από τον φορέα και το γεγονός αυτό προσδίδει κάποια εκατοστά επιπλέον ύψος. Μάλιστα αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο ο τύπος αυτός χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα μόνο σε υπερψωμένα οχήματα, όπως τζιπ και φορτηγά.

Ο φορέας τύπου σκάλας ευνόησε την κατασκευαστική μέθοδο body-on-frame. Συγκεκριμένα, πρόκειται για την μέθοδο τοποθέτησης της καμπίνας των επιβατών πάνω σε ένα άκαμπτο πλαίσιο το οποίο υποστηρίζει το σύστημα μετάδοσης, την μηχανή και την ανάρτηση του οχήματος.



Εικόνα. 12 Μέθοδος body-on-frame

Τα οχήματα παραδοσιακά κατασκευάζονταν από ξύλο, συνεπώς η κατασκευή σιδερένιων φορέων σηματοδότησε την αρχή για την κατασκευή φορέων τύπου σκάλας. Συνεπώς, η μέθοδος body-on-frame υπήρξε κύρια μέθοδος κατασκευής αυτοκινήτων από το 1930 και έπειτα.

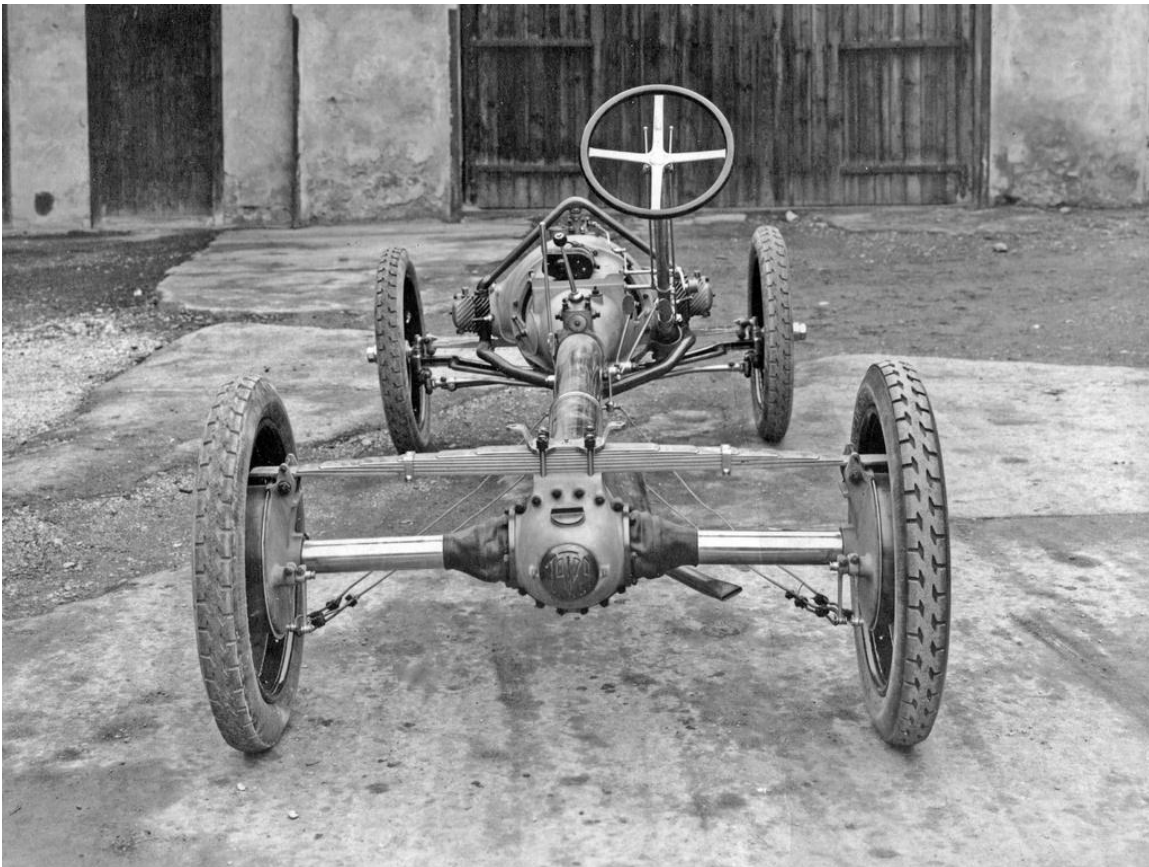
Ο φορέας τύπου σκάλας τεχνικά δεν μπορεί να συγκριθεί με το σύγχρονο αυτοφερούμενο πλαίσιο. Όμως αποτελεί μία οικονομική λύση για τις βιομηχανίες καθώς δίνει την δυνατότητα να κατασκευάζονται διαφορετικά σχέδια αυτοκινήτων χωρίς να απαιτείται η αλλαγή του φορέα και των εξαρτημάτων που προσδένονται σε αυτόν. Συνεπώς, οι συχνές αλλαγές στο εσωτερικό ή το εξωτερικό του αυτοκινήτου είναι δυνατές με μικρό οικονομικό κόστος καθώς και μικρό κόστος σχεδιαστικού χρόνου. Το γεγονός αυτό ήταν ένα μεγάλο πλεονέκτημα ειδικά την εποχή όπου ο σχεδιασμός δεν πραγματοποιούνταν σε υπολογιστές.

4. Άλλοι Τύποι Πλαισίων

Ο φορέας τύπου σκάλας είναι ο κυριότερος φορέας αλλά όχι ο μοναδικός. Με το πέρασμα των χρόνων η ανάγκη για εξέλιξη των αυτοκινήτων οδήγησε τις αυτοκινητοβιομηχανίες στη δημιουργία νέων φορέων. Ο λόγος ήταν οι ανάγκες και οι απαιτήσεις των αγοραστών καθώς και οι μέθοδοι κατασκευής, οι οποίες διαμορφώνονταν με τρόπο ώστε να μειώνεται το κόστος κατασκευής. Συνεπώς, διακρίνουμε τους παρακάτω τύπους φορέων (σασί).

4.1 Σασί τύπου ραχοκοκαλιάς (Backbone Tube)

Το σασί τύπου ραχοκοκαλιάς είναι παρόμοιο με εκείνο του ladder frame. Συγκεκριμένα, το σασί είναι ένας «σκελετός» στη μέση του αμαξώματος πάνω στον οποίο προσδένεται η καμπίνα των επιβατών. Η μόνη διαφορά με το σασί τύπου σκάλας έγκειται στο γεγονός ότι αντί για τις δύο παράλληλες δοκούς χρησιμοποιείται ένας ισχυρός σωληνωειδής σκελετός που συνδέει τα σημεία πρόσδεσης της πρόσθιας και τις οπίσθιας ανάρτησης.



Εικόνα. 13 Backbone Tube Frame

Εφευρέτης του φορέα τύπου ραχοκοκαλιάς είναι ο Hans Ledwinka. Ο Ledwinka ήταν ένας αυστριακός σχεδιαστής αυτοκινήτων, ο οποίος δούλεψε



Εικόνα. 14 Backbone chassis of Tatra 11

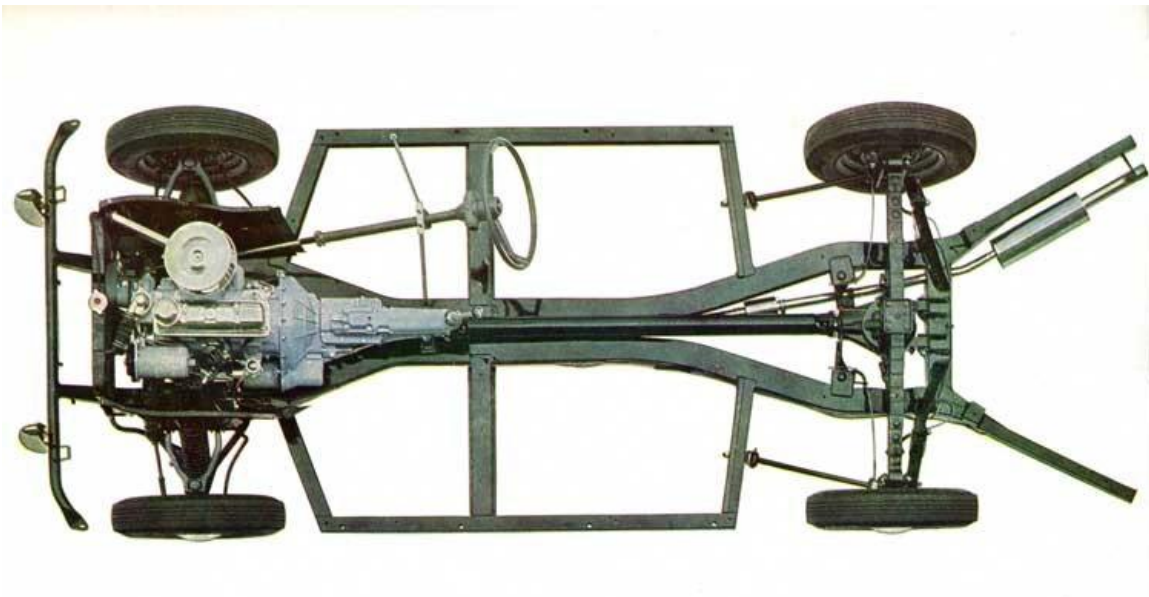
στην τσέχικη αυτοκινητοβιομηχανία Tatra. Στην εταιρία κατείχε τη θέση του επικεφαλής μηχανικού για τη σχεδίαση των αυτοκινήτων και σχεδίασε τον πρώτο φορέα τύπου ραχοκοκαλιάς με ημιάκαμπτους άξονες και κινητήρα στο εμπρός μέρος του αυτοκινήτου. Το πρώτο όχημα λοιπόν που κατασκευάστηκε με αυτόν τον φορέα ήταν το Tatra 11 το 1923 της τσέχικης αυτοκινητοβιομηχανίας Tatra, στην οποία εργάστηκε ο Ledwinka¹³.

Στη συνέχεια ακολούθησαν και άλλες εταιρίες με χαρακτηριστικό παράδειγμα εκείνο της Lotus η οποία επέλεξε να κατασκευάσει με αυτό τον φορέα την Lotus Elan 1500 του 1962¹⁴, και της DeLorean στο μοναδικό της μοντέλο DMC-12¹⁵.



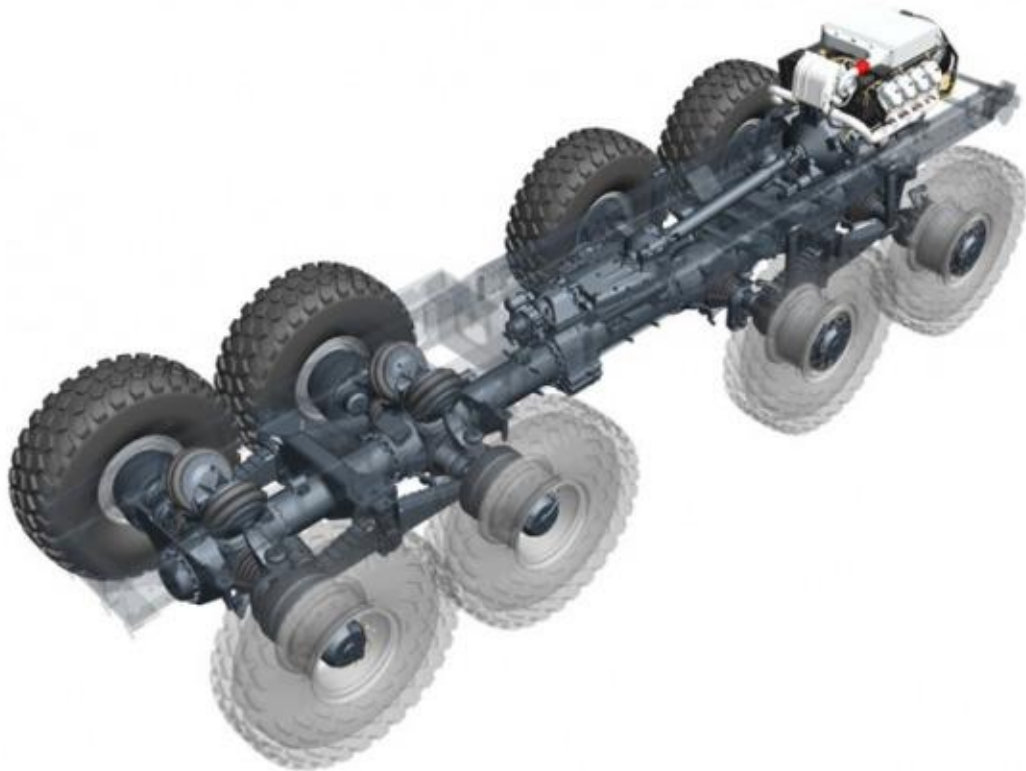
Εικόνα. 15 Backbone chassis of Lotus Elan

Μία εξέλιξη του φορέα τύπου ραχοκοκαλιάς είναι εκείνη που εισήγαγε η Triumph με το αυτοκίνητο Spitfire. Το αυτοκίνητο αυτό κατασκευάστηκε στη βάση του Triumph Herald, όμως υπήρξαν κάποιες σημαντικές αλλαγές ως προς το σασί του. Συγκεκριμένα, επειδή το Spitfire είχε εκδόσεις με ανοικτή οροφή έπρεπε να έχει εκ κατασκευής δυνατότερο φορέα ώστε να είναι δύσκαμπτος αλλά και να προστατεύει τους επιβάτες σε περίπτωση σύγκρουσης. Συνεπώς, η Triumph κατασκεύασε έναν υβριδικό φορέα με συνδιασμό φορέα τύπου ραχοκοκαλιάς και σκάλας.



Εικόνα.16 Triumph Herald Chassis

Τα πλεονεκτήματα του σασί τύπου ραχοκοκαλιάς είναι κυρίως η δυνατότητα που προσφέρει για τοποθέτηση περισσότερων από δύο αξόνων κατά μήκος του οχήματος. Η μέθοδος αυτή ενδείκνυται κυρίως για φορτηγά όπου τις περισσότερες φορές απαιτείται η τοποθέτηση περισσότερων αξόνων καθώς και η αντοχή σε στρέψη μεταξύ αυτών. Επίσης, η ελευθερία κίνησης της ανάρτησης που προσφέρει αυτός ο τύπος φορέα δίνει πλεονέκτημα σε ανώμαλες διαδρομές το οποίο βέβαια δεν έχει πρακτική εφαρμογή στους σημερινούς δρόμους. Τέλος, σημαντική είναι η προστασία που προσφέρει στα στοιχεία μετάδοσης της κίνησης καθώς περιβάλλονται από το κύριο μέρος του φορέα.



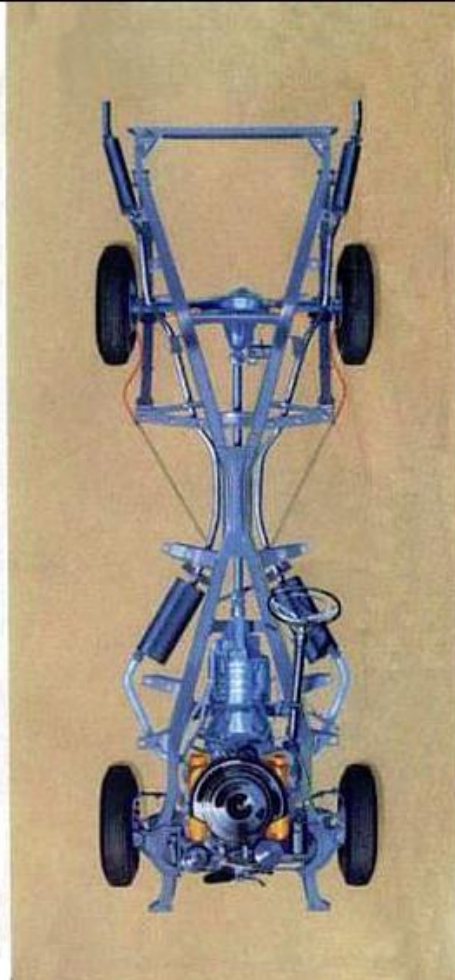
Εικόνα. 17 Backbone Tube με πολλαπλούς άξονες

Βέβαια, ο φορέας αυτός έχει κάποια μειονεκτήματα. Η κατασκευή του είναι περίπλοκη και πιο δαπανηρή. Το σασί προσφέρει λιγότερη δυσκαμψία σε σχέση με ένα αυτοφερόμενο πλαίσιο για το ίδιο βάρος και η προστασία των επιβατών σε πλευρικές συγκρούσεις είναι μικρή. Συνεπώς, δεν αποτελεί πλέον επιλογή των αυτοκινητοβιομηχανιών για την κατασκευή αυτοκινήτων¹⁶.

4.2 Σασί τύπου γέφυρας (X-Frame)

*Introducing
A New 300 h.p.
Cadillac Engine
And Revolutionary
New Frame Design*

The Cadillac engine for 1957 features a higher compression ratio . . . a redesigned four-barrel carburetor . . . new, larger combustion chambers . . . and a full 300 horsepower. Available on Eldorado models is an advanced engine providing 325 horsepower. Both provide power and eagerness and responsiveness that set a new standard of automotive performance. To cradle these dynamic new power plants, Cadillac has developed a completely new tubular-center X frame. This new frame provides greater structural rigidity and resistance to twisting forces and, at the same time, permits lowering the car without sacrificing space.



Εικόνα. 18 Cadillac X-Frame Design Brochure

Ο σχεδιασμός σασί τύπου γέφυρας ήταν εκείνος οποίος χρησιμοποιήθηκε από την General Motors την εποχή από τα τέλη του 1950 μέχρι τις αρχές του 1960. Σε αυτό το σχεδιασμό η μορφή του αμαξώματος ήταν όπως περιγράφεται και από το όνομά του ένα X (X-Frame). Η πρώτη εμφάνιση του σασί τύπου γέφυρας ήταν το 1957 από την Cadillac θυγατρική εταιρία της General Motors η

οποία κατασκεύαζε πολυτελή αυτοκίνητα²². Η ιδέα ήταν η μείωση του ύψους των οχημάτων και για την υλοποίηση του συνδυάστηκαν δύο προγενέστερες μέθοδοι. Συγκεκριμένα, το σασί τύπου γέφυρας είναι ένας συνδυασμός του σασί τύπου ραχοκοκαλιάς και του σασί τύπου σκάλας με διαγώνιους συνδέσμους.

Ο φορέας X-Frame δημιουργήθηκε για την βελτίωση των προηγούμενων σχεδιαμών αμαξωμάτων. Όμως, ο τύπος αυτός δεν προσέφερε επαρκή πλευρική προστασία των επιβατών και προστασία στις συγκρούσεις. Για τον λόγο αυτό σύντομα αντικαταστάθηκε από το περιμετρικό σασί.

4.3 Περιμετρικό σασί (Perimeter Frame)

Το περιμετρικό σασί είναι παρόμοιο με το σασί τύπου σκάλας. Η διαφοροποίηση τους έγκειται στο γεγονός ότι οι δύο δοκοί που διατρέχουν τον περιμετρικό φορέα στο μέσον του αυτοκινήτου βρίσκονται στις άκρες αυτού. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην ανάγκη των σχεδιαστών να χαμηλώσουν τα καθίσματα των επιβατών του αυτοκινήτου και γενικά να μειώσουν το ύψος των επιβατικών οχημάτων. Ο σχεδιασμός αυτός ήταν πολύ δημοφιλής στις Ηνωμένες Πολιτείες για οχήματα που κατασκευάζονταν με την μέθοδο *body-on-frame*, μέχρι την εμφάνιση του αυτοφερόμενου πλαισίου. Προσέφερε, όπως και το σασί τύπου σκάλας, τη δυνατότητα ετήσιων αλλαγών στο σώμα του αυτοκινήτου χωρίς την ανάγκη για ανασχεδιασμό του φορέα.



Εικόνα. 19 Περιμετρικός Φορέας

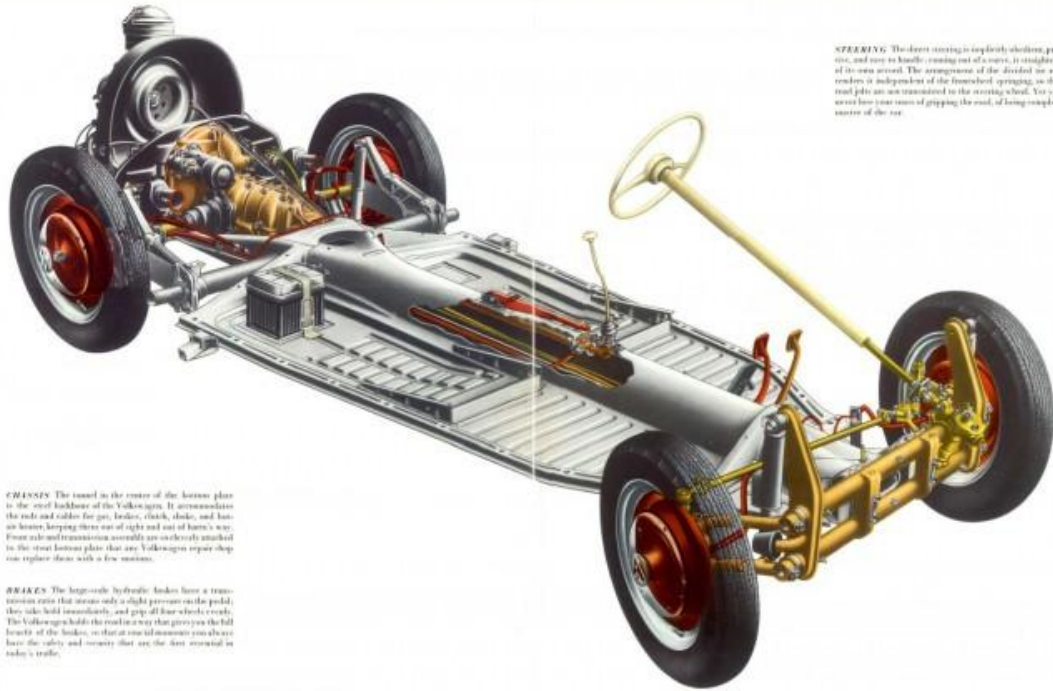
Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του περιμετρικού φορέα ομοιάζουν σε εκείνα του φορέα τύπου σκάλας. Συνεπώς, προσφέρει προστασία σε πλευρικές συγκρούσεις. Όμως, σε αντίθεση με τον φορέα τύπου σκάλας προσφέρει τη δυνατότητα μείωσης του ύψους της θέσης των επιβατών και τη δυνατότητα για μία χαμηλότερη οροφή. Βέβαια, η προσπάθεια μείωσης του ύψους οδήγησε σε μείωση της αντοχή της κατασκευής και ο φορέας είναι λιγότερο ανθεκτικός σε φορτία σε σχέση με τον φορέα τύπου σκάλας, καθώς στη μεταβατικές περιοχές από το μπροστινό μέρος προς τη καμπύνα των επιβατών και από την τελευταία στο πίσω μέρος έχει μειωθεί η αντοχή των δοκών που συγκροτούν το φορέα.

Στις μέρες μας, το περιμετρικό σασί δεν επιλέγεται από τις αυτοκινητοβιομηχανίες καθώς δεν έχει να προσφέρει κάποιο πλεονέκτημα. Εξάλλου είναι εφικτό να κατασκευαστούν χαμηλά αυτοκίνητα με τους νέους φορείς που αναπτύχθηκαν, και ο φορέας τύπου σκάλας προσφέρει γενικά περισσότερα πλεονεκτήματα για υψηλότερα οχήματα όπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Το τελευταίο αυτοκίνητο που κατασκευάστηκε με περιμετρικό φορέα ήταν το 2011 το Ford Panther του οποίου ο διάδοχος το Ford D3 κατασκευάστηκε με αυτοφερούμενο πλαίσιο.

4.4 Σασί με πλαίσιο-πάτωμα (Platform Frame)

Ο φορέας με πλαίσιο-πάτωμα είναι μία τροποποίηση του περιμετρικού φορέα ή του φορέα τύπου ραχοκοκαλιάς. Σε αυτόν τον τύπο φορέα το δάπεδο του αυτοκινήτου, δηλαδή το δάπεδο της καμπίνας των επιβατών καθώς και των αποσκευών, αποτελεί δομικό μέρος του φορέα. Συνεπώς, το δάπεδο παραλαμβάνει φορτία και αυξάνει την αντοχή και την ακαμψία του φορέα. Για το λόγο αυτό το δάπεδο συνήθως αποτελείται από σιδερένια φύλλα με νεύρα για επιπλέον σκληρότητα.

Στην Ευρώπη ο φορέας με πλαίσιο-πάτωμα χρησιμοποιήθηκε σε πολλά αυτοκίνητα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα υπήρξε το Volkswagen Beetle, του οποίου την κατασκευή την ονόμασαν body-on-pan.



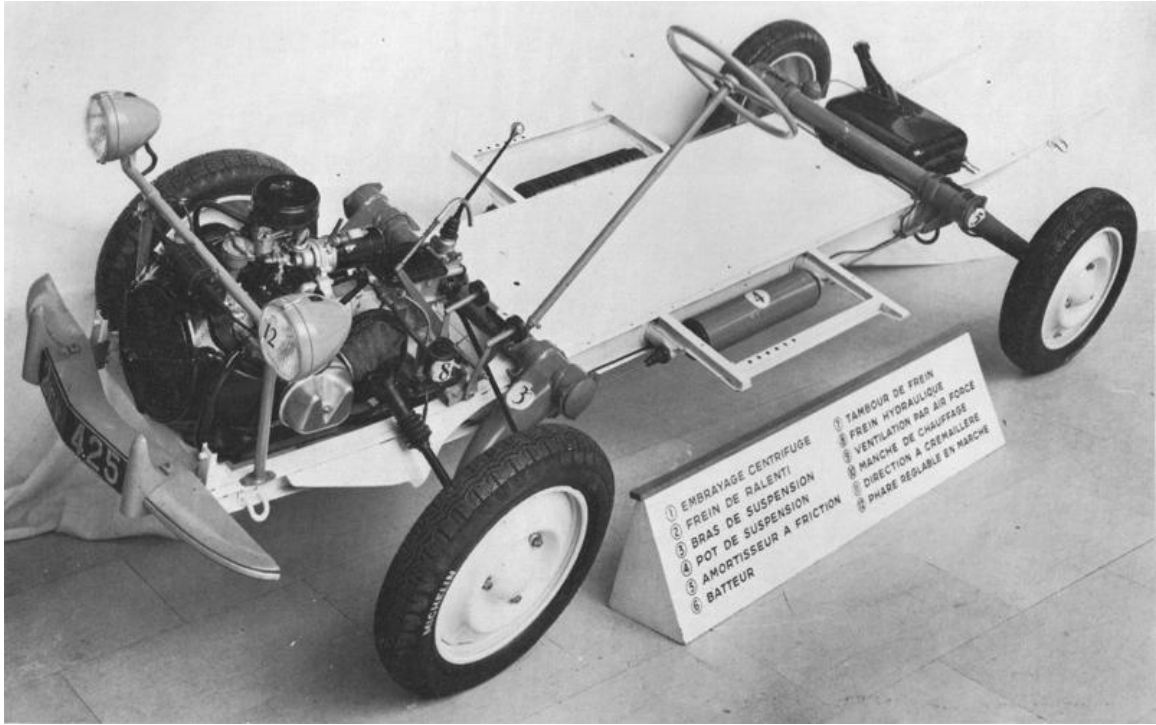
CHASSIS The tunnel in the center of the bottom plate is the steel backbone of the Volkswagen. It accommodates the rods and cables for gas, brake, clutch, shock, and horn as best as possible, keeping them out of sight and out of harm's way. Four axle and transmission assemblies are securely attached to the steel bottom plate that any Volkswagen repair shop can replace them with a few minutes.

BRAKES The large-scale hydraulic brakes have a transmission ratio that means only a slight pressure on the pedal; they take hold immediately, and grip all four wheels evenly. The Volkswagen holds the road in a way that gives you the full benefit of the brakes, so that at crucial moments you always have the safety and security that are the direct result of a better brake.

STEERING The direct steering is implicitly absolute, precise, and sure as knife; coming out of a curve, it straightens all its own accord. The arrangement of the divided axle and roadster is independent of the front-wheel springing, so that road jolts are not transmitted to the steering wheel. For you never lose your sense of gripping the road, of being in complete control of the car.

Εικόνα. 20 Volkswagen Beetle chassis

Άλλο παραδείγματα είναι η σειρά Mercedes Ponton των δεκαετιών 1950 και 1960, το Renault 4 και το Citroen 2CV.



Εικόνα. 21 Citroen 2CV chassis

4.5 Σασί με υποπλαίσιο (Subframe)

Στη περίπτωση φορέα με υποπλαίσιο αναφερόμαστε σε αυτοφερόμενο φορέα με υποπλαίσιο προσδεδεμένο πάνω σε αυτόν. Το υποπλαίσιο αποτελεί διακριτή συνιστώσα του φορέα για την ενίσχυση ή τη συμπλήρωση ενός μέρους του. Στο υποπλαίσιο προσδένονται συνήθως η μηχανή, η μετάδοση καθώς και η ανάρτηση του αυτοκινήτου. Πολλές φορές όταν το υποπλαίσιο είναι βιδωτό πάνω στον υπόλοιπο φορέα του αυτοκινήτου φέρει ελαστικά μέρη που λειτουργούν ως απομονωτές για τις ταλαντώσεις και τους θορύβους.



Εικόνα.22 Lamborghini Aventador Frame and Subframe

Οι βασικοί λόγοι ύπαρξης του υποπλασίου είναι δύο, η διανομή των φορτίων που δέχεται η ανάρτηση σε μία μεγάλη επιφάνεια του αυτοφερούμενου πλαισίου καθώς και η απομόνωση των θορύβων και της σκληρότητας από το υπόλοιπο πλαίσιο. Για παράδειγμα, σε ένα αυτοκίνητο όπου η μετάδοση στηρίζεται σε υποπλαίσιο οι δυνάμεις που δημιουργούνται από τη μηχανή και τη μετάδοση μπορούν να αποσβεθούν από το υποπλαίσιο και να μην ενοχλούν τους επιβάτες.

Τα αυτοκίνητα φέρουν υποπλαίσια συνήθως και στο εμπρός αλλά και το πίσω μέρος. Ο λόγος είναι η οικονομία σε βάρος και σε κόστος. Επιπλέον ένα υποπλαίσιο βοηθά την μαζική παραγωγή καθώς λόγω αυτού υποσυναρμολογήματα μπορούν να κατασκευαστούν και στο τέλος να συναρμολογηθούν στο κύριο πλαίσιο του αυτοκινήτου.



Εικόνα. 23 Nissan GT-R Subframe with suspension

Βέβαια η ύπαρξη του υποπλαισίου σε ένα αυτοκίνητο δημιουργεί προβλήματα. Ο λόγος αυτών των προβλημάτων είναι το κενό που δημιουργείται στην τρύπα του υποπλαισίου από την οποία διέρχονται οι βίδες που το προσδένουν στο πλαίσιο του αυτοκινήτου. Κύριο πρόβλημα είναι η κακή ευθυγράμμισή τους η οποία μπορεί να δημιουργήσει δονήσεις και προβλήματα ευθυγράμμισης στην ανάρτηση και τα εξαρτήματα του συστήματος διεύθυνσης.

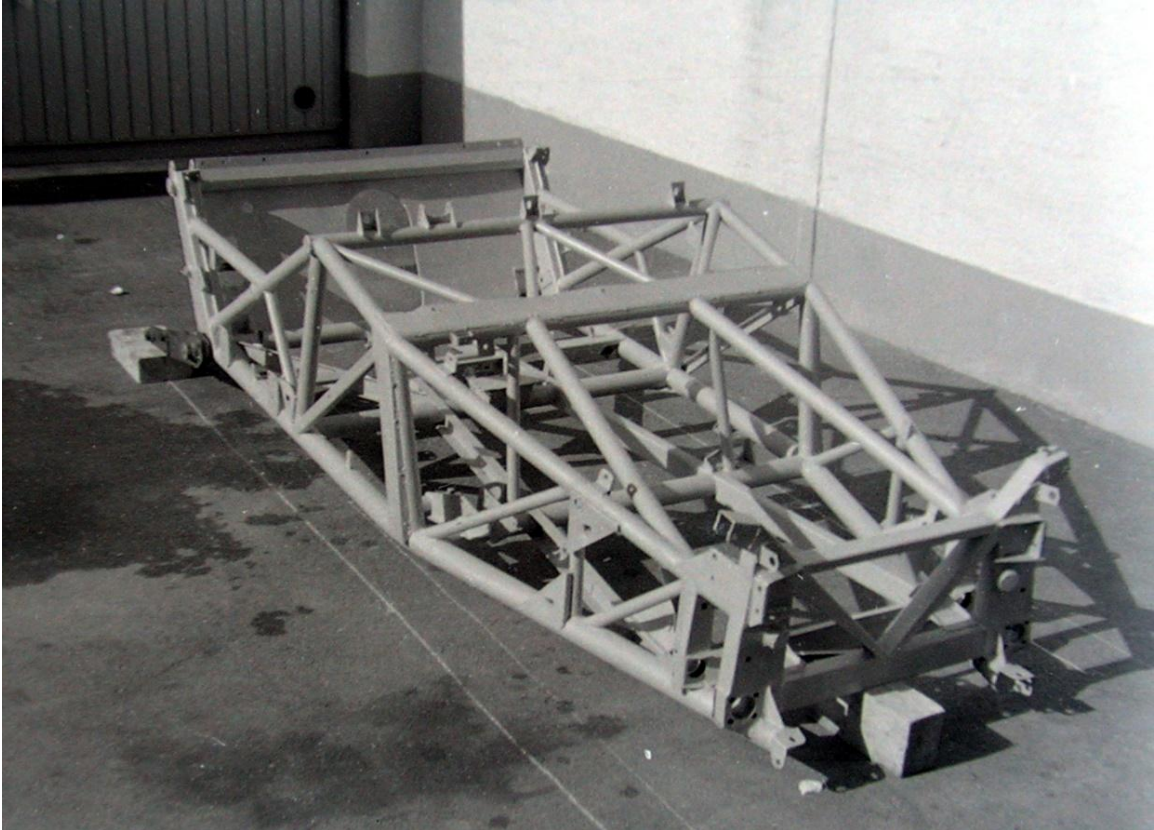
4.6 Χωροδικτύωμα (Space Frame)

Ο τύπος φορέα χωροδικτυώματος είναι μία εξέλιξη του σασί τύπου σκάλας. Το πλεονέκτημα χρήσης χωροδικτυώματος σωλήνων είναι η καλύτερη αντίστασή τους σε στρεπτικές ροπές. Ορισμένα σασί με σωλήνες που κατασκευάστηκαν στο παρελθόν ήταν απλά κάτι παραπάνω από ένα σασί τύπου σκάλας φτιαγμένο με δύο μεγάλης διαμέτρου σωλήνες ή από μία μεγάλη σωλήνα όπως στο σασί ραχοκοκαλιάς. Παρότι πολλοί φορείς διέθεταν σωλήνες και συχνά περιγράφονταν ως χωροδικτυώματα, ο σχεδιασμός ως προς τις δυνάμεις που δέχονται ήταν σπάνια σωστός και συμπεριφέρονταν μηχανικά όπως ένας φορέας ladder. Η διάκριση ενός χωροδικτυώματος είναι ότι όλες οι δυνάμεις σε κάθε σωλήνα είναι είτε εφελκιστικές είτε θλιπτικές.



Εικόνα. 24 Space Frame

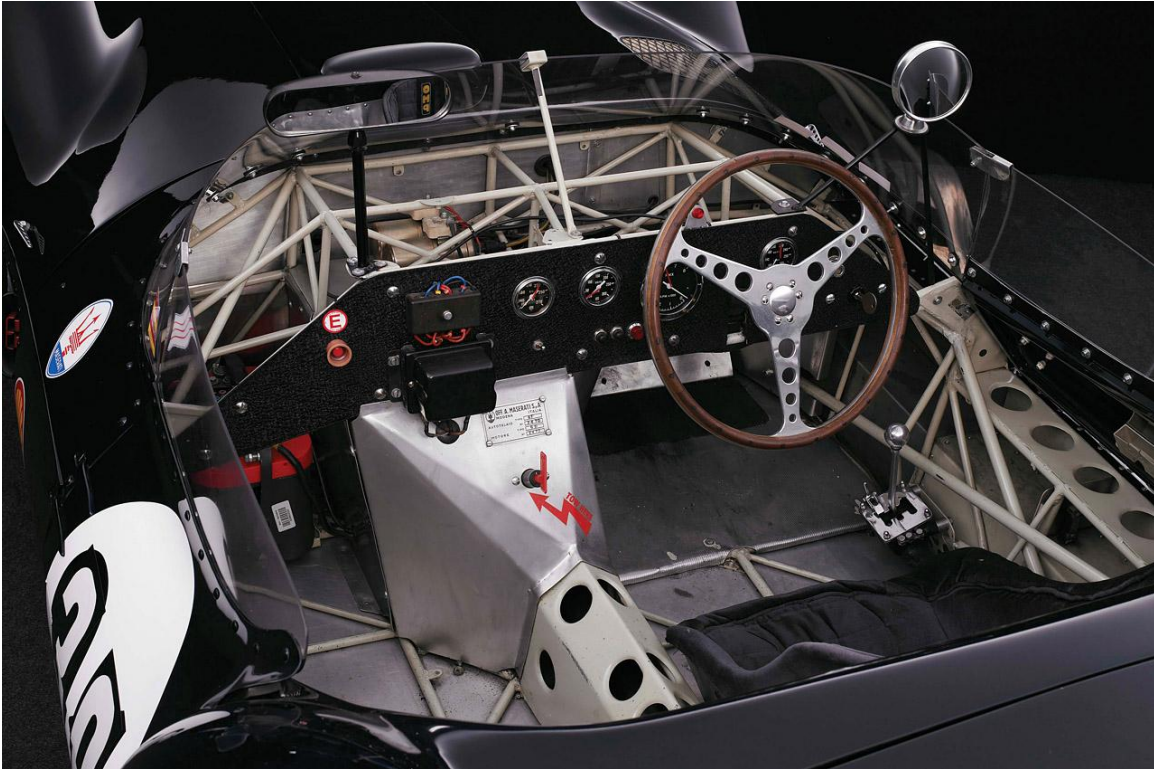
Το πρώτο πραγματικό χωροδικτύωμα παρήχθει το 1930 από τους σχεδιαστές Buckminster Fuller και William Bushnell Stout οι οποίοι κατανόησαν την θεωρία του πραγματικού χωροδικτυώματος και κατασκεύασαν τα αυτοκίνητα Dymaxion και Stout Scarab αντίστοιχα¹⁷. Το πρώτο αγωνιστικό αυτοκίνητο στο οποίο επιχειρήθηκε η χρήση χωροδικτυώματος ήταν το Cisitalia D46 το 1946¹⁷. Το εγχείρημα δεν ήταν επιτυχές και για το λόγο αυτό ένα χρόνο αργότερα ανατέθηκε στον μηχανικό Porsche να ανακατασκευάσει το μοντέλο. Συνεπώς, ένα χρόνο αργότερα το ανασχεδιασμένο Porsche 360 Cisitalia το οποίο είχε διαγώνειους σωλήνες μπορεί να θεωρηθεί ως το πρώτο πραγματικό χωροδικτύωμα¹⁷.



Εικόνα.25 Jaguar C-Type Space Frame

Αυτοκίνητο με χωροδικτύωμα που προορίστηκε για μαζική παραγωγή ήταν εκείνο της Lotus, το Mark IV το 1952¹⁸, το οποίο επηρεάστηκε από το μοντέλο της Jaguar C-Type ένα αυτοκίνητο που το προηγούμενο χρόνο κατάφερε να κερδίσει τον δεκατο όγδοο εικοσιτετράωρο αγώνα αντοχής στο Le Mans¹⁹. Πάραυτα, το πρώτο πραγματικό χωροδικτύωμα υπήρξε το Maserati Tipo 61 ή Maserati Birdcage του οποίου το δεύτερο όνομα δεν είναι τυχαίο καθώς ο φορέας του είναι κατασκευασμένος από περίπου 200 σωλήνες. Ο φορέας χωροδικτυώματος προσέφερε στο Birdcage μεγάλη δυσκαμψία και μικρό βάρος. Το αυτοκίνητο αυτό που προοριζόταν για τον αγώνα Le Mans δεν τα κατάφερε να κερδίσει τίτλο στον αγώνα αυτό, αλλά ο λόγος δεν οφειλόταν στην κατασκευή

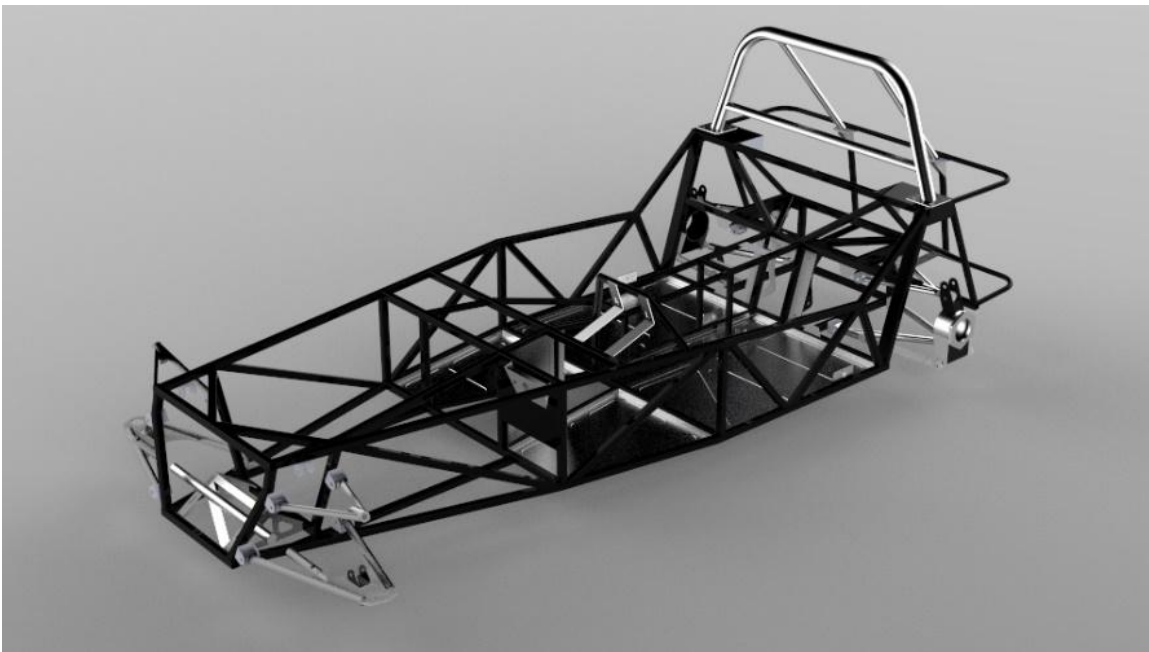
του. Άλλωστε το αυτοκίνητο αυτό αποτέλεσε έμπνευση για πολλούς μελλοντικούς σχεδιαστές, αφού μέχρι σήμερα κατασκευάζονται αυτοκίνητα, κυρίως αγωνιστικού τύπου, με χωροδικτυώματα σωλήνων.



Εικόνα. 26 Maserati Tipo 61 (Birdcase)

Η χρήση του φορέα με χωροδικτύωμα σωλήνων με το πέρασμα του χρόνου είχε μεγάλη απήχηση σε αυτοκίνητα αγωνιστικού τύπου. Κυριώς η γενική νοοτροπία για την κατασκευή ενός αυτοκινήτου τέτοιου τύπου ακολουθεί τα πρότυπα του πρώτου μοντέλου της Maserati. Όμως συχνά αρκετοί σχεδιαστές αυτοκινήτων προσπάθησαν να κατασκευάσουν χωροδικτυώματα που μπορούν

να παραλάβουν ικανοποιητικά δυνάμεις σε όλες τις διαστάσεις του χώρου, το οποίο είχε ως αποτέλεσμα να μεγαλώνει την δυσκαμψία του δικτυώματος και η δυσκαμψία αυτή να είναι συγκρίσιμη ή και μεγαλύτερη από εκείνη των τυπικών αυτοκινήτων παραγωγής. Βέβαια, πολλοί σχεδιαστές κατασκεύασαν αμαξώματα με σωλήνες χωρίς όμως αυτά να είναι πραγματικά χωροδικτύωματα. Ο λόγος ήταν ότι χρησιμοποιούσαν μεγάλου μήκους και διαμέτρου σωλήνες με καμπυλώσεις κατά το μήκος τους και συνεπώς οι σωλήνες αυτές παρελάμβαναν καμπτικά φορτία τα οποία είναι ανεπιθύμητα σε ένα πραγματικό χωροδικτύωμα. Βέβαια, οι κατασκευές αυτές παρέμεναν επαρκώς άκαμπτες λόγω της μεγάλης διαμέτρου των σωλήνων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα ενός φορέα με αυτή τη διάταξη είναι το αυτοκίνητο Haynes Roadster.



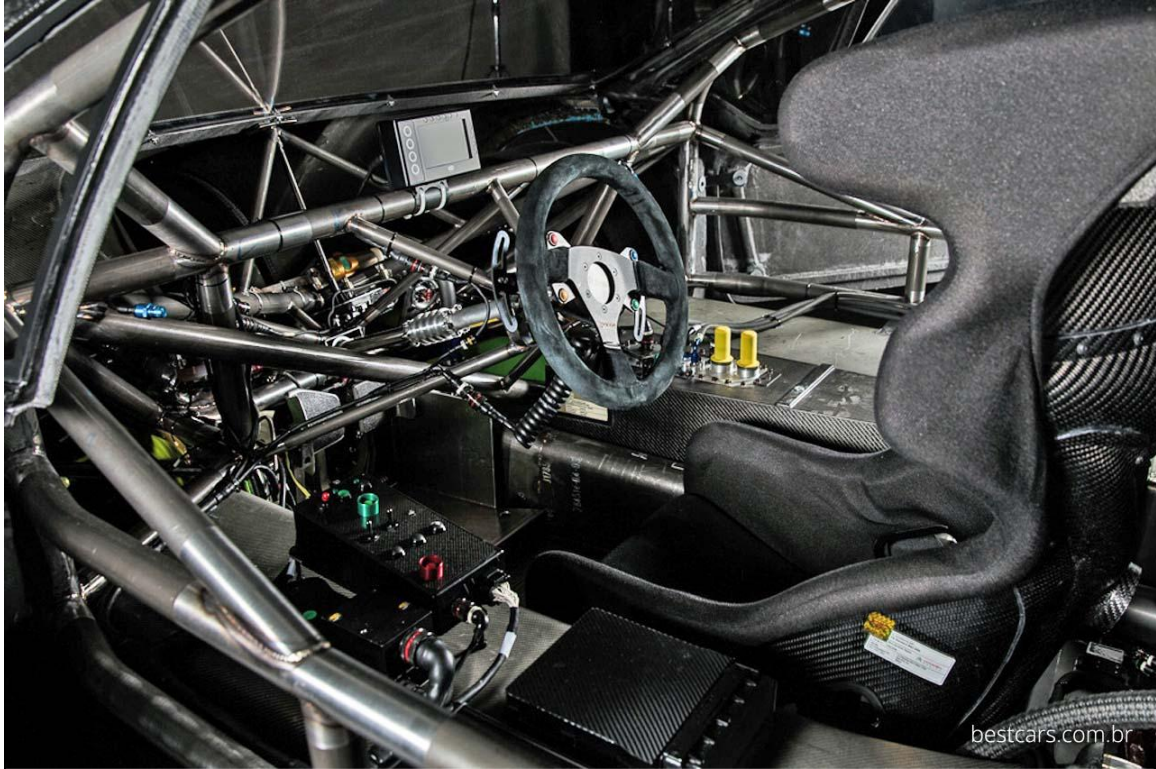
Εικόνα. 27 Haynes Roadster Space Frame

Πρόκειται για μία απομίμηση του Lotus Seven του οποίου ο φορέας δεν είναι πραγματικό χωροδικτύωμα, διότι δεν έχει πλευρικές στηρίξεις σε ορισμένα

σημεία πρόσδεσης της ανάρτησης καθώς και κάθετες στηρίξεις στα σημεία πρόσδεσης της μηχανής του²⁰. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα κατά την εφαρμογή δυναμικών φορτίων στο φορέα την ευκαμψία του και συνεπώς αυξάνει τον συντελεστή κόπωσης της κατασκευής. Η ευκαμψία αυτή έχει αρνητική επίδραση στην οδηγική συμπεριφορά του αυτοκινήτου.

Ένα σημαντικό μειονέκτημα του φορέα χωροδικτυώματος είναι ότι μειώνει αρκετά τον ωφέλιμο εσωτερικό όγκο του αυτοκινήτου. Συγκεκριμένα, η πρόσβαση της θέσης του οδηγού καθώς και του κινητήρα είναι δύσκολη. Για αυτό το λόγο ορισμένα αυτοκίνητα διαθέτουν διαιρούμενα μέλη του σκελετού τους, όπως το Lotus Mark III το οποίο διέθετε αφαιρούμενο μέλος γύρω από τον κινητήρα του²¹.

Τα τελευταία χρόνια πλήθος οχημάτων που προορίζονται για αγωνιστική χρήση κατασκευάζονται με χωροδικτυώματα. Ο κυριότερος λόγος είναι η δυσκαμψία που μπορεί να προσφέρει αυτός ο τύπος φορέα σε σχέση με το βάρος του, καθώς και το γεγονός ότι το μειονέκτημα του χώρου δεν είναι τόσο θεμελιώδες σε ένα αγωνιστικού τύπου όχημα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το Peugeot 208 T16 Pikes Peak, το οποίο κατασκευάστηκε για την ανάβαση Pikes Peak 2013 με την εξωτερική όψη του αυτοκινήτου Peugeot 208, κατασκευασμένο με χωροδικτύωμα και όχι με αυτοφερόμενο πλαίσιο όπως το πρωτότυπο αυτοκίνητο της εταιρίας.



Εικόνα.28 Peugeot 208 T16 Pikes Peak

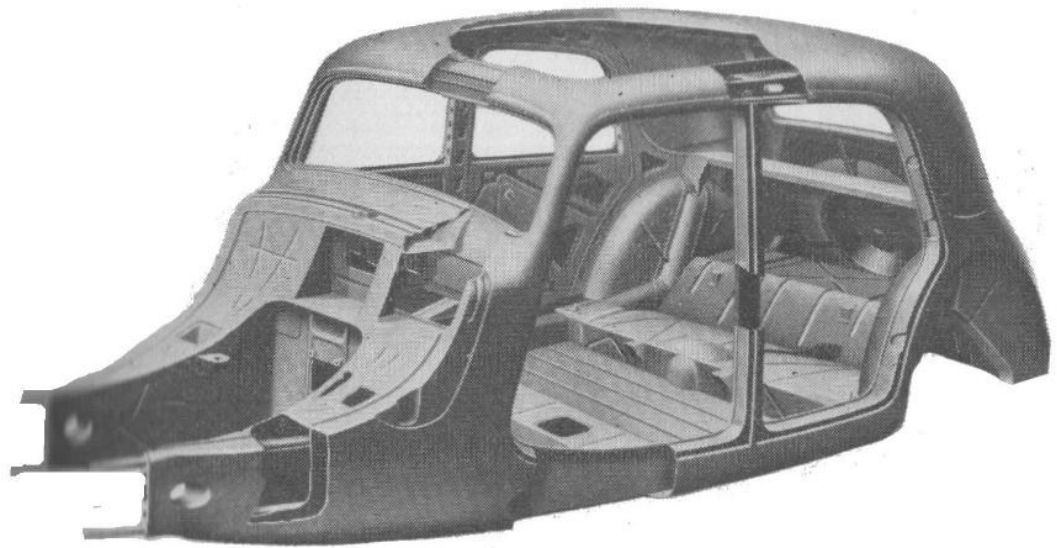
5. Αυτοφερόμενο πλαίσιο (Unibody)

Η προέλευση της ονομασίας αυτού του τύπου φορέα είναι ο αγγλικός όρος unitary-body, δηλαδή ενιαίο σώμα. Η ονομασία αυτή δόθηκε διότι ο φορέας ενσωματώνει σε μία δομή το αμάξωμα καθώς και τη καμπίνα των επιβατών.



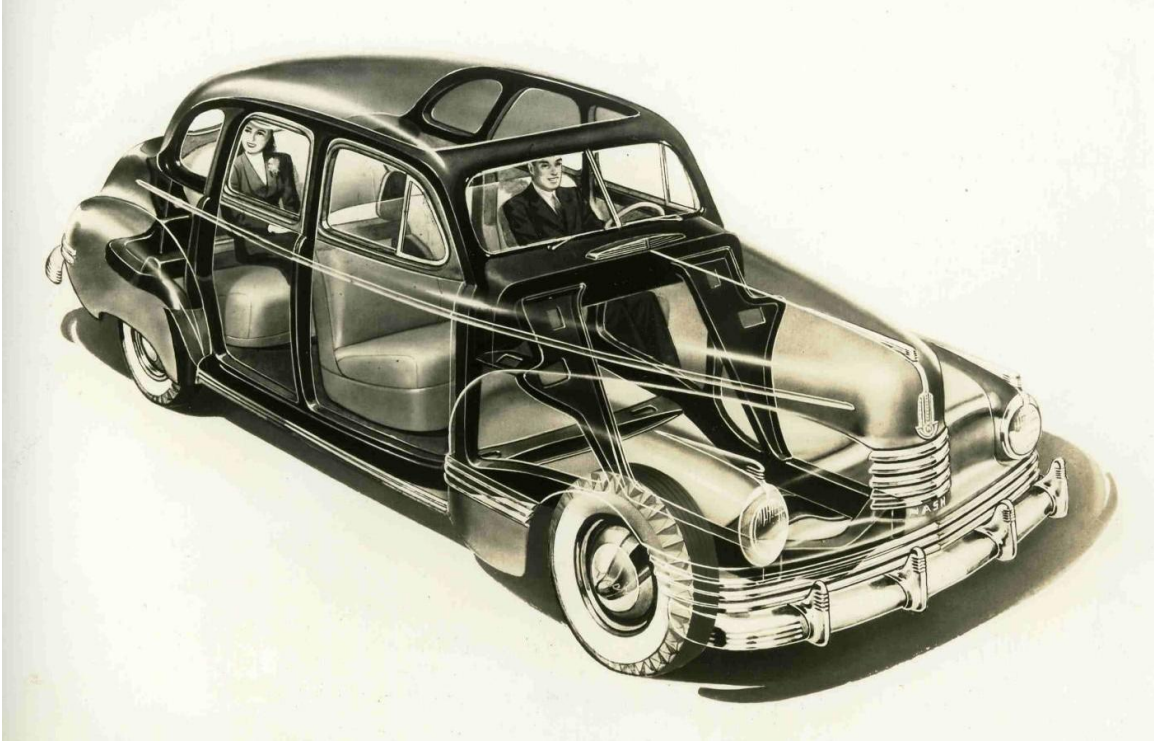
Εικόνα. 29 Unibody Frame

Η έννοια του ενσωματωμένου αμαξώματος και της καμπίνας απαιτεί κάτι περισσότερο από την απλή συγκόλληση των δύο. Σε ένα πλήρες αυτοφερόμενο πλαίσιο ολόκληρο το όχημα δέχεται τις φορτίσεις κατά τη διάρκεια της οδήγησης καθώς και τα στατικά φορτία λόγω του φορτίου του.



Εικόνα. 30 Traction Avant Unibody

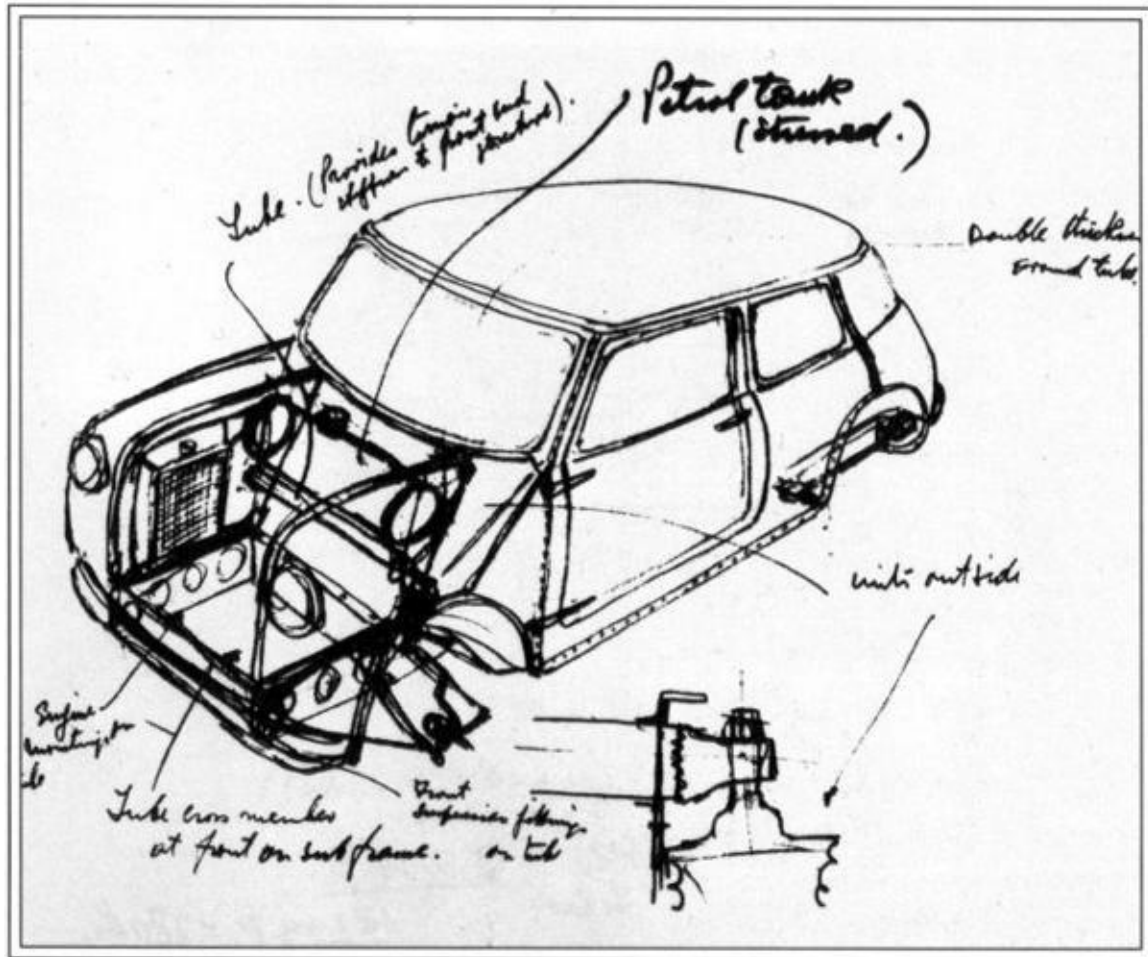
Η πρώτη φορά που χρησιμοποιήθηκε σε μαζική παραγωγή ήταν το 1922 από την αυτοκινητοβιομηχανία της Lancia για την κατασκευή του Lancia Lambda. Ακόλουθος της Lancia υπήρξε η Citroen η οποία μία δεκαετία μετά κατασκεύασε το Traction Avant, ένα αυτοκίνητο αυτό γνώρισε τεράστια επιτυχία καθώς ήταν πολύ καινοτόμο για την εποχή του. Ο φορέας τύπου unibody ήταν μία πρωτοπορία και προσέφερε σημαντική μείωση βάρους και χαμηλότερο κέντρο βάρους. Η καινοτομία αυτή αντιμετώπισε καχυποψία από πολλούς ερευνητές της εποχής του. Σε αυτά τα χνάρια αυτών ακολούθησαν η Ford με το Lincoln-Zephyr¹¹ καθώς και η Nash-Kelvinator με το Nash 600.



Εικόνα.31 Nash 600

Η Nash λόγω της χρήσης του unibody μείωσε το βάρος του αυτοκινήτου της κατά διακόσια τριάντα κιλά. Από τότε και έπειτα όλο και περισσότερες εταιρίες έκαναν χρήση του unibody¹².

Μεγάλη επιτυχία γνώρισε το Mini της βρετανικής εταιρίας BMC (British Motor Corporation) το οποίο σχεδιάστηκε από τον έλληνα σχεδιαστή αυτοκινήτων Αλέξανδρο Ισηγόνη. Ο Ισηγόνης κλήθηκε το 1955 να σχεδιάσει ένα μικρό αυτοκίνητο το οποίο θα είχε διαστάσεις 3.0 x 1.2 x 1.2 m και θα είχε επαρκές χώρο για τους επιβάτες του. Ο λόγος ήταν η κρίση του Σουέζ που έφερε μεγάλη αύξηση στη τιμή των καυσίμων και συνεπώς μεγάλη πτώση στη ζήτηση των μεγάλων αυτοκινήτων, ιδίως στην Αγγλία.



Εικόνα.32 BMC Mini Χειρόγραφο σκίτσο Α. Ισηγόνη

Το Mini σχεδιάστηκε με αυτοφερούμενο πλαίσιο το οποίο έδινε τη δυνατότητα στον σχεδιαστή του να εξοικονομήσει όσο περισσότερο χώρο είχε στη διάθεσή του ώστε το αυτοκίνητο να είναι λειτουργικό. Ο Ισηγόνης πριν το Mini είχε επίσης σχεδιάσει με αυτοφερούμενο πλαίσιο το Morris Minor, το οποίο πρωτοκατασκευάστηκε μετά τον 2^ο παγκόσμιο πόλεμο το 1948.



Εικόνα.33 Morris Minor

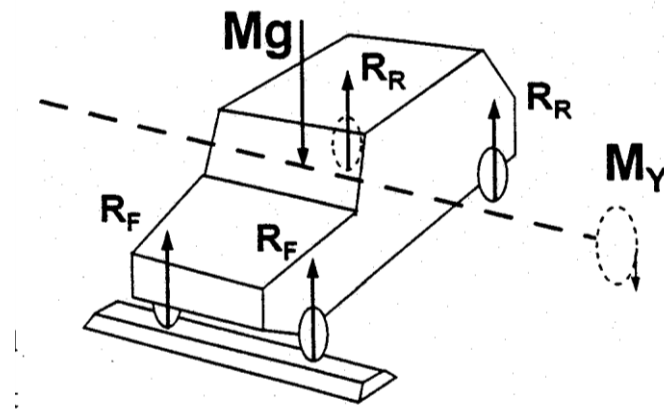
Η κατασκευή του φορέα αυτού είναι η πλέον προτιμότερη για μαζικές παραγωγές αυτοκινήτων για τις αυτοκινητοβιομηχανίες. Οι λόγοι της προτίμησης αυτής είναι κυρίως η εξοικονόμηση βάρους σε σχέση με τον φορέα τύπου σκάλας, η καλύτερη εκμετάλλευση του χώρου του αυτοκινήτου και η ευκολία κατασκευής για τις αυτοκινητοβιομηχανίες. Ένα επιπλέον πλεονέκτημα ενός ισχυρού αυτοφερόμενου πλαισίου είναι η βελτιωμένη προστασία των επιβατών σε περίπτωση ατυχήματος, η οποία τα τελευταία χρόνια βασίζεται στην παθητική ασφάλεια. Το αυτοφερόμενο πλαίσιο προσφέρει την δυνατότητα για εκμετάλλευση της παραμόρφωσής του κατά ελέγξιμο τρόπο ώστε να

επιτυγχάνεται η προστασία των επιβατών και η απορόφηση σημαντικού μέρους της ισχύος της σύγκρουσης σε περίπτωση ατυχήματος.

6. Φορτία σκελετού επιβατικών αυτοκινήτων

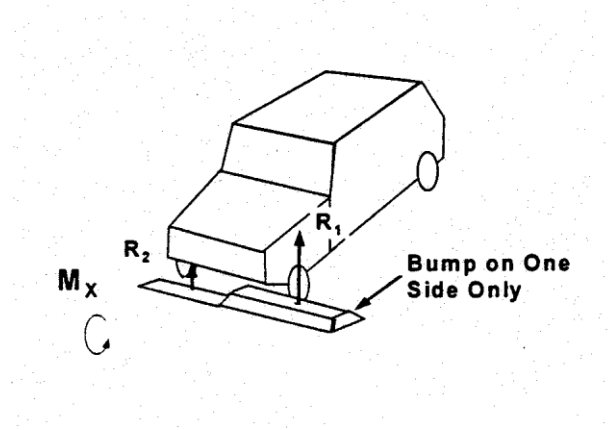
Ένα σασί υποβάλλεται σε τρεις περιπτώσεις φορτίου: κάμψη, στρέψη και δυναμικά φορτία.

Η κάμψη (κάθετη συμμετρική) ως περίπτωση φορτίου συμβαίνει όταν δύο τροχοί επί ενός άξονα του οχήματος συναντήσουν ένα συμμετρικό χτύπημα ταυτόχρονα. Η αναστολή αυτού του άξονα μετατοπίζεται, και η συμπίεση των ελατηρίων προκαλεί μια προς τα άνω δύναμη επί των σημείων στερέωσης ανάρτησης. Αυτό ισχύει και για μια ροπή κάμψεως στο σασί και για μια στον εγκάρσιο άξονα. (Βλέπε Εικ. 34.)



Εικόνα.34. Κάμψη περίπτωση φορτίου

Η στρέψη (κάθετη ασύμμετρη) ως περίπτωση φορτίου συμβαίνει όταν ο ένας τροχός σε έναν άξονα υπόκειται σε ένα χτύπημα. Αυτό φορτίζει το σασί σε στρέψη, καθώς και κάμψη. (Βλ. Σχήμα 35). Έχει βρεθεί τόσο στη θεωρία όσο και στην πράξη ότι η στρέψη είναι μια πιο σοβαρή περίπτωση φόρτισης σε σχέση με την κάμψη.



Εικόνα. 35 περίπτωση φορτίου στρέψης

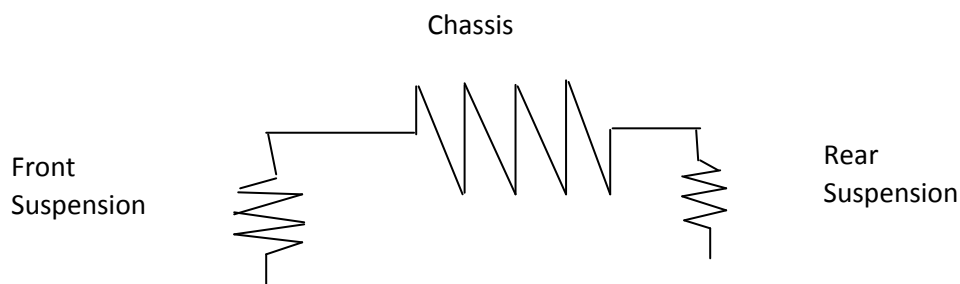
Η δυναμική περίπτωση φορτίου περιλαμβάνει διαμήκεις και εγκάρσιες καταπονήσεις κατά την επιτάχυνση, το φρενάρισμα και τις στροφές. Τα εν λόγω φορτία συνήθως αγνοούνται κατά την ανάλυση των διαρθρωτικών επιδόσεων.

Ένα στρεπτικά άκαμπτο πλαίσιο προσφέρει μια σειρά από πλεονεκτήματα:

1. Σύμφωνα με τις δυναμικές αρχές για τον προβλέψιμο και ασφαλή χειρισμό του οχήματος η γεωμετρία της ανάρτησης και του συστήματος

διεύθυνσης πρέπει να παραμείνει όπως έχει σχεδιαστεί. Για παράδειγμα, οι γωνίες κάμπερ, κάστερ και η σύγκλιση θα μπορούσαν να αλλάξουν με στρεπτικό φορτίο, όπως η γεωμετρία του συστήματος διεύθυνσης θα μπορούσε να αλλάξει από ένα τρακάρισμα.

2. Για άλλη μια φορά, σύμφωνα με τις αρχές του οχήματος η δυναμική και η ανάρτηση θα πρέπει να είναι άκαμπτη και με καλή απόσβεση για την απόκτηση του καλού χειρισμού. Για το σκοπό αυτό η μπροστινή ανάρτηση, το σασί και η πίσω ανάρτηση μπορεί να θεωρηθεί ως τρία ελατήρια σε σειρά όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα. Αν το πλαίσιο δεν είναι αρκετά άκαμπτο ως προς τη στρέψη τότε όλα τα πλεονεκτήματα που έχουν αποκτηθεί από τη σκληρή ανάρτηση θα χαθούν. Επιπλέον, ένα σασί χωρίς επαρκή ακαμψία μπορεί να κάνει το χειρισμό απρόβλεπτο, καθώς δρα ως ένα ελατήριο με απόσβεση.



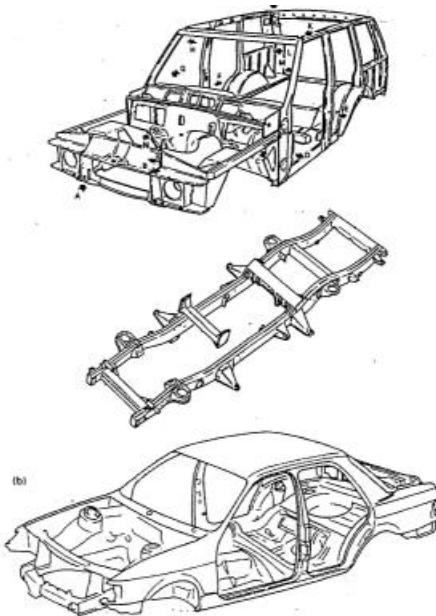
Εικόνα 36. Πλαίσιο, ανάρτηση και ελατήρια

3. Η κίνηση του πλαισίου μπορεί επίσης να προκαλέσει κραδασμούς και τριγμούς, τα οποία είναι απαράδεκτα στα σύγχρονα οχήματα.

7. Μέτρηση φορτίων και πλαίσια

7.1 Είδη πλασίων ανάλογα με τον τύπο

Όταν λέμε πλαίσιο εννοούμε την μεταλική κατασκευή πάνω στην οποία τοποθετούνται όλοι οι μηχανισμοί του αυτοκινήτου. Παλαιότερα ήταν το κύριο χαρακτηριστικό του αυτοκινήτου. Στη συνέχεια όμως με τη πάροδο του χρόνου αντικαταστάθηκε σταδιακά με το αυτοφερόμενο αμάξωμα που φαίνεται στις παρακάτω φωτογραφίες.



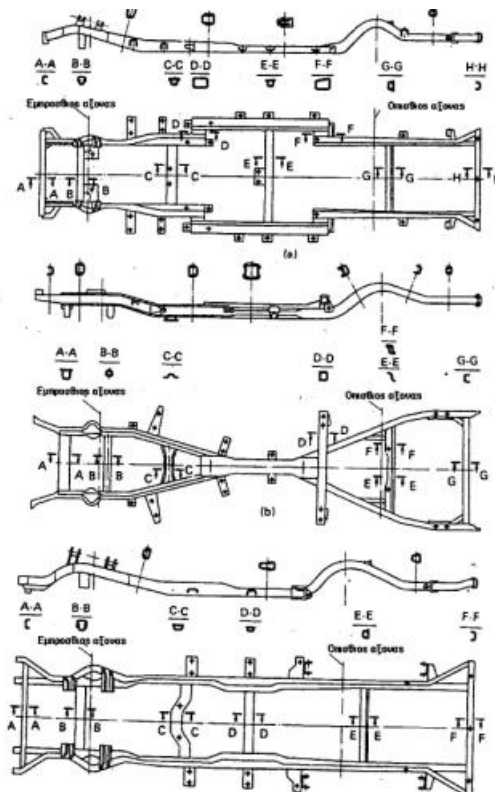
Εικόνα 39. Πλαίσιο και αμάξωμα

Συνεχίζει όμως να υπάρχει σε κάποια σπορ αυτοκίνητα, σε ορισμένα jeep, σε αμάξια τα οποία τα περισσότερα μέρη τους είναι κατασκευασμένα απο πλαστικά μέρη ή σε κάποια αμερικανικά αυτοκίνητα. Η πιο συνηθισμένη μορφή πλαισίου που συναντάται είναι αυτή που περιλαμβάνει 2 παράλληλες δοκούς σε σχήμα Π ή ορθογωνικής που συνδέονται μεταξύ τους με δύο εγκάρσια μέλη ή σε μορφή χιαστί για να υπάρχει μεγαλύτερη αντοχή στις πιέσεις που δέχεται. Με τη πάροδο του χρόνου και με βάση τους παραπάνω τύπους αναπτύχθηκαν διάφοροι νέοι τύπου πλαισίων που θα αναλυθούν και παρακάτω.

Το πλαίσιο παραμετρικού τύπου που φαίνεται και στη παρακάτω εικόνα στη μέση βλέπουμε ότι είναι πιο φαρδύ ενώ γίνεται πιο στενό στα άκρα του. Η απόσταση που υπάρχει στα πλευρικά μέλη καθορίζεται απο το μετατρόχιο και απο τη μέγιστη γωνία στροφής των τροχών, ενώ στη πίσω πλευρά μόνο από το μετατρόχιο. Τα υπόλοιπα μέλη που βρίσκονται στη πλευρά συνδέονται με πολλά εγκάρσια στελέχη. Οι «ώμοι» που τοποθετούνται μπροστά σχηματίζονται από το κεκλυμένο μέρος του πατώματος στο μέρος που συχνά βρίσκεται το εξάρτημα του κινητήρα. Οι πίσω «ώμοι» τοποθετούνται κάτω από το πίσω κάθισμα και καλό θα ήταν να κατασκευάζονται σαν διαφορετικό κομμάτι ενωμένα στα εμπρός, μεσσαιά και πίσω τμήματα των πλευρικών μελών.

Στο παρακάτω πλαίσιο της εικόνας το πλαίσιο αποτελείται από ένα κεντρικό τούνελ το οποίο βρίσκεται στο επίπεδο συμμετρίας του οχήματος και σχηματίζει «πιρούνια» εμπρός και πίσω. Τα «πιρούνια» που βρίσκονται μπροστά είναι χρήσιμα για την καλή λειτουργία της μονάδας ισχύος ενώ τα πίσω για την διευθέτηση του πίσω άξονα. Το κεντρικό μέλος βρίσκεται στο αμάξωμα στο

κεντρικό τούνελ. Το πλαίσιο τύπου σκάλας εμπεριέχει δύο πλευρικά μέλη τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με πολλά εγκάρσια μέλη. Για να ελαχιστοποιηθεί το ύψος του πατώματος σε σημεία που αυτό είναι απαραίτητο, μειώνουμε το ύψος των πλευρικών και εγκάρσιων μελών, ενώ ταυτόχρονα αυξάνεται το πλάτος για να διατηρηθεί ευμετάβλητη η αντοχή τους.



Εικόνα 40. Είδη πλαισίων

7.2 Στοιχεία του πλαισίου

Τα πλαίσια μεταξύ τους έχουν πολλές διαφορές στα μέρη καθώς και στην ονομασία τους. Τα βασικά μέρη που αποτελούν ένα πλαίσιο παρουσιάζονται παρακάτω.

1. Πλευρική παράλληλη δοκή (αυτοί είναι η δύο πλευρικοί κύριοι δοκοί)
2. Διακοκίδες (είναι οι δοκοί που βρίσκονται στα πλευρικά και τα συνδέουν μεταξύ τους)
3. Διαγώνιες ενισχύσεις (χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση και αυτοί των πλευρικών δοκών)
4. Κομβοελάσματα (είναι αυτά που χρησιμοποιούνται για να ενώσουν δύο τμήματα του πλαισίου)
5. Μπρακέτα (είναι τα στηρίγματα που είναι συγκολλημένα πάνω στις δοκίδες. Πάνω σε αυτά τοποθετείται το αμάξωμα του οχήματος)
6. Βάσεις αναρτήσεων (είναι τα στηρίγματα που τοποθετούνται οι αναρτήσεις του οχήματος)
7. Βάσεις ανύψωσης του αυτοκινήτου (αυτές οι βάσεις συνήθως είναι τέσσερις, δύο μπροστά και δύο πίσω, μία δεξιά και μία αριστερά και χρησιμεύουν ως υποδοχή για τοποθέτηση του γρύλλου)
8. Βάσεις των μηχανισμών (είναι οι βάσεις που τοποθετούνται τα μηχανικά μέρη του αυτοκινήτου, κινητήρας, κιβώτιο ταχυτήτων κτλ.)

7.3 Η χρησιμότητα του πλαισίου

Το πλαίσιο έχει αρκετούς σκοπούς που αφορούν τη συγκρότηση του οχήματος και είναι η βάση για τη δημιουργία του. Παρακάτω θα εξηγήσουμε γιατί:

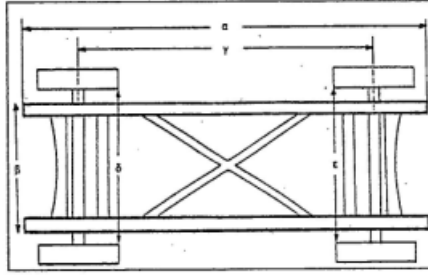
1. Πάνω σε αυτό τοποθετούνται τα μηχανικά μέρη του αυτοκινήτου (κινητήρας, κιβώτιο ταχυτήτων, αμάξωμα, αναρτήσεις κ.α.)

2. Περιλαμβάνει τα φορτία του οχήματος όπως το βάρος των επιβατών, των μηχανικών μερών και επιτρέπει τη στρεπτική ακαμψία του αυτοκινήτου.
3. Είναι ο συνδετικός κρίκος μεταξύ των αναρτημένων και μη αναρτημένων μαζών του αυτοκινήτου.
4. Δέχεται τις κύριες δυνάμεις από τις συγκρούσεις χωρίς να παραμορφώνεται.

7.4 Τεχνικά χαρακτηριστικά των πλαισίων του οχήματος

Τα κύρια χαρακτηριστικά των πλαισίων έχουν να κάνουν με τις κατασκευαστικές ιδιοτητες τους και είναι τα εξής.

1. Η μορφή του πλαισίου δηλαδή το σχήμα.
2. Οι διαστάσεις του πλαισίου οι οποίες διαφέρουν από πλαίσιο σε πλαίσιο.
(Μήκος, πλάτος, απόσταση μεταξύ δοκών, απόσταση αξόνων, μετατρόχιο, μπροστά και πίσω, απόσταση χαμηλότερου σημείου από το έδαφος)



Εικόνα 41. Κύριες διαστάσεις πλαισίου

3. Το βάρος του πλαισίου.
4. Τα υλικά με τα οποία έχει κατασκευαστεί καθώς και η διαδικασία κατασκευής.

7.5 Πλαίσια επιβατικών αυτοκινήτων

Όλοι οι μηχανισμοί ενός οχήματος προκειμένου να λειτουργεί σωστά και να εκπληρώνει το σκοπό για τον οποίο έχει δημιουργηθεί πρέπει να είναι σωστά συνδεδεμένοι σε σταθερή βάση. Η βάση η οποία εκτός από τη σύνδεση των μηχανισμών πάνω της δέχεται επιβάτες και αποσκευές και αποτελεί το αμάξωμα. Ανάλογα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των πλαισίων των επιβατικών αυτοκινήτων έχουμε τη διάκριση σε τρεις κύριες ομάδες.

1. Η αυτοφερόμενη κατασκευή. Σε αυτό το τύπο κατασκευής το πλαίσιο και το αμάξωμα αποτελούν μία μονάδα με την έννοια ότι είναι κατασκευασμένα μαζί. Χρησιμοποιείται σε αυτοκίνητα στις μέρες μας τα οποία πρέπει να έχουν μεταξόνια μικρότερα από 2.700mm και μεικτό

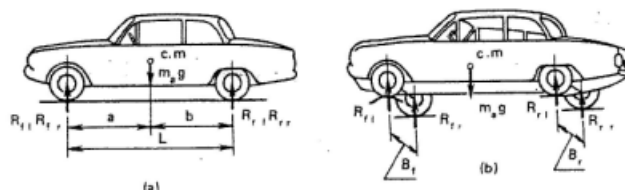
βάρος χαμηλότερο από 1400kg. Κάποια από τα θετικά είναι η μικρή μάζα, η ανθεκτικότητα σε στρέψη και η εύκολη συναρμολόγηση. Κάποια από τα αρνητικά είναι η πολυπλοκότητα του σχεδιασμού με την ιδιαίτερη προσοχή που χρειάζεται στους χώρους, καθώς και σωστή μέτρη των ενισχύσεων, δυσκολία κατασκευής διότι απαιτεί εξελιγμένα εργαλεία.

2. Το ανεξάρτητο πλαίσιο. Σε αυτή τη κατηγορία το αμάξωμα είναι διαφορετική κατασκευή και τις περισσότερες φορές είναι επίπεδο. Είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να δέχεται πάνω του όλο το φορτίο του οχήματος. Αυτός ο τύπος αμαξώματος προφυλάσσει του επιβάτες από τις καιρικές συνθήκες και όχι τόσο από τις συγκρούσεις. Είναι εύκολο στη διαδικασία σχεδιασμού και υπολογισμού σε σχέση με το προηγούμενο. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα επισκευής μετά από ατύχημα καθώς και η χρησιμοποίηση διαφόρων αμαξωμάτων στο ίδιο πλαίσιο. Ένα από τα μεγάλα αρνητικά αυτού του τύπου αμαξώματος είναι το τεράστιο βάρος του καθώς και οι συγκεντρώσεις των τάσεων στα συνδετικά σημεία των μηχανικών μερών του αυτοκινήτου. Αυτός ο τύπος πλαισίου χρησιμοποιώταν σε παλαιότερα οχήματα.
3. Το ημιαυτοφερόμενο πλαίσιο. Αυτή η λύση πλαισίου είναι μία μέση λύση σε σχέση με τα δύο προηγούμενα που περιγράφησαν πιο πάνω. Από τη μία μεριά παραλαμβάνονται όλα τα φορτία που υπάρχουν στο αμάξωμα ενώ από την άλλη μεριά υπάρχει μεγαλύτερη ασφάλεια στους επιβάτες. Η κατασκευή του είναι ελαφριά, η συναρμολόγηση εύκολη και η αντοχή του ικανοποιητική σε στρεπτικά φορτία. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα να

χρησιμοποιηθούν εναλλακτικά αμαξώματα. Μπορεί να σχεδιαστεί και να υπολογιστεί σχετικά εύκολα σε σχέση με τα αυτοφερόμενα αλλά πιο δύσκολα σε σχέση με τα ανεξάρτητα. Δεν έχει πολλές δυνατότητες επισκευής και επίσης, υπάρχει και εδώ συγκέντρωση τάσεων στα μηχανικά μέρη του αμαξώματος

7.6 Φόρτιση πλαισίων

Σε ένα αυτοκίνητο που κινείται με σχετικά μικρή ταχύτητα, οι δυνάμεις που επιδρούν στο πλαίσιο μέσω τις μπροστά και της πίσω ανάρτησεις είναι το σύνολο των φορτίων που προέρχονται από το βάρος του αυτοκινήτου. Τα φορτία του οχήματος θεωρούμαι ότι είναι στατικά φορτία ακόμα και όταν το όχημα κινείται με χαμηλή ταχύτητα, γιατί θεωρείται ότι η αλλαγή στις φορτίσεις γίνεται με χαμηλότερους ρυθμούς σε σχέση με την περίπτωση όπου το όχημα κινείται με υψηλή ταχύτητα.



Εικόνα 42. Η επίδραση στατικών φορτίων στα οχήματα

Τα φορτία στους αριστερούς και δεξιούς τροχούς δίνονται από τους τύπους αντίστοιχα.

$$R_{fr} = R_{fl} = 0,5 m_a g (b/L)$$

$$R_{rr} = R_{rl} = 0,5 m_a g (a/L)$$

Όπου m η μάζα του οχήματος.

a, b η απόσταση από το κέντρο της μάζας

L το μεταξόνιο του αυτοκινήτου (L=a+b)

Αν θεωρήσουμε ότι η κατασκευή μας είναι άκαμπτη σε μεγάλο βαθμό τότε το μέγεθος της ανωμαλίας που αντιστοιχεί στην περίπτωση στην οποία ο τροχός δεν έχει επαφή με το έδαφος είναι:

$$h_0 = f_{tf} + f_{sf} (B_f / S_f) + B_f (f_{tr} / B_r + f_{sr} / S_r)$$

Όπου f_t οι παραμορφώσεις, f_s η βύθιση των ελατηρίων και B_f το μετατρόχιο των εμπρός και πίσω τροχών.

Αν το πλαίσιο δεν είναι τελείως άκαμπτο και υπάρχει μια γωνία φ με το μεταξόνιο τότε το μέγεθος της ανωμαλίας είναι:

$$h_0 = f_{tf} + f_{sf} (B_f / S_f) + B_f (f_{tr} / B_r + f_{sr} / S_r + \varphi)$$

Αν αντικαταστήσουμε τις παραμορφώσεις από τις δυσκαμψίες τότε προκύπτει

$$f_t = R/c_t$$

$$f_s = RB/c_s S$$

$$\varphi = RB/2c_\varphi$$

Και

$$h_0 = R \left[\frac{1}{c_{tf}} + \frac{1}{c_{sf}} \frac{B_f^2}{s_f^2} \right] + B_f \left(\frac{1}{c_{tr} B_r} + \frac{B_r}{c_{tr} S_r^2} + \frac{B_f}{2c_\phi} \right)$$

Ακόμη αν η τιμή h είναι μικρότερη από ύψος της ανωμαλίας τότε η ροπή δίνεται από τον τύπο

$$T = 0,5RB$$

Όπου r το φορτίο στο λιγότερο φορτωμένο άξονα και B η τιμή του μετατρόχιου.

Το h παίρνει τιμές για επιβατηγά από -300 μέχρι +300.

Οι εξισώσεις είναι εφαρμόσιμες και για ανεξάρτητες αναρτήσεις.

8. Υλικά κατασκευής

8.1 Ξύλο

Τα πρώτα πλαίσια που φτιάχτηκαν ανάμεσα στο 1886 και το 1910 είχαν παρόμοιο σχεδιασμό με την ιππήλατη άμαξα, που όπως και αυτή, φτιάχονταν από ξύλο. Το ξύλο που χρησιμοποιούταν ήταν μελιά και στους συνδέσμους ενισχυόταν με σφυρήλατους μεταλλικούς συνδέσμους που τοποθετούνταν ατομικά. Ένας άλλος τρόπος κατασκευής ήταν από ξύλινες σανίδες που κάμπτονταν για να δημιουργήσουν ένα γερό και σταθερό πλαίσιο, σαν κέλυφος .

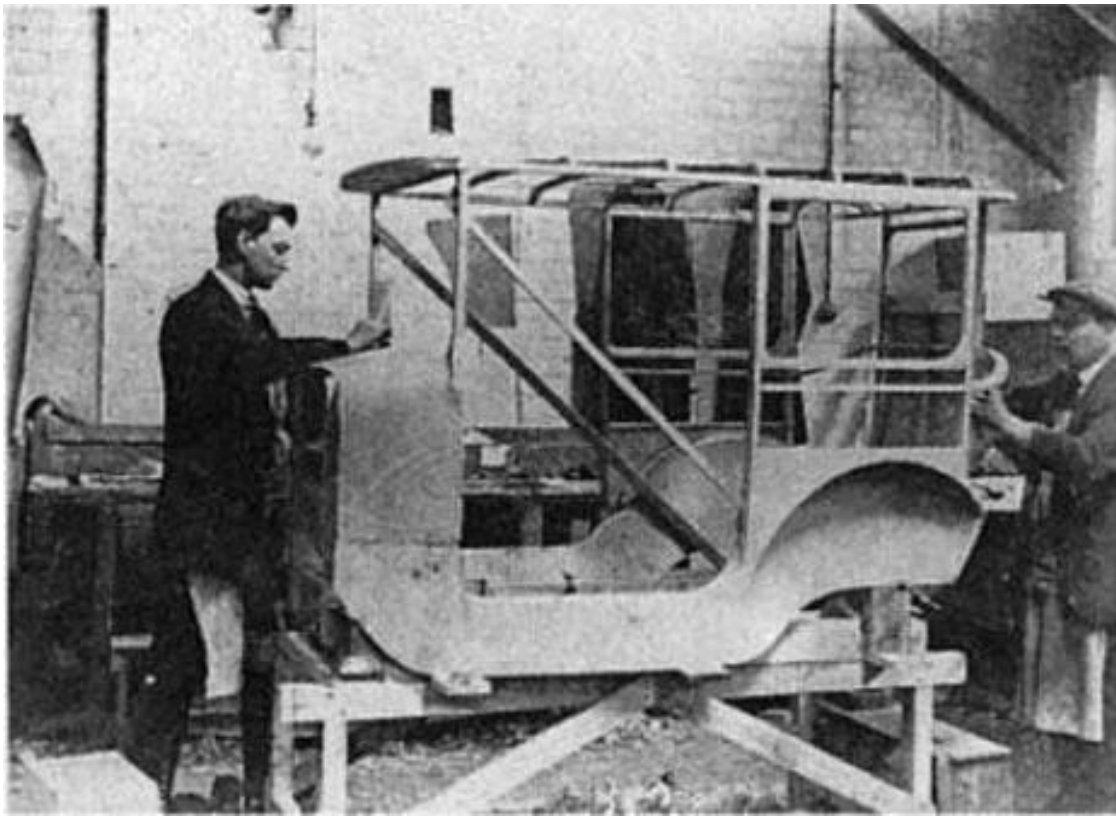


Εικόνα 43. Κατασκευή ξύλινων πλαισίων De Dion Works body shop, Finchley, c.

1923

Το 1921 εισήχθη ο τρόπος κατασκευής του Weymann. Σύμφωνα με αυτόν το βάρος των καθισμάτων και της καμπίνας, που ήταν μια πολύ ελαφριά κατασκευή, στηριζόταν στο δάπεδο. Για να κάνει πιο ανθεκτικές τις ενώσεις ο Weymann τοποθετούσε μεταλλικές πλάκες ανάμεσα στα κομμάτια ξύλου αποφεύγοντας έτσι την τριβή μεταξύ του ξύλου. Αυτή η μέθοδος όμως δεν κράτησε για πάνω από δέκα χρόνια λόγω της γρήγορης φθοράς των υλικών και της χαμηλής προστασίας που παρείχε στις συγκρούσεις.

Έως το 1924 οι περισσότεροι κατασκευαστές αυτοκινήτων που χρησιμοποιούσαν ξύλινα πλαίσια, για να προστατέψουν το ξύλο από τις καιρικές συνθήκες κάλυπταν το ξύλο με μεταλλικές πλάκες ή και σε κάποιες περιπτώσεις ύφασμα. Αυτό όμως δεν είχε κάποιο πλεονέκτημα στην αντοχή του πλαισίου



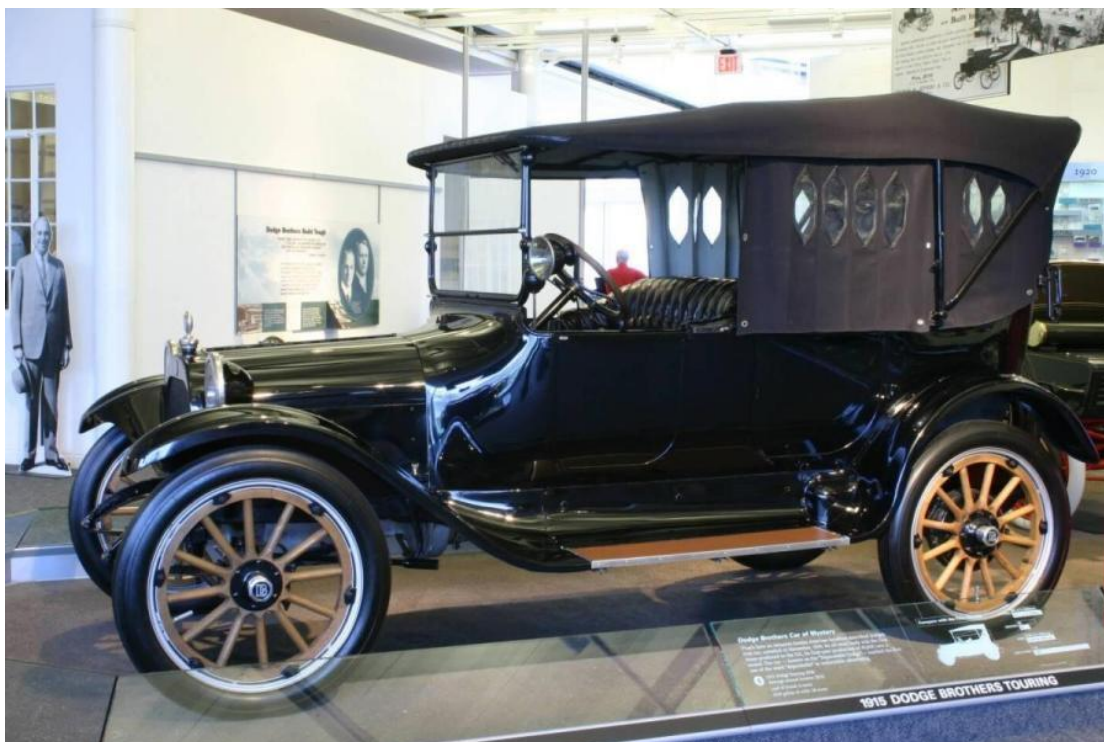
Εικόνα 44. Κατασκευή ξύλινων πλαισίων Gordon England Ltd, 1922 (National Motor Museum, Beaulieu)

8.2 Χάλυβας

Στις αρχές του 20 αιώνα άρχισε να τελειοποιείται ο τρόπος επεξεργασίας του μετάλλου, με την σφυρηλάτηση το 1900 – 1910, την υδραυλική επιμήκυνση εν ψυχρό περίπου το 1920 και την πρέσα το 1935. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να αρχίσει να χρησιμοποιείται στην αρχή ως μέσο ενίσχυσης του ξύλου (armored wood) και αμέσως μετά ως το υλικό αυτό κάθε αυτό που επικράτησε στην κατασκευή του πλαισίου των επιβατικών αυτοκινήτων μέχρι το 1990.

Η εξέλιξη της επεξεργασίας του μετάλλου συνέβαλε επίσης και στην αλλαγή του σχεδίου του αυτοκινήτου καθώς ο χάλυβας και το το αλουμίνιο μπορούν να διαμορφωθούν παίρνοντας σχήματα και μορφή που με το ξύλο είναι αδύνατο να δημιουργηθούν.

Το 1914 η Dodge ήταν η πρώτη εταιρία που σε συνεργασία με τον Edward Gowen Budd, ο οποίος από το 1899 είχε αρχίσει να αναπτύσσει χαλύβδινα πλαίσια και βαγόνια τρένων, χρησιμοποίησε ολοκληρωμένο μεταλλικό πλαίσιο (all-steel body). Εταιρίες όπως Hupmobile και η The Birmingham Small Arms Company Limited (BSA) ήταν οι πρώτες που είχαν επιχειρήσει κάτι τέτοιο αλλά δεν στέφτηκε με επιτυχία.



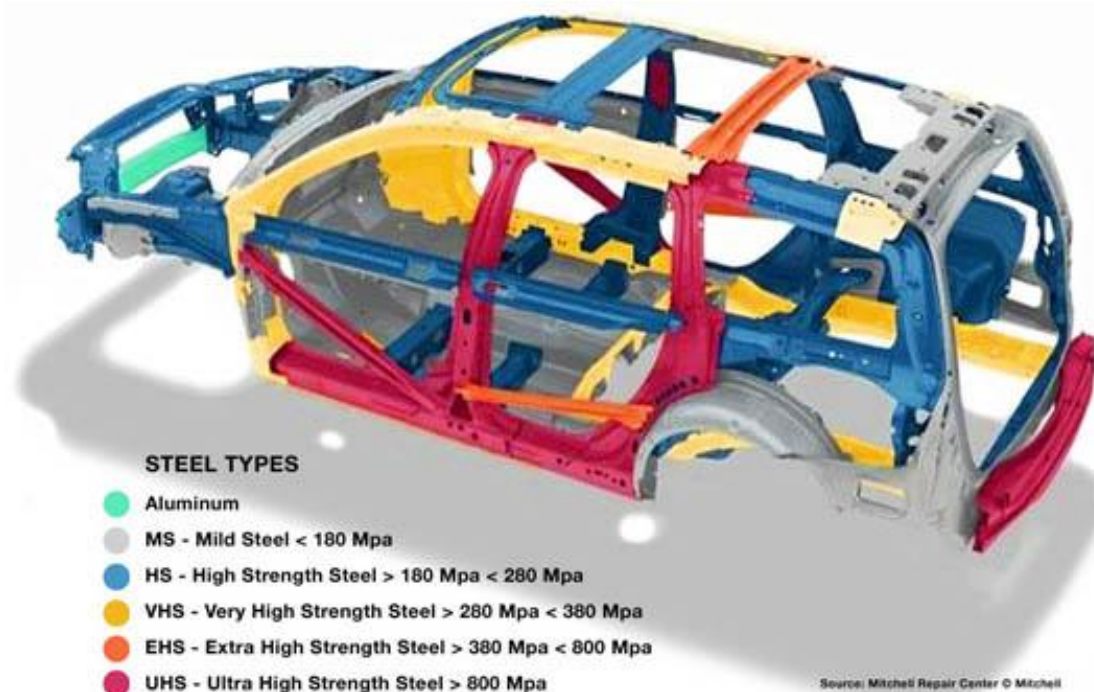
19

Εικόνα 45. 15 Dodge Brothers Model 30-35 touring car

Η Citroën ήταν η πρώτη ευρωπαϊκή εταιρία που το 1924 έφτιαξε αυτοκίνητο με μεταλλικό αυτοφερόμενο αμάξωμα. Το Citroën B10 είχε αρκετά μειονεκτήματα, ήταν εύκαμπτο και δεχόταν μεγάλη παραμόρφωση, επιπλέον η κατασκευή του πλαισίου ήταν ιδιαίτερα δαπανηρή για εκείνη την εποχή με αποτέλεσμα ο Γάλλος κατασκευαστής να αναγκαστεί να πουλήσει την εταιρεία του. Παρά την οικονομική αποτυχία όμως το μεταλλικό αυτοφερόμενο αμάξωμα της Citroën ήταν η αρχή της σημαντικότερης αλλαγής στην κατασκευή του αυτοκίνητου. Διαπίστωσαν πως μπορεί ένα φύλο μετάλλου να είναι αδύναμο δομικά και τείνει να παραμορφωθεί σε περίπτωση που του ασκηθεί κάποιο φορτίο, αν όμως τυπωθεί σε ένα τρισδιάστατο σχήμα γίνεται άκαμπτο. Επίσης αν

συγκολληθούν μερικά μεταξύ τους μπορεί να κατασκευαστεί ένα πλαίσιο που θα είναι ισχυρότερο από το ξύλινο και θα ζυγίζει πολύ λιγότερο, έτσι θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν πιο μικρές, λιγότερης ιπποδύναμης και φθηνές μηχανές για περισσότερη ταχύτητα αλλά και οικονομία καυσίμου.

Το χαλύβδινο πλαίσιο μέχρι και σήμερα είναι το επικρατέστερο στην κατασκευή των επιβατικών αυτοκινήτων. Με την κατασκευή του όμως να χωρίζεται σε δυο κατηγορίες, σε αυτή με αυτοφερόμενο πλαίσιο και αυτή με μη αυτοφερόμενο πλαίσιο. Στο αυτοφερόμενο πλαίσιο το μπροστινό και το πίσω τμήμα του διαθέτουν ζώνες ελεγχόμενης παραμόρφωσης με ενισχυμένα φύλλα χάλυβα έτσι ώστε να απορροφούν το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας μιας σύγκρουσης και παράλληλα να παραμορφώνονται σταδιακά.



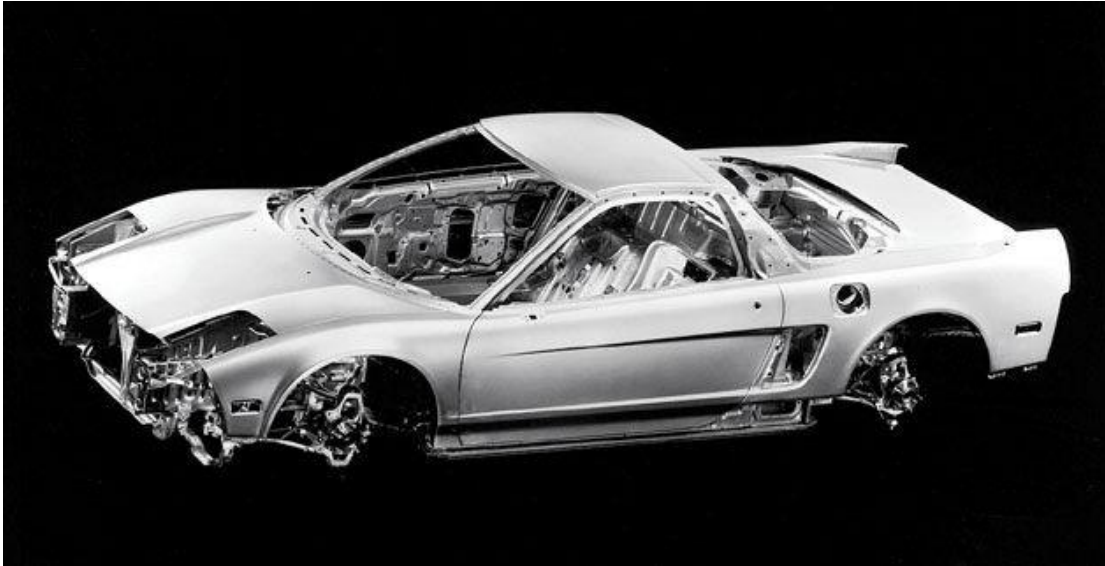
Εικόνα 46. Φόρτιση Φορέα

Η δομή τους είναι κατασκευασμένη με τέτοιο τρόπο ώστε να μην είναι πολύ σκληρή, γιατί καταπονούνται οι επιβάτες, αλλά ούτε ιδιαίτερα μαλακή γιατί παραμορφώνεται έντονα σε ενδεχόμενα σύγκρουσης. Ο χώρος των επιβατών, ο οποίος χαρακτηρίζεται ως "κλωβός ασφαλείας", είναι σχεδιασμένος με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να μην επηρεάζεται μετά από μια ενδεχόμενη σύγκρουση. Ιδιαίτερες ενισχύσεις διαθέτουν οι κολόνες της οροφής και το πλαϊνό μέρος λόγω έλλειψης ζωνών παραμόρφωσης για να μην παραμορφωθούν έντονα σε περίπτωση ανατροπής ή πλάγιας σύγκρουσης.

Στο μη αυτοφερόμενο πλαίσιο τώρα ανήκει το πλαίσιο τύπου σκάλας και το πλαίσιο τύπου χωροδικτύωματος. Το χωροδικτύωμα αποτελείται από δοκούς ενωμένες μεταξύ τους με συγκολλήσεις ή ειδικές κόλλες.

8.3 Αλουμίνιο

Η συνεχής αύξηση του βάρους των αυτοκινήτων, που προήλθε από τις αυξανόμενες απαιτήσεις των καταναλωτών στους τομείς της παθητικής ασφάλειας και του εξοπλισμού, ώθησε τους κατασκευαστές στην αναζήτηση νέων μετάλλων για την κατασκευή των πλαισίων. Το Honda NSX το 1990 ήταν το πρώτο αυτοκίνητο το οποίο βασιζόταν σε αλουμινένιο πλαίσιο χωρίς όμως να διαθέτει καμία ιδιαιτερότητα στην κατασκευή του, γιατί πολύ απλά αντικατέστησαν το χάλυβα με το αλουμίνιο σαν υλικό κατασκευής των μεταλλικών φύλλων. Τα διαμορφωμένα σε πρέσες φύλλα ηλεκτροκολλούνται και σχηματίζουν ένα φορέα-κέλυφος όπως στα περισσότερα αυτοκίνητα.

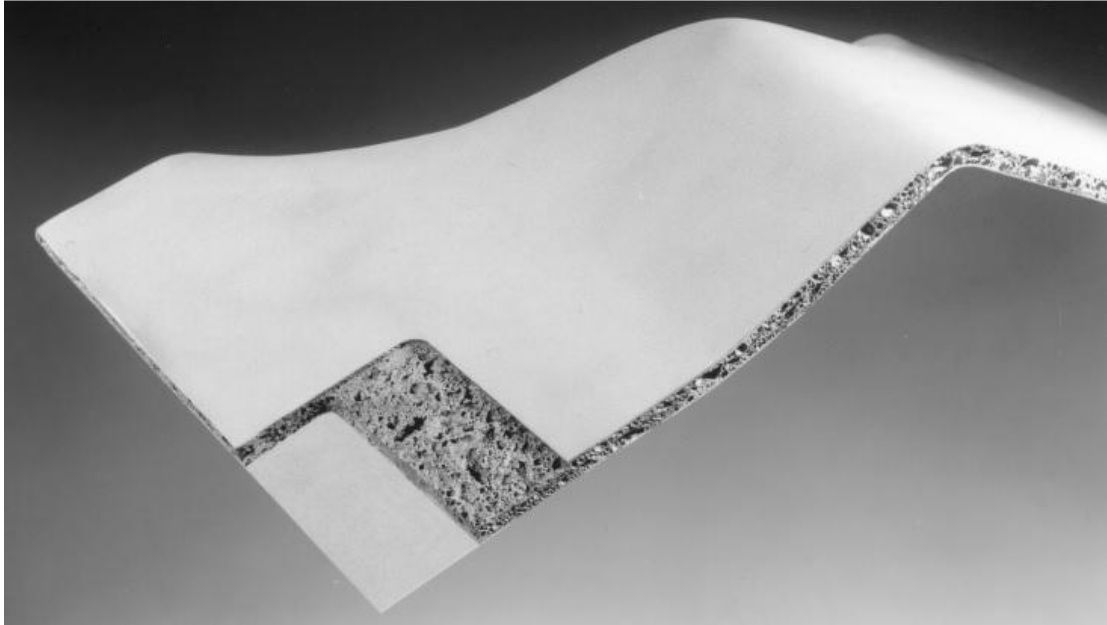


Εικόνα 47. Honda NSX 1990

Η λογική της Honda ήταν πως το αλουμίνιο, το οποίο έχει πυκνότητα ίση με το ένα τρίτο εκείνης του χάλυβα, θα έκανε το πλαίσιο ελαφρύτερο. Όμως παράλληλα έχει και μειωμένη αντοχή σε σχέση με το χάλυβα, κάτι που σημαίνει ότι τα φύλλα θα έπρεπε να γίνουν παχύτερα με αποτέλεσμα να μην επιτευχθεί τελικά η αρχική προσδοκία. Αυτό φαίνεται από το βάρος του αυτοκινήτου που ήταν 1.370 κιλά, όσο περίπου ενός αντίστοιχου με χαλύβδινο πλαίσιο. Η Audi έκανε το μεγάλο βήμα το 1994 με την παρουσίαση του A8. Σε συνεργασία με την AL - COA (Aluminium Company of America) εξέλιξε μια νέα μέθοδο κατασκευής πλαισίου. Το ASF (Audi Space Frame) είναι ένα χωροδικτύωμα κατασκευασμένο εξ ολοκλήρου με αλουμίνιο το οποίο είναι ελαφρύτερο από ένα αντίστοιχο από χάλυβα, κάτι που έχει θετικά αποτελέσματα στο βάρος του αυτοκινήτου και συνεπώς στην κατανάλωση και τις επιδώσεις. Πέρα όμως από το πλαίσιο και το αμάξωμα είναι κατασκευασμένο από αλουμίνιο με αποτέλεσμα η ναυαρχίδα της

Audi να ζυγίζει λιγότερο από αντίστοιχες προτάσεις. Όμως η Audi δεν περιορίστηκε στο A8 και πρωτοτύπησε για άλλη μια φορά με την κατασκευή ενός αντίστοιχου πλαισίου για αυτοκίνητο μαζικής παραγωγής (A2).

Τα βήματα της Audi ακολούθησαν ένα χρόνο αργότερα η Renault και η Lotus. Το πλαίσιο του Renault Spider είναι ένα χωροδικτύωμα όπου οι αλουμινένιες δοκοί δεν κατασκευάζονται από τη συνένωση πρεσαριστών φύλλων αλλά με εξέλαση. Οι τεχνικοί της Lotus προχώρησαν ακόμα πιο μπροστά και κατασκεύασαν ένα νέο πλαίσιο ακόμα πιο ελαφρύ από αυτό της Renault. Στο νέο χωροδικτύωμα της Elise οι εξελασμένες δοκοί συνδέονται με κόλλα εποξικής ρητίνης με ενισχυτικές υλώσεις σε ορισμένα μόνο σημεία. Η μέθοδος αυτή δίνει μεγαλύτερη ακρίβεια κατασκευής και αντοχή από την ηλεκτροκόλληση ενώ παράλληλα έχει μειωμένο βάρος. Αυτό συμβαίνει γιατί η ηλεκτροκόλληση μειώνει την αντοχή των μετάλλων με αποτέλεσμα τη χρήση παχύτερων διατομών. Η υπεροχή αυτού του πλαισίου αποδεικνύεται από το βάρος του αυτοκινήτου (675 κιλά) σε σχέση με το αντίστοιχης φιλοσοφίας Renault Spider (790 κιλά).



Εικόνα 48. Cross-section through an ASF /Aluminium Foam Sandwich, Karmann, Germany

Η εξέλιξη όμως των αλουμινένιων πλαισίων δεν σταμάτησε και η εταιρεία, η οποία κατασκευάζει αμαξώματα κυρίως ανοιχτών αυτοκινήτων, εξέλιξε μία νέα μέθοδο κατασκευής με την ονομασία AFS (Aluminium Foam Sandwich). Σύμφωνα με τη νέα αυτή μέθοδο δύο φύλλα αλουμινίου δημιουργούν ένα σάντουιτς με γέμιση από σκόνη αλουμινίου αναμεμειγμένη με ένα διογκωτικό μέσο. Το σάντουιτς διαμορφώνεται στο επιθυμητό σχήμα και κατόπιν μπαίνει στο φούρνο. Το διογκωτικό μέσο ενεργοποιείται θερμικά και το μείγμα με τη σκόνη αλουμινίου μετατρέπεται σε αφρό δένοντας τα δύο φύλλα σε μια συμπαγή ενότητα. Η Karmann ισχυρίζεται ότι αυτή η μέθοδος δίνει δεκαπλάσια αντοχή από το χάλυβα ενώ έχει το πρόσθετο πλεονέκτημα της μεγάλης ικανότητας απορρόφησης ενέργειας, κάτι πολύ σημαντικό για τα επίπεδα της παθητικής

ασφάλειας και του μειωμένου κατά 50% βάρους σε σχέση με ένα αντίστοιχο από χάλυβα.

9. Συμπεράσματα

Ο αριθμός των τύπων φορέων επιβατικών αυτοκινήτων είναι μεγάλος. Το γεγονός αυτό δίνει πληθώρα επιλογών στους κατασκευαστές για την δημιουργία νέων οχημάτων. Βέβαια, τα τελευταία χρόνια, λόγω κυρίως οικονομικών αιτιών, η έρευνα έχει απομακρυνθεί από τον τομέα του φορέα των οχημάτων και έχει επικεντρωθεί σε άλλες λειτουργίες όπως τα ηλεκτρονικά συστήματα αυτών.

Οι οικονομικές αιτίες κυρίως έχουν οδηγήσει την αγορά σε μεθόδους κατασκευής και σε επιλογή υλικών που είναι πιο φιλικά προς το περιβάλλον. Επίσης, οι αυτοκινητοβιομηχανίες έχουν μειώσει το προσωπικό που ασχολείται με τον φορέα του αυτοκινήτου καθώς υπάρχουν εταιρίες που προσφέρουν έτοιμες πλατφορμες για την κατασκευή οχημάτων με συγκεκριμένες προδιαγραφές.



Εικόνα.49 Γραμμή Παραγωγής Nissan

Ένας επιπλέον λόγος στον οποίο οφείλεται η μείωση της έρευνας στο τομέα του φορέα είναι οι οικογένειες αυτοκινητοβιομηχανιών. Συγκεκριμένα, οι αυτοκινητοβιομηχανίες σχεδιάζουν κάποιους φορείς ανά κατηγορία και τους τοποθετούν σε μοντέλλα ίδιας κατηγορίας σε όλες τις θυγατρικές τους. Συνεπώς, μειώνεται η ποικιλία των φορέων καθώς και η έρευνα πάνω σε αυτούς. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το γκρουπ VAG (Volkswagen Group) και ιδιαίτερα η πλατφόρμα σασί που έχει εισάγει στα αυτοκίνητά του.

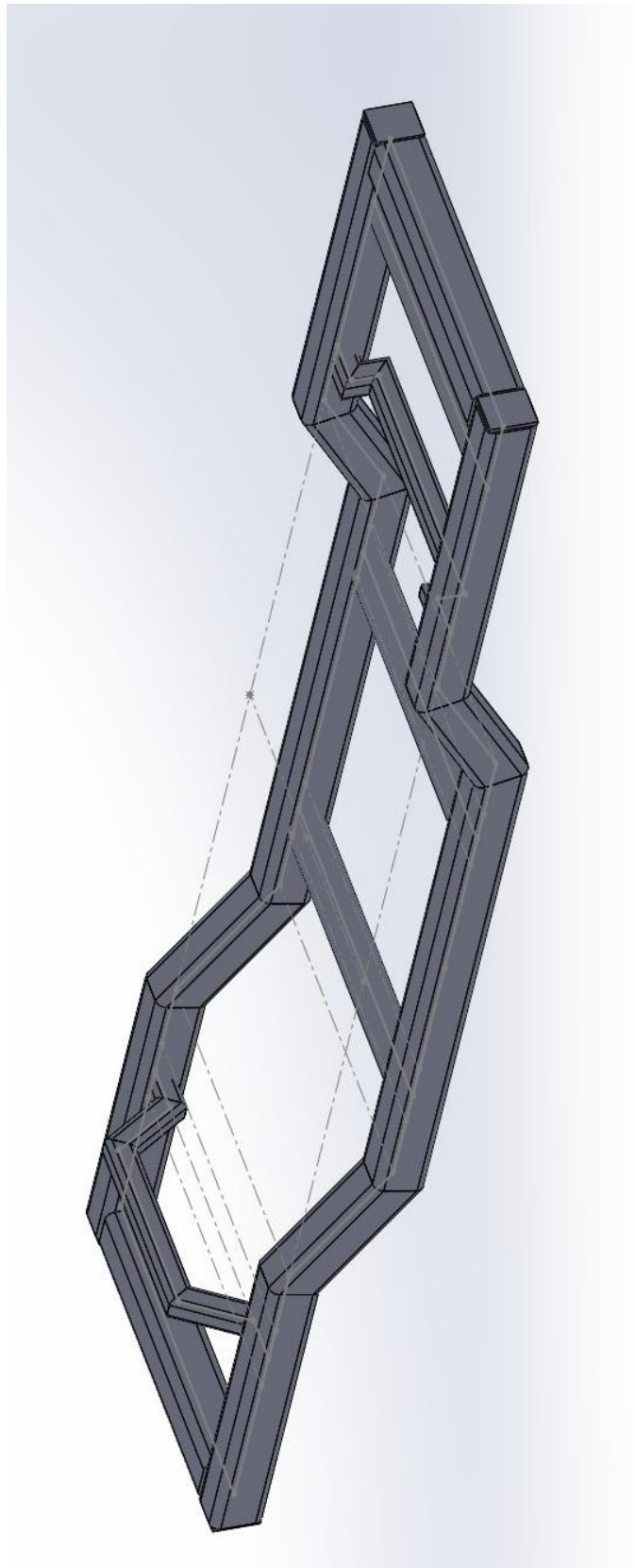


Εικόνα.50 Volkswagen Passat Frame

Η παραπάνω μείωση της έρευνας στον τομέα του φορέα του αυτοκινήτου δεν ταυτίζεται με τον κορεσμό του αντικειμένου. Πάραυτα, οι τεχνολογίες που έχουν αναπτυχθεί είναι πολλές καθώς η ανάγκη του σύγχρονου ανθρώπου για γρήγορη μετακίνηση είχε ως συνέπεια την ραγδαία εξέλιξη των μέσων μεταφοράς. Το αυτοκίνητο είχε μεγάλη επήχηση συνεπώς η εξέλιξή του ήταν ραγδαία. Πολλές εταιρίες δραστηριοποιήθηκαν στον χώρο του αυτοκινήτου και συνεπώς η ανάπτυξη των τελευταίων ετών ήταν αναμενόμενη.

Τα τελευταία χρόνια πολλές καινοτομίες έχουν εισαχθεί και έχουν βελτιώσει σημαντικά την ποιότητα, την οικονομία καθώς και την ασφάλεια των αυτοκινήτων. Οι νέες αυτές τεχνολογίες προσφέρουν νέα εδάφη για έρευνα και ανάπτυξη για τη βελτίωση του αυτοκινήτου ως ένα ασφαλές, ολοκληρωμένο και οικονομικό μέσον μετακίνησης. Συνεπώς, η μελέτη και η έρευνα του φορέα του αυτοκινήτου είναι ένας τομέας με περιθώρια ανάπτυξης καθώς και με μεγάλη

ιστορία αφού διαχρονικά έχει μεταβεί από διάφορα στάδια με διαφορετικές τεχνολογίες και νοοτροπίες κατασκευής.



Εικόνα.51 Σχέδιο Solidworks



Εικόνα.52 3D printed μοντέλο του σχεδίου της Εικόνας 51

10. Βιβλιογραφία

1. Conlon, Thomas E. (27 September 2011). *Thinking About Nothing: Otto von Guericke and the Magdeburg Experiments on the Vacuum*. The Saint Austin Press. ISBN 978-14478-3916-3. Retrieved 6 November 2012.
2. L. A. Manwaring, *The Observer's Book of Automobiles* (12th ed.) 1966, Library of Congress catalog card # 62-9807. p. 7
3. G.N. Georgano *Cars: Early and Vintage 1886-1930*. London: Grange-Universal, 1990 (reprints AB Nordbok 1985 edition). ISBN 0-9509620-3-1.
4. Mercedes-Benz AG (Hrsg.), *Benz & Cie.: Zum 150. Geburtstag von Karl Benz*, Motorbuch Verlag: Stuttgart, 1994 1. Aufl. 296 S., 492 Abb., 124 in Farbe, ISBN 3-613-01643-5, **(German)** (biography)
5. https://en.wikipedia.org/wiki/Automotive_industry_in_Italy
6. https://en.wikipedia.org/wiki/Fiat_Automobiles
7. May, George W. *Charles E. Duryea, Automaker* (1973) ISBN 978-1889849027.
8. Ford R. Bryan, "The Birth of Ford Motor Company", Henry Ford Heritage Association, retrieved August 20, 2012
9. Rajput, R. K. (2007). *A textbook of automobile engineering*. Laxmi Publications. p. 410. ISBN 9788170089919. Retrieved 28 February 2015

10. "Automobilia". *Toutes les voitures françaises 1940 – 46 (les années sans salon)* (Paris: Histoire & collections). Nr. 26: Page 21. 2003
11. "The Designs of John Tjaarda Result in the 1936 Lincoln Zephyr". *The Old Motor*. 27 December 2014. Retrieved 28 February 2015
12. "Ford and Nash show first new cars". *Popular Science*: 125. August 1945. Retrieved 21 December 2014
13. https://en.wikipedia.org/wiki/Tatra_11
14. Road & Track Staff (2012), p. 71
15. https://en.wikipedia.org/wiki/DeLorean_DMC-12#cite_note-17
16. "Build your own TATRA - Segment selection". Retrieved 1 July 2015
17. Ludvigsen, Karl (2010). *Colin Chapman: Inside the Innovator*. Haynes Publishing. pp. 150–164. ISBN 1-84425-413-5.
18. Taylor, William, *The Lotus Book: The Complete History of Lotus Cars* Coterie Press Limited, 1998
19. http://www.24h-lemans.com/fr/la-course/historique_2_1_2499.html?recherche=1&siteID=2&categorie=annee&motcles=1953&nbparpage=9#topContent
20. https://en.wikipedia.org/wiki/Haynes_Roadster
21. Ludvigsen Colin Chapman, p. 151

22. <http://www.curbsideclassic.com/automotive-histories/automotive-history-an-x-ray-look-at-gms-x-frame-1957-1970/>
23. Θωμάς Γ. Χόνδρος “Δυναμική ανάλυση οχημάτων” Πάτρα 2010
24. https://en.wikipedia.org/wiki/Citro%C3%ABn_Type_B10

ΕΙΚΟΝΕΣ

1. <http://image.trucktrend.com/f/34510972+re0+ar0+st0/2012-honda-crosstour-ex-chassis.jpg>
2. http://www.daimler.com/Projects/c2c/channel/images/790751_1449829_800_530_benz_patent_motorwagen_1886.jpg
3. <https://en.wikipedia.org/wiki/File:DuryeaBrothers.jpg>
4. http://www.findingdulcinea.com/docroot/dulcinea/fd_images/news/on-this-day/September-October-08/On-this-Day--The-First-Model-T-Ford-Is-Produced/news/0/image.jpg
5. http://www.bekkahwalker.net/comt111a/websites_11/lam_site/images/coupe_carriage.jpg
6. <http://www.remarkablecars.com/main/ford/ford-00242-1.jpg>
7. <http://www.speeddoctor.net/media/2013/03/VW-Beetle-1300-19652.jpg>
8. http://www.vwvortex.com/gallery/generated//Volkswagen/Golf%20-%20GTI%20-%20Rabbit/Golf%20V/Technical%20-%20EU/007__scaled_600.jpg

9. http://www.mad4wheels.com/models/1957_Fiat_500/detail_image.asp?id_pic=249146
10. <http://www.nissan-global.com/EN/HERITAGE/img/modelDetail/uploader/data/en/Web/1317187350428066115.jpg>
11. <http://www.gminsidenews.com/forums/gallery/data/500/900frame.jpg>
12. <http://www.mikalac.com/tech/car/pho/body03a.jpg>
13. <http://www.tatra-club.com/graphics/msgboard/24437/full/1923-t111.jpg>
14. <http://wordpress.carthrottle.com/wp-content/uploads/2011/09/Tatrachassis.jpg>
15. <http://www.philseed.com/files/images/lotus-elan-chassis.jpg>
16. <http://www.curbsideclassic.com/wp-content/uploads/2012/06/Triumph-Herald-Chassis.jpg>
17. <https://h-a.d-cd.net/f33fd1cs-960.jpg>
18. <http://www.curbsideclassic.com/wp-content/uploads/2012/01/X-Frame-57-cadillac.png>
19. <http://www.artmorrison.com/images/Maxg/final/2013-pg21-fullchassis1.jpg>
20. <http://assets.blog.hemmings.com/wp-content/uploads//2013/05/VW54-08-ab-700x497.jpg>
21. <http://www.citroenet.org.uk/passenger-cars/michelin/2cv/cutaway/chassis01.jpg>
22. http://www.thetorquereport.com/lamborghini_aventador_rolling_chassis.jpg

23. <http://www.nissanusa.com/content/dam/nissan/vehicles/2016/gtr/features/performance/2016-nissan-gtr-sports-car-close-up-suspension.jpg>
24. <https://www.rodauthority.com/news/factory-five-gtm-supercar-a-new-twist-on-americas-sports-car/>
25. http://vignette2.wikia.nocookie.net/tractors/images/d/d7/Jaguar_C-Type_Frame.JPG/revision/latest?cb=20131102191114
26. <http://cdn.revivaler.com/wp-content/uploads/2015/02/1960-Type-Maserati-Tipo-60-61-Birdcage-9.jpg>
27. <https://d2t1xqejof9utc.cloudfront.net/screenshots/pics/749d6b0ab7ed1329ef9e0a4781b7639e/large.jpg>
28. <http://bestcars.uol.com.br/bc/wp-content/uploads/2013/04/Peugeot-208-T16-Pikes-Peak-08.jpg>
29. http://www.web2carz.com/images/articles/201308/unibody_1376334495_600x275.jpg
30. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/16/Citroen_Traction_Avant_body-chassis_unit_\(Autocar_Handbook,_13th_ed,_1935\).jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/16/Citroen_Traction_Avant_body-chassis_unit_(Autocar_Handbook,_13th_ed,_1935).jpg)
31. http://www.aronline.co.uk/images/mini_02.jpg
32. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/06/Morris_Minor_1000_1958.jpg
33. <http://cdn.carwitter.com/wp-content/uploads/2014/05/2015-VW-Passat-tease-chassis-carwitter.jpg>
34. Θωμάς Γ. Χόνδρος “Δυναμική ανάλυση οχημάτων” Πάτρα 2010

35. Θωμάς Γ. Χόνδρος “Δυναμική ανάλυση οχημάτων” Πάτρα 2010
36. Θωμάς Γ. Χόνδρος “Δυναμική ανάλυση οχημάτων” Πάτρα 2010
37. Θωμάς Γ. Χόνδρος “Δυναμική ανάλυση οχημάτων” Πάτρα 2010
38. Θωμάς Γ. Χόνδρος “Δυναμική ανάλυση οχημάτων” Πάτρα 2010
39. Θωμάς Γ. Χόνδρος “Δυναμική ανάλυση οχημάτων” Πάτρα 2010
40. Θωμάς Γ. Χόνδρος “Δυναμική ανάλυση οχημάτων” Πάτρα 2010
41. Θωμάς Γ. Χόνδρος “Δυναμική ανάλυση οχημάτων” Πάτρα 2010
42. Θωμάς Γ. Χόνδρος “Δυναμική ανάλυση οχημάτων” Πάτρα 2010
43. https://en.wikipedia.org/wiki/Citro%C3%ABn_Type_B10
44. <http://www.european-aluminium.eu/talat/lectures/1410.pdf>
45. The Repair of Vehicle Bodies 5th ed - W. Livesey, A. Robinson
46. <https://en.wikipedia.org/wiki/Dodge#/media/File:1915-dodge-archives.jpg>
47. <http://www.hallmarkautobody.com/Photos-530px/Mitchel-Frame2.jpg>
48. http://world.honda.com/history/challenge/1990thensx/img/pho_04.jpg
49. http://i2.cdn.turner.com/money/2011/03/11/autos/japan_auto_factories/nissan_plant.gi.top.jpg
50. <http://performancedrive.com.au/wp-content/uploads/2014/05/2015-Volkswagen-Passat-frame.jpg>
51. Σχέδιο Solidworks “sasi kalo 3”
52. 3D printed μοντέλο του σχεδίου της Εικόνας 51