ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον καθηγητή κο. Παναγιώτη Ματζινό κυρίως για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε, και την υπομονή που έκανε κατά τη διάρκεια της υλοποίησης της πτυχιακής εργασίας. Όπως επίσης και για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση του, για την επίλυση διαφόρων θεμάτων.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΕΙΕΣ: …….……..(σελ. 2)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ…….…(σελ. 5)

ΕΙΣΑΓΩΓΗ:……..... ..(σελ.6-8)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^{ο} : Τα πρώτα 50 χρόνια…….....(σελ. 9-10)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^{ο} : Οι προκλήσεις στη βιομηχανία τα τελευταία 50 χρόνια...(σελ.11-15)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^{ο} : Κατασκευές στην αυτοβιομηχανία…….…..…..(σελ.16)

3.1 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΑΣΙ …… ….(σελ.16-18)

3.2 ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ……...…….….(σελ.19-20)

3.3 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΟ ΣΩΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ.....(σελ.20-21)

3.3.1 ΦΥΛΛΟ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ ΣΤΑ ΚΛΕΙΣΙΜΑΤΑ…….(σελ.21-24)

3.3.2 ΓΡΗΓΟΡΗ ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ…….(σελ.247-27)

3.3.3 ROLLER HEAMING……..……(σελ.27-30)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^{ο} : Υδροδιαμορφωμένες δομές……...(σελ.31)

4.1 ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ ΣΤΟΝ ΧΑΛΥΒΑ…….(σελ.31-32)

4.2 HYDROFORMING……...….(σελ.32-34)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^{ο} : Ελαφρά πολυμερές σύνθετα υλικά…….....….(σελ.35-38)

5.1 SMC…….….....(σελ.38-43)

5.2 ΑΛΛΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ…….…..(σελ.43-44)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^{ο}: Ανθρακονήματα……..……....(σελ.45)

6.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ.....(σελ.45-46)

6.2 ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ.....(σελ.46-47)

6.3 ΖΑΝΤΕΣ.....(σελ.47-48)

6.3.1 ΑΦΙΕΡΩΑΜΑ ΖΑΝΤΕΣ ΕΛΑΦΡΥ ΚΡΑΜΑΤΟΣ……(σελ.49)

6.3.2 ΠΟΙΑ ΕΙΔΗ ΖΑΝΤΩΝ ΥΠΑΡΧΟΥΝ……..……(σελ.49)

6.3.3 ΠΩΣ ΔΙΑΒΑΖΟΥΜΕ ΤΙΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ……(σελ.50)

6.3.4 ΠΟΣΟ ΚΟΣΤΙΖΟΥΝ.....(σελ.50)

6.4 ΠΛΑΙΣΙΑ ΜΕ ΑΝΘΡΑΚΟΝΗΜΑΤΑ……...……..(σελ.50-53)

6.5 ΧΡΩΜΑΤΙΣΤΑ ΑΝΘΡΑΚΟΝΗΜΑΤΑ……..…….(σελ.54-55)

6.6 ΑΝΘΡΑΚΑΣ Ή ΚΕΒΛΑΡ.....(σελ.56-57)

6.7 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ……(σελ.57-58)

6.8 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ……...……....(σελ.58)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^{ο} :Τα κεραμικά υλικά και οι ΜΕΚ…….....(σελ.60-61)

7.1 ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ…….….…..(σελ.61-63)

7.2 ΜΗΧΑΝΗ ΧΩΡΙΣ ΨΥΓΕΙΟ……....(σελ.64)

7.3 ΠΡΟΤΕΡΗΜΑΤΩΝ ΣΥΝΕΧΕΙΑ……....(σελ.64-65)

7.4 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ……..…..(σελ.65-66)

7.5 ΚΕΡΑΜΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ: Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ..(σελ.67-72)

7.6 ΚΕΡΑΜΙΚΑ ΦΡΕΝΑ……...…..(σελ.72-73)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^{Ο}: Το μέλλον…….(σελ.74-75)

8.1 ΤΟ ΤΙΤΑΝΙΟ……..…..(σελ.75-77)

8.1.1 ΣΑΣΙ ΑΠΟ ΤΙΤΑΝΙΟ ΓΙΑ ΤΟ ARIEL ATOM ……...(σελ.77)

8.2 ΟΧΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΦΥΚΙΑ……...……..(σελ.79-80)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9° : ΕΠΙΛΟΓΟΣ……..……..(σελ.81)

9.1 ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΣΤΙΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΧΡΗΣΕΙΣ……(σελ81-85)

9.2 ΤΟ ΤΕΛΙΚΟ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ ΚΑΙ Η ΕΠΙΛΟΓΗ……..…..(σελ.85-86)

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ…….(σελ.87-88)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

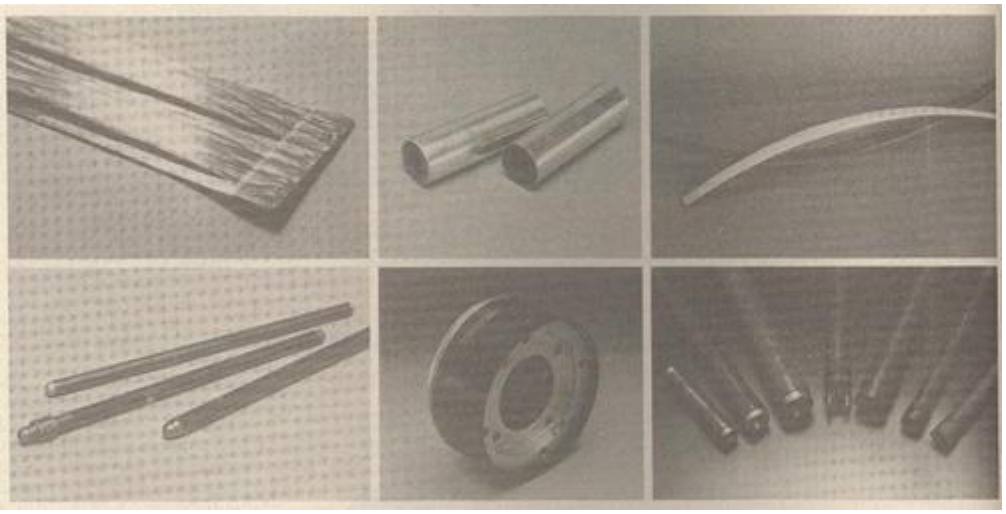
Η παρούσα πτυχιακή εργασία μας απευθύνεται στην εξέλιξη των υλικών κατασκευής των οχημάτων. Ένα όχημα αποτελείται από πλήθος εξαρτημάτων και κάθε εξάρτημα είναι κατασκευασμένο από κατάλληλα υλικά. Όλα τα υλικά, μεταλλικά, κεραμικά, πλαστικά και σύνθετα χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των οχημάτων.

Αναφερόμαστε στην ιστορία των εξαρτημάτων κατασκευής των αυτοκινήτων όπως το πλαίσιο(σασί) και γενικά το αμάξωμα όπου χρησιμοποιούσαν υλικά χάλυβα, αλουμίνιο και καταλήγουμε στο μέλλον οπού αρχίζουν να χρησιμοποιούν τα ανθρακονήματα, μαγνήσιο ,κεραμικά και νανοσύνθετα υλικά.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αυτό το κείμενο γίνεται μια προσπάθεια μιας σύντομης περιπλάνησης στο χώρο των «νέων» υλικών, στα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους και στις πιθανότητες και προοπτικές χρησιμοποίησής τους στην αυτοκινητοβιομηχανία

ΣΕ ΚΑΘΕ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ στατική, ή δυναμική, σημαντικότατο ρόλο για την αποτελεσματική και αποδοτική λειτουργία της παίζουν τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν. Κι αν για χιλιάδες χρόνια ο άνθρωπος χρησιμοποιούσε υλικά που έβρισκε έτοιμα ή σχεδόν έτοιμα στη φύση, κατά τη διάρκεια των δύο τελευταίων αιώνων γνώρισαν μεγάλη ανάπτυξη τα «τεχνητά» υλικά. Αυτά δηλαδή που δημιούργησε ο ίδιος, με την επεξεργασία ή το συνδυασμό πρώτων υλών που υπάρχουν στη φύση, μετά από ανάπτυξη της ανάλογης κατασκευαστικής τεχνολογίας. Τα υλικά αυτά αποκτούσαν με τον καιρό όλο και μεγαλύτερη σπουδαιότητα στη βιομηχανία και τις κατασκευές, δημιουργώντας σιγά-σιγά έναν ολόκληρο επιστημονικό κλάδο, αυτόν της δημιουργίας, κατασκευής και βελτίωσης των υλικών. Η συνεργασία με τον κλάδο αυτόν έχει ιδιαίτερη σημασία για ορισμένους τομείς της βιομηχανίας, όπου χρησιμοποιούνται σήμερα σχεδόν αποκλειστικά «τεχνητά» υλικά.



Σχήμα 1: Εξαρτήματα αυτοκινήτου κατασκευασμένα από συνθετικό υλικό, ενισχυμένο με ίνες άνθρακα. Οι άριστες μηχανικές ιδιότητες των ινών άνθρακα, επιτρέπουν τη χρησιμοποίησή τους, όχι μόνο σε δευτερεύοντα μέρη του αμαξώματος για την εξοικονόμηση βάρους, αλλά και για την κατασκευή ακόμη και μηχανικών μερών, όπως άξονες, ελατήρια κ.λπ. Πολύ χρήσιμη μπορεί επίσης να είναι η χρησιμοποίησή τους για την ενίσχυση των προφυλακτήρων, λόγω της υψηλής ικανότητας απορρόφησης ενέργειας κρούσης που διαθέτουν.

Στην κατηγορία αυτή ανήκει κι η αυτοκινητοβιομηχανία Η αυτοκινητοβιομηχανία είναι μια ιδανική επιλογή για να εξετασθούν οι δραματικές επιπτώσεις των βελτιωμένων υλικών και μεθόδων κατασκευής σε μια βιομηχανία. Οι αυτοκινητοβιομηχανίες σήμερα είναι σε θέση να συνδυάσουν υψηλής τεχνολογίας υλικά τα οποία εφαρμόστηκαν αρχικά στην αεροδιαστημική και άλλες βιομηχανίες με υψηλό όγκο κατασκευής μιας μαζικής αγοράς καταναλωτικών προϊόντων. Από τα πρώτα χρόνια της ζωής του αυτοκινήτου, τον κυρίαρχο ρόλο στην κατασκευή του έπαιξε ο χάλυβας, το σπουδαιότερο και πιο διαδεδομένο «τεχνητό» υλικό στις μηχανικές κατασκευές. Σήμερα, η κατασκευή των αυτοκινήτων γίνεται πλέον εξ ολοκλήρου από «τεχνητά» υλικά, αφού ακόμα και στο εσωτερικό τους, το ξύλο και το δέρμα έχουν από χρόνια αντικατασταθεί από τα πλαστικά.

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών όμως, έχει αρχίσει να συντελείται μια μεγάλη αλλαγή στη βιομηχανία του αυτοκινήτου και των μέσων μεταφοράς γενικότερα, με τη χρησιμοποίηση των λεγόμενων «νέων» υλικών. Οι όλο και αυστηρότερες απαιτήσεις αντοχής, σε συνδυασμό με την ανάγκη για μείωση της κατανάλωσης καυσίμων και τη συνεπαγόμενη ανάγκη για μείωση του βάρους οδήγησαν στη χρησιμοποίηση μιας σειράς νέων «τεχνητών» υλικών, με μεγάλη αντοχή και μικρό βάρος. Υλικών, που η τεχνολογία κατασκευής και διαμόρφωσής τους ήταν στις περισσότερες περιπτώσεις αρκετά πιο πολύπλοκη (και συχνά πιο ενεργοβόρα) από του χάλυβα. Για την εξέλιξη της τεχνολογίας αυτής χρειάστηκαν αρκετά χρόνια και τεράστιες επενδύσεις. Τα νέα αυτά υλικά είναι τα κράματα αλουμινίου και τιτανίου, καθώς και τα συνθετικά υλικά. Η χρησιμοποίησή τους είχε σαν αποτέλεσμα μια αλυσιδωτή σειρά αλλαγών στην τεχνολογία και τις μεθόδους κατασκευής των μεταφορικών μέσων. Πρωτοπόρος στη χρησιμοποίηση των υλικών αυτών ήταν βέβαια ο τομέας της αεροδιαστημικής βιομηχανίας, όπου οι απαιτήσεις αντοχής και ποιότητας κατασκευής είναι αυστηρότερες και με μικρότερα περιθώρια ανοχών και σφαλμάτων. Έτσι, είναι συχνά προτιμότερη η χρησιμοποίηση κάποιου ακριβότερου υλικού, όταν οδηγεί στην απαιτούμενη αύξηση των επιδόσεων και της ασφάλειας. Το γεγονός αυτό επέτρεψε την ανάπτυξη των νέων υλικών και έδωσε τα χρονικά περιθώρια για την εξέλιξη των μεθόδων και τη μείωση του κόστους παραγωγής τους. Έτσι, έγινε δυνατό να χρησιμοποιηθούν αργότερα και σ' άλλους τομείς,

όπου το κόστος είναι εξίσου σημαντικό με την απόδοση της κατασκευής. Με τον καιρό η χρησιμοποίηση των περισσότερων νέων υλικών πέρασε και στην αυτοκινητοβιομηχανία, με τη γνωστή διαδικασία: πρώτα δηλαδή στους αγώνες και βαθμιαία και στ' αυτοκίνητα παραγωγής. Η διαδικασία αυτή δεν έχει ακόμα ολοκληρωθεί, αφού υπάρχουν υλικά, όπως τα κράματα τιτανίου, που η χρησιμοποίηση τους στο αυτοκίνητο ακόμα και στους αγώνες είναι ασήμαντη, καθώς και άλλα, όπως τα συνθετικά υλικά υψηλής αντοχής, που δεν έχουν περάσει ακόμα στ' αυτοκίνητα παραγωγής. Αυτό όμως δεν είναι παρά θέμα χρόνου, αφού η πορεία για την καθιέρωση των νέων υλικών και στην αυτοκινητοβιομηχανία θεωρείται πλέον ανεπίστρεπτη. Μετά από ένα σχεδόν αιώνα απόλυτης κυριαρχίας, ο χάλυβας αρχίζει βαθμιαία να εκτοπίζεται από τ' αυτοκίνητο, όπως εκτοπίστηκε κι από τ' αεροπλάνο.

Στο παρακάτω κείμενο παρουσιάζονται πιο αναλυτικά τα παραπάνω στοιχειά. Επίσης γίνεται μια ιστορική ανάδρομη από τις αρχές 20^{ου} αιώνα, βλέποντας το πρώτο αυτοκίνητο με κινητήρα που κατοχυρώθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας από τον Karl Benz το 1886.Μπαινουμε στην δεύτερη 50ετια και στο 1950 όπου είχε αρχίσει η εξέλιξη της βενζίνης και της μηχανής εσωτερικής καύσης. Πηγαίνουμε στην δεκαετία του 70 με τις πετρελαϊκές κρίσεις του 1973 και 1979 να ακριβαίνουν τις τιμές της βενζίνης με αποτέλεσμα να αντικαθιστούν την BOF αρχιτεκτονική με την BFI στην οποία αντικαθιστούσαν το χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα χάλυβα για να είναι πιο ελαφριά. Παράλληλα κάνουμε μια διεξοδική περιγραφή σε μερικές διαδικασίες μορφοποίησης των υλικών που χρησιμοποιούνται ευρέως στην αυτοβιομηχανία όπως είναι η γρήγορη μορφοποίηση πλαστικού, το roller hemming και η υδροδιαμόρφωση. Στο τέλος καταλήγουμε στην ανάπτυξη διαφόρων υλικών που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν τα επόμενα χρόνια όπως για παράδειγμα είναι η νανοκυτταρίνη η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη κατασκευή αυτοκινήτων και είναι πιο δυνατή και πιο σκληρή από το ατσάλι.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^{ο} : ΤΑ ΠΡΩΤΑ 50 ΧΡΟΝΙΑ

Τα βασικά στοιχεία του αυτοκινήτου είχαν ωριμάσει αισθητά από τη μέση του εικοστού αιώνα, το πρώτο αυτοκίνητο με κινητήρα κατοχυρώθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας από τον Karl Benz το 1886 και η βασική αρχή της αυτοκινητοβιομηχανίας για τη διαδικασία κατασκευής, τη κινητήρια γραμμή συναρμολόγησης, εφαρμόστηκε στην πράξη το 1913. Μια μεγάλη καινοτομία μετά την ανακάλυψη της μηχανής εσωτερικής καύσης ήταν η εφαρμογή της στο αυτοκινούμενο όχημα δρόμου του Karl Benz**,** το 1885, που συνετέλεσε στο να αποκτήσει το αυτοκίνητο πρακτική εφαρμογή. Το αυτοκίνητο του Benz που παρουσιάστηκε το 1885 ήταν ένα τρίτροχο όχημα με σωληνωτό ατσάλινο πλαίσιο και ανοιχτό ξύλινο αμάξωμα με δύο καθίσματα για τους επιβάτες. Ο μπροστινός τροχός κατευθυνόταν από ένα πηδάλιο που έπαιξε το ρόλο του τιμονιού, ενώ την κίνηση έπαιρναν οι δύο οπίσθιοι τροχοί μέσω αλυσίδας ***(Εικόνα 1)***.

Εικόνα 1

Από τη δεκαετία του 1950, η μηχανική των οχημάτων και η διαδικασία παραγωγής είχε αναπτυχθεί στο σημείο όπου το ετήσιο φρεσκάρισμα του στυλ/ εξωτερικής εμφάνισης ήταν δυνατό ακόμη και με την απαίτηση της να σχεδιάζονται νέα μοντέλα σε εκατοντάδες χιλιάδες μονάδες ανά έτος για κάθε είδος αμαξώματος. Στο ίδιο χρονικό διάστημα, η βενζίνη και ο κινητήρας εσωτερικής καύσης είχαν επίσης προχωρήσει σημαντικά. Η General Motors(GM) εισήγαγε τη πρώτη βαλβίδα υψηλής συμπίεσης σε οκτακύλινδρο (V8) κινητήρα στο Buick Roadmaster ***(Εικόνα 2)*** του 1953 και το μικρό μπλοκ (small block) V8

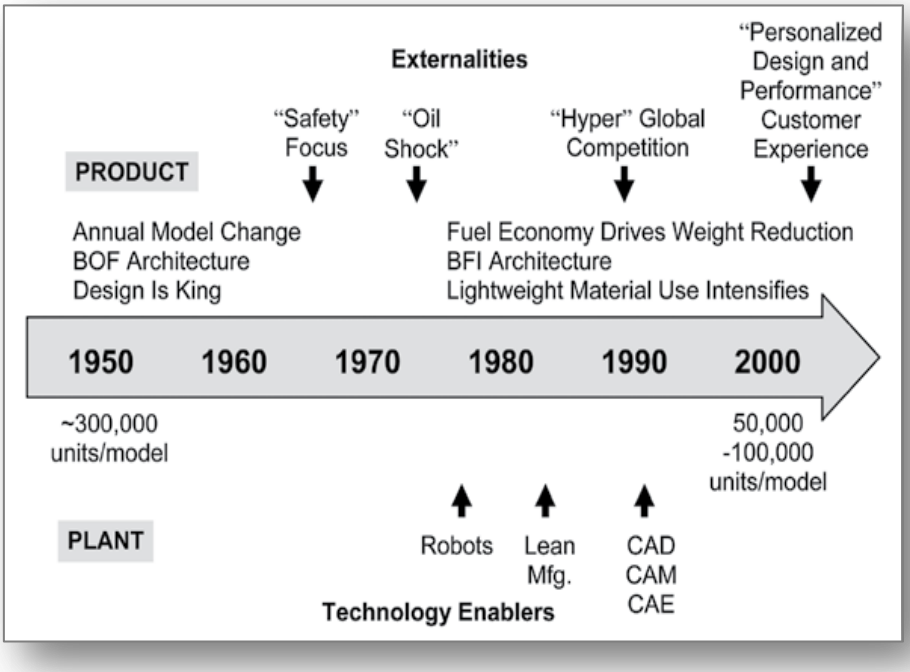
σε μια Chevrolet του 1955.Αυτό το μικρό μπλοκ είχε κυβισμό μόλις 4,3 λίτρα και παρήγαγε μέχρι 195 ίππους, ή 45 ίππους ανά λίτρο. Ενενήντα εκατομμύρια κινητήρες και τέσσερις γενιές αργότερα, το μικρό μπλοκ σήμερα έχει κυβισμό έως 6,0 λίτρα και επιτυγχάνει ~ 400 ίππους, ή περίπου 65-70 ίππους ανά λίτρο. Η ουσιαστική βελτίωση στην πυκνότητα ισχύος είναι ακόμα πιο εντυπωσιακή όταν κάποιος θεωρεί ότι το νέφος που σχηματίζουν οι εκπομπές (υδρογονανθράκων και οξειδίων του αζώτου) έχουν μειωθεί κατά περισσότερο από 99 τοις εκατό την ίδια ώρα.

Εικόνα 2

Οι μεγάλες αυτοκινητοβιομηχανίες προσπάθησαν να κάνουν οικονομικά προσιτά τα αυτοκίνητα σε πολλούς ανθρώπους. Ο Henry Ford σχεδίασε το Μοντέλο Τ να είναι «ένα αυτοκίνητο για το μεγάλο πλήθος. . . με χαμηλή τιμή που κάθε άνθρωπος που έχει έναν καλό μισθό θα είναι σε θέση να έχει ένα», και ο Alfred Sloan δήλωσε ότι «το ιδανικό προς το οποίο κινείται η (GM) είναι «ένα αυτοκίνητο για κάθε πορτοφόλι και σκοπό »

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^{ο} : ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΤΑ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ 50 ΧΡΟΝΙΑ

Ξεκινώντας τη δεκαετία του 1960, η αυτοκινητοβιομηχανία υποχρεώθηκε να ασχοληθεί με μια σειρά σημαντικών εξωτερικών παραγόντων που έχουν οδηγήσει σε ασυνεχείς αλλαγές στην αυτοκινητοβιομηχανία. Αυτές οι εξωτερικές πιέσεις έχουν συμπεριλάβει τις ανησυχίες για τις εκπομπές ρύπων, θέματα που σχετίζονται με την κατανάλωση ενέργειας και τη διαθεσιμότητα, την ασφάλεια των οχημάτων, και, πιο πρόσφατα, την αυξανόμενη ζήτηση των καταναλωτών για πιο εξατομικευμένα προϊόντα. Πολλές από τις αλλαγές στα οχήματά μας, ήταν αποτέλεσμα αυτών των επιρροών που έχουν διευκολυνθεί από προόδους σε υλικά και διεργασίες παρασκευής ***(Εικόνα 3)***.



ΕΙΚΟΝΑ 3. Βασικοί παράγοντες ώθησης της βιομηχανίας αυτοκινήτων και των προϋποθέσεων της τεχνολογίας. (CAD = computer-aided Design; CAM = computer-aided manufacturing; CAE = computer-aided engineering; BFI = body frame integral; BOF = body on frame.

Στις αρχές του 1950 το σχέδιο και οι επιδόσεις ήταν οι βασικές διαφοροποιήσεις του προϊόντος στην αγορά. Αυτό λειτούργησε καλά για

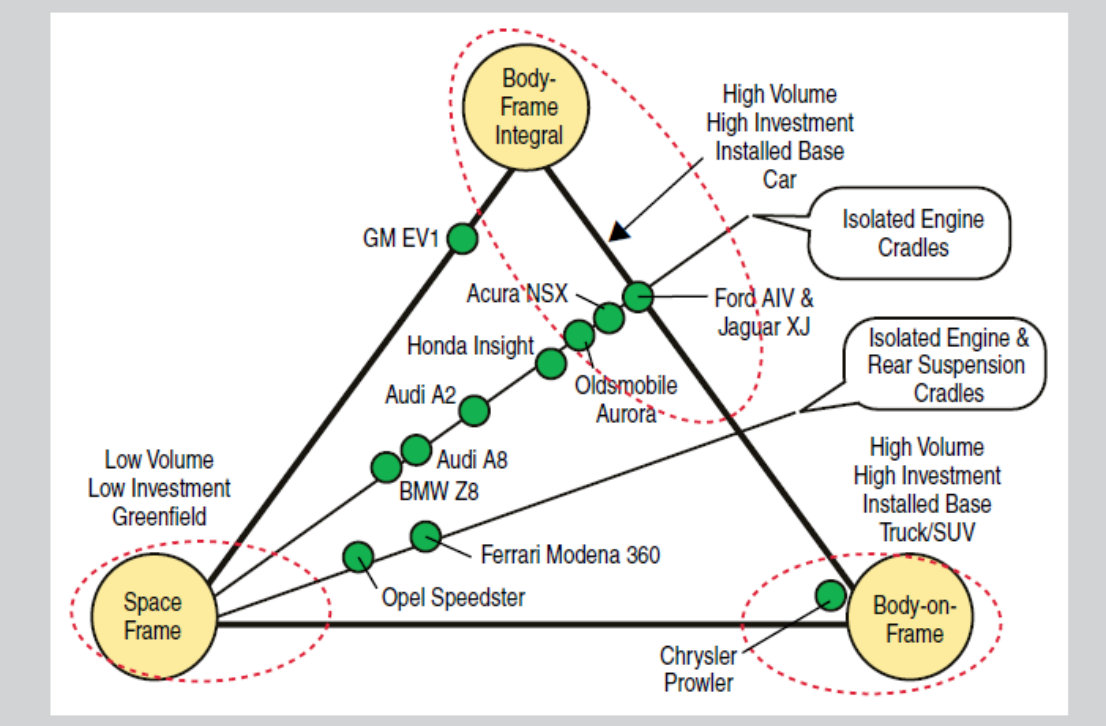
τον κλάδο έως τα μέσα της δεκαετίας του 1960, όταν ο Ralph Nader και άλλοι τάχθηκαν υπέρ των καταναλωτών κι άρχισαν να εφιστούν αυξημένη προσοχή στην ασφάλεια των αυτοκίνητων. Με την αυξημένη έμφαση στην ασφάλεια, νέες δυνατότητες, όπως συστήματα απορρόφησης ενέργειας, δομές και υλικά εισήχθησαν στο όχημα για την προστασία των επιβατών σε περίπτωση σύγκρουσης. Οι αλλαγές αυτές οδήγησαν σε πιο απαιτητικό το όχημα και αυξημένη πολυπλοκότητα της μηχανικής.

Με την αυξημένη ζήτηση για ενίσχυση της ασφάλειας, ο Οργανισμός του ΟΠΕΚ(οργανισμός εξαγωγών πετρελαιοπαραγωγών χωρών) με τις πετρελαϊκές κρίσεις του 1973 και του 1979 οδήγησε το πετρέλαιο και τις τιμές της βενζίνης αισθητά υψηλότερα και η βιομηχανία έπρεπε να αυξήσει την οικονομία καυσίμου. Ένας σημαντικός τρόπος για τη βελτίωση της απόδοσης των οχημάτων και την οικονομία καυσίμου, είναι η μείωση της μάζας. Για ένα μεσαίου μεγέθους οικογενειακό αυτοκίνητο 1450 κιλών , έχουμε μια μείωση βάρους 45 κιλών για να επιτύχει μια βελτίωση οικονομίας καύσιμου 0,6 μίλια ανά γαλόνι. Με λίγα λόγια, περίπου 1 χιλιόμετρο στα 4,6 λίτρα (0,965χλμ/4,546λιτρα).

Για να είναι πιο εύκολα να μειώσει το βάρος του οχήματος, η βιομηχανία άλλαξε την BOF αρχιτεκτονική με τη (BFI) αρχιτεκτονική. Με την αρχιτεκτονική του BFI, όλα τα πάνελ του σώματος συμβάλλουν στην δυναμική και την απόδοση. Κατά την ίδια περίοδο, ελαφριά υλικά άρχισαν να αντικαταστούν το χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα χάλυβα που κυριαρχούσε στη δομή του οχήματος. Με αυτή τη νέα αρχιτεκτονική και τις επιπλέον μηχανικές απαιτήσεις ασφαλείας, έγινε πιο δύσκολο να γίνονται σημαντικές αλλαγές σχεδιασμού και, ως εκ τούτου, άρχισε να παίρνει περισσότερο χρόνο για να ανανεωθούν τα σχέδια του οχήματος.

Η κατακερματισμένη αγορά αυτοκινήτων σήμερα οδήγησε σε σημαντικές αρχιτεκτονικές σχεδίασης με υλικά για ένα ευρύ φάσμα οχημάτων-από το χαμηλό όγκο σπορ αυτοκίνητων σε μεγάλο όγκο επιβατικών αυτοκινήτων BFI και BOF φορτηγά που απαιτούν πολλά διαφορετικά υλικά και μεθόδους κατασκευής***(Εικόνα 4)***. Ενώ πολλά αυτοκίνητα έχουν BFI δομή σήμερα, τα φορτηγά εξακολουθούν να διατηρούν τη BOF αρχιτεκτονική, διότι αυτή η δομή του είναι ιδανική για το φορτίο και τις απαιτήσεις ρυμούλκησης καθώς και τον πολλαπλασιασμό των μορφών του σώματος σε αυτό το τμήμα της αγοράς. Στην πραγματικότητα, υπάρχουν πολλοί παράγοντες που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της καλύτερης αρχιτεκτονικής του σώματος για ένα όχημα με πλατφόρμα. Το φάσμα των

αρχιτεκτονικών που έχει χρησιμοποιηθεί σε οχήματα με αλουμίνιο υψηλής έντασης, για παράδειγμα, οφείλεται στο γεγονός ότι το αλουμίνιο είναι ιδιαίτερα δεκτικό σε αναπληρωματικές διαδικασίες παραγωγής.



Εικόνα 4. Αυτό το σχήμα δείχνει τις αρχιτεκτονικές σώματος που ενεργοποιούνται από διάφορα υλικά και διεργασίες κατασκευής.

Στη δεκαετία του 1990, η εποχή του «παγκόσμιου υπερ-ανταγωνισμού» ξημέρωσε. Η ανάπτυξη της παγκόσμιας βιομηχανίας καθώς και ο μεγαλύτερος αριθμός των μεγάλων παγκόσμιων κατασκευαστών οδήγησε σε περισσότερα μοντέλα που προσφέρονται σε κάθε αγορά και, αναπόφευκτα, σε δραματικά λιγότερες μονάδες ανά μοντέλο σε σύγκριση με τους πολύ υψηλούς αριθμούς που παραγόταν σε προηγούμενες δεκαετίες. Στις Ηνωμένες Πολιτείες και την Ευρώπη, για παράδειγμα, η βιομηχανία ταχέως πλησιάζει τις 400 καταχωρήσεις, από τις 300 που ήταν στα μέσα της δεκαετίας του 1990- 25 τοις εκατό αυξήθηκαν σε δέκα χρόνια. Στην Κίνα, η μετατόπιση είναι ακόμη πιο εντυπωσιακή, με τον αριθμό των καταχωρήσεων να αναμένεται να τετραπλασιαστεί σε πάνω από 250 καταχωρήσεις από το 2010. Με περισσότερες καταχωρήσεις, οι πωλήσεις ανά καταχώρηση τείνουν προς τα κάτω στις πιο ώριμες αγορές, όπως τις Ηνωμένες Πολιτείες και την Ευρώπη, και μεταβαίνουν πάνω από 50.000 το 1995 και γύρω στις

45.000 μονάδες σήμερα. Και ενώ οι πωλήσεις ανά καταχώρηση βρίσκονται σε άνοδο στις αναδυόμενες αγορές, αντικατοπτρίζοντας την ταχεία ανάπτυξη σε αυτούς τους τομείς, η μόνη αναπτυσσόμενη χώρα όπου οι πωλήσεις αναμένεται στο μέγιστο 40.000 ανά καταχώρηση κατά το 2010 είναι η Κίνα.

Ο συνδυασμός για περισσότερο περίπλοκες απαιτήσεις μηχανικής και μια ιδιαίτερα ανταγωνιστική αγορά έχει οδηγήσει στην ανάγκη για αποτελεσματικότερα και ταχύτερα οχήματα από άποψη μηχανικής. Με την εκθετική αύξηση σε υπολογιστική ισχύ πάνω από τα τελευταία 20 χρόνια, έχει υπάρξει μια εικονική έκρηξη στο σχεδιασμό βάση υπολογιστή(CAD) και τα εργαλεία μηχανικού κατά την βιομηχανία. Ως αποτέλεσμα, σήμερα η αναπτυξιακή διαδικασία εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την εικονική προτυποποίηση χρησιμοποιώντας μαθηματικά προσομοίωσης, και δεν βασίζεται στον έλεγχο του φυσικού υλικού. Η βιομηχανία ήταν σε θέση να μειώσει σημαντικά το χρόνο που απαιτείται για την ανάπτυξη νέων προϊόντων και κινητήρων μέσω της εφαρμογής των μαθηματικών με βάση το σχεδιασμό, τη μηχανική, την προτυποποίηση και τα εργαλεία ανάπτυξης. Πολλοί κατασκευαστές σήμερα επίσης, απασχολούν επαναχρησιμοποιήσιμα πρότυπα σχεδιασμού για αυτοματοποίηση του σχεδιασμού και των καθηκόντων ενός μηχανικού, για περαιτέρω επιτάχυνση της ανάπτυξης.

Ο πολλαπλασιασμός των μοντέλων έχει επίσης οδηγήσει σε δραματικές αλλαγές στα εργοστάσια αυτοκινητοβιομηχανίας -ιδίως όσον αφορά την ευελιξία και την αυτοματοποίηση. Ένας σημαντικός καταλύτης ήταν η εισαγωγή της ρομποτικής στο εργοστάσιο. Σήμερα, ένα τυπικό εργοστάσιο συναρμολόγησης αμαξωμάτων θα έχει 500-600 ρομπότ, που χρησιμοποιούνται κυρίως για την ένωση υλικού (δηλαδή, συγκόλληση επιτόπου), αλλά επίσης και για τη μετακίνηση των υλικών στη θέση τους. Στο τμήμα που είναι υπεύθυνο για το βάψιμο θα έχουν άλλα 30-40 ρομπότ, και στο υπόλοιπο των εγκαταστάσεων θα έχουν κάποια επιπλέον ρομπότ για το υλικό χειρισμό ή τη διανομή. Πιο πρόσφατα, βλέπουμε μια ευέλικτη στερέωση, όπως τα GM, C-FLEX***(Εικόνα 4α)*** προγραμματιζόμενα εργαλεία αμαξωμάτων, η οποία επιτρέπει σε πολλούς τύπους αμαξώματος οχημάτων να είναι συγκολλημένοι με τα ίδια τα ρομπότ.

Για να συνοψίσουμε τις βασικές δυνάμεις που επηρεάζουν τα αυτοκίνητα: Η πίεση για τη βελτίωση στην οικονομία καυσίμου είναι η

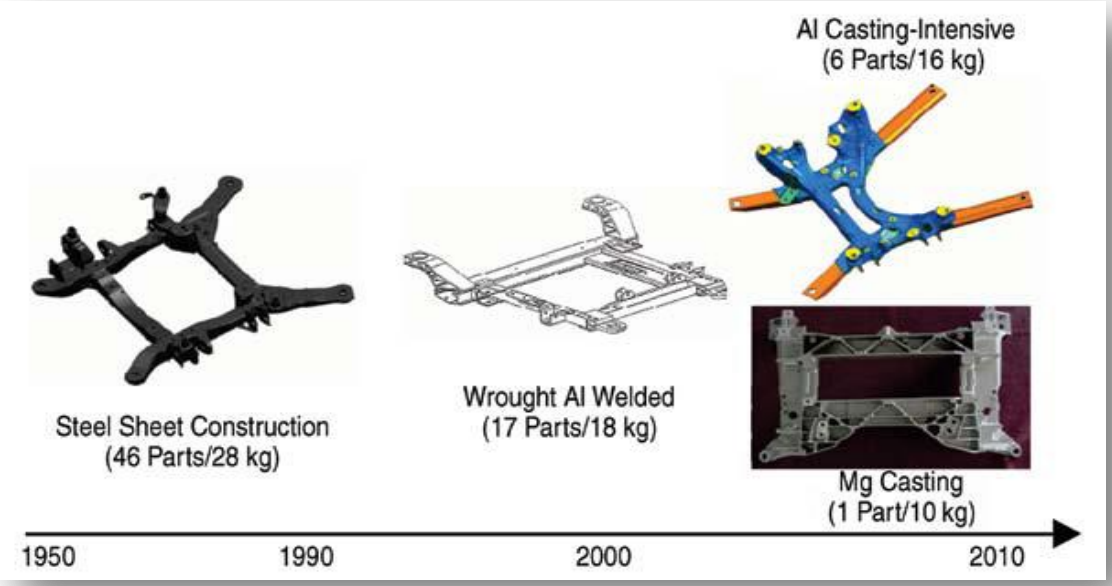
κινητήρια δύναμη της αποδοτικότητας βάρους και η μεγαλύτερη χρήση των ελαφρών υλικών. Η μείωση του αριθμού των μονάδων ανά μοντέλο είναι η κινητήρια δύναμη της αποδοτικότητας των επενδύσεων και ο πιο γρήγορος κύκλος εργασιών των προϊόντων του εργοστασίου.

Εικόνα 4a. GM's C-Flex programmable

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^{ο} : ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΣΤΗΝ ΑΥΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ

3.1 Εφαρμογές Σασί

Το ελαφρύ και αποτελεσματικό πλαίσιο-σασι έχει σημαντικές διάφορες σε βασικά χαρακτηριστικά απόδοσης συμπεριλαμβανομένης της κίνησης, του χειρισμού, του θορύβου και των δονήσεων. Η (***Εικόνα 5)*** δείχνει πως, με το πέρασμα των δεκαετιών, τα νέα κράματα από αλουμίνιο και μαγνήσιο, και οι τεχνολογίες παραγωγής τους έχουν επιτρέψει την μείωση της μάζας και τη βελτιωμένη απόδοση και παραγωγικότητα στην κατασκευή της μπροστινής βάσης.



Εικόνα 5. Το υλικό κ η εξέλιξη της κατασκευαστικής διαδικασίας της μπροστινής βάσης

Η πρώτη όλο-σφυρήλατη αλουμινένια βάση εισήχθη από την GM στο Chevy Impala του 1999 (***Εικόνα 5α)***. Αποτελούνταν από 15 τμήματα διέλασης και δύο αποτυπωμένα τεμάχια και ζύγιζαν 18 kg σε σύγκριση, με μια κατασκευή με ένα τυπικό φύλλο χάλυβα που έχει περίπου 48 μέρη, βάρους 28 kg. Προηγμένη ρομποτική τεχνολογία συγκόλλησης αλουμινίου (δηλ., μέταλλο παλμικού αερίου συγκόλλησης με τόξο) χρησιμοποιήθηκε για να ενώσει τις πολύπλοκες εξωθήσεις και αυτό συνέβη κατά μήκος μιας γραμμής συγκολλήσεως 40 ρομποτικών συγκολλητών μέσα σε τέσσερα κελιά συγκόλλησης.

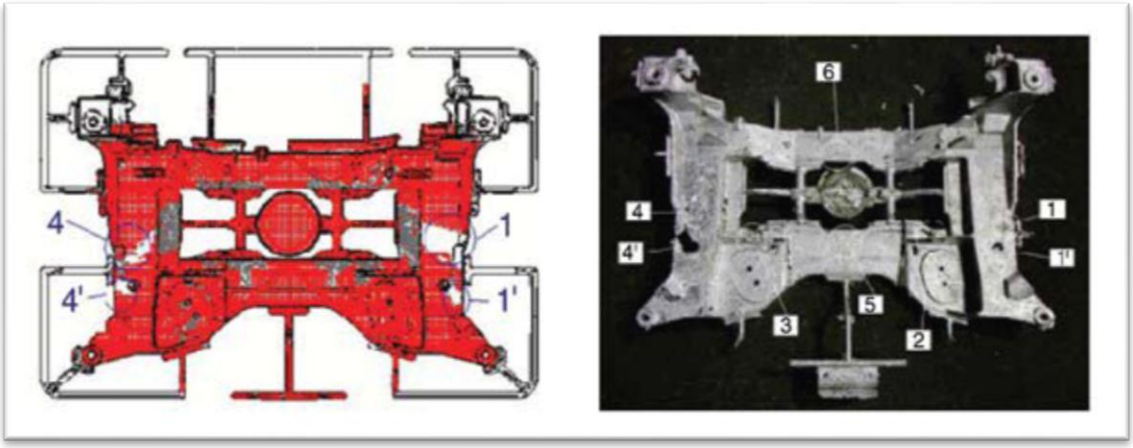
Εικόνα 5α. Chevy Impala 1999

Πρόσθετες εξελίξεις περιλαμβάνουν λεπτό τοίχωμα και τεχνολογία κοίλης χύτευσης αλουμινίου, οι οποίες έχουν κάνει το αλουμίνιο σχεδιαστικά πιο αποτελεσματικό και σε μεγάλο βαθμό με μειωμένες απαιτήσεις συγκόλλησης. Ένα καλό παράδειγμα είναι το κοίλο χύτευσης / εξώθησης συγκολλημένων βάσεων για την επόμενη γενιά Cadillac CTS, η οποία θα ξεκινήσει την παραγωγή τον Ιούλιο του 2007. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για την παραγωγή λεπτών τοιχωμάτων κοίλης χύτευσης (4 mm) για αυτή την βάση είναι μια τροποποιημένη χαμηλής πίεσης μόνιμη διαδικασία (μια κενή χύτευση χωρίς ανύψωση στην οποία ένα καλούπι χάλυβα τρέφεται από κάτω από ένα δοχείο) στην οποία ένα καλούπι χάλυβα είναι bottom-fed από ένα χωνευτήρι. Το κενό έλκει αέρια από το καλούπι και αρχίζει το γέμισμα. Πίεση προστίθεται στη συνέχεια για την πλήρωση της κοιλότητας και feed shrinkage, παράγουν εξαιρετικό ήχο χύτευσης με πολύ χαμηλά επίπεδα απορροφητικότητας (<0,5 τοις εκατό), και καλή ικανότητα συγκόλλησης. Αυτή η διαδικασία μπορεί να αυτοματοποιηθεί πλήρως για υψηλού όγκου παραγωγή.

Μια άλλη σημαντική εξέλιξη της διαδικασίας είναι η υψηλής πίεσης χύτευση, η οποία προσφέρει ελκυστική ευελιξία στο σχεδιασμό και την κατασκευή. Με την εξαιρετική μήτρα να πληροί τα χαρακτηριστικά του μαγνησίου και των κραμάτων αλουμινίου, αυτή η διαδικασία επιτρέπει μεγάλες, λεπτού τοιχώματος, και σύνθεσης ελαφρού μετάλλου χύτευσης

να παραχθούν οικονομικά, επιτρέποντας την αντικατάσταση των μεταλλικών κατασκευών που κατασκευάζονται από πολυάριθμα τυπωμένα τεμάχια και συγκολλημένα. Παρά την υψηλή παραγωγικότητα (τυπικός χρόνος κύκλου περίπου ένα λεπτό), το μεγαλύτερο μειονέκτημα με τη συμβατική υψηλής πίεσης διαδικασία χύτευσης είναι η απορροφητικότητα που προκύπτει από παγιδευμένα αέρια ως αποτέλεσμα της εγχύσεως του λειωμένου μετάλλου με μεγάλη ταχύτητα εντός της κοιλότητας της μήτρας. Η απορροφητικότητα είναι ζήτημα λιγότερο σοβαρό για τα τμήματα των λεπτών τοιχωμάτων (<2,5 mm), όπου οι μηχανικές ιδιότητες παρέχονται σε μεγάλο βαθμό από το λεπτού διαχωρισμού χωρίς πόρους δέρματα.

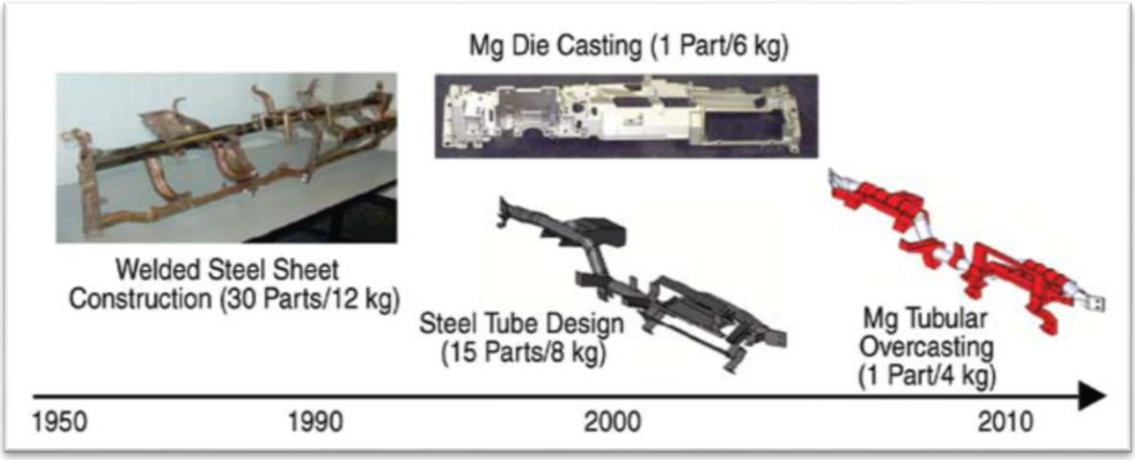
Όταν τα παχύτερα τοιχώματα που απαιτούνται για τη δυσκαμψία / ή την αντοχή στο σασί και για τις εφαρμογές του σώματος, η επίδραση της απορροφητικότητας στις μηχανικές ιδιότητες (ιδιαίτερα ολκιμότητα και αντοχή σε κόπωση) γίνεται πιο σημαντική. Η χύτευση υπό πίεση είναι αυτή που χαρακτηρίζεται από τη χρήση ενός ελεγχόμενου κενού για να εξαγάγει τα αέρια από το τρέχων σύστημα, την κοιλότητα της μήτρας, και τον αγωγό εισροής κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας. Αυτή η τεχνολογία επεκτείνει τις δυνατότητες της συμβατικής χύτευσης υπό πίεση, διατηρώντας παράλληλα τα οικονομικά οφέλη. Η πρώτη βάση μαγνησίου από χυτό ενός τεμαχίου στην βιομηχανία ήταν για τη Chevrolet Corvette Z06 του 2006 ζυγίζει μόνο 10.5 kg, έχοντας 35 τοις εκατό εξοικονόμηση μάζας περισσότερο από τη βάση αλουμινίου που το αντικατέστησε. Όπως φαίνεται στο ***(Εικόνα 6)***, η προηγμένη προσομοίωση γεμίσματος της μήτρας και στερεοποίησης έχει αποδειχθεί ότι είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για το σχεδιασμό και την καθοδήγηση του ελέγχου της διαδικασίας για μικρές και μεγάλες μήτρες χύτευσης.



Εικόνα 6. Προηγμένη προσομοίωση για υψηλής πίεσης χύτευση (βάση μαγνησίου για Corvette Z06).

3.2 Εσωτερικές Εφαρμογές

Η δοκός του ταμπλό οργάνων (IP) είναι το πιο σημαντικό εσωτερικό δομικό τμήμα. Όπως βλέπουμε στην (***Εικόνα 7)***, ένα παραδοσιακό φύλλο χάλυβα σχεδιασμένο πριν από δέκα χρόνια αποτελούνταν από περίπου 30 μέρη . Το 1996, η GM εισήγαγε τη μεγαλύτερη χύτευση μαγνησίου στο κόσμο, δηλαδή μια μονοκόμματη πλήρη δοκό για το ταμπλό για τα φορτηγά GMC Savana και Chevrolet Express. Εκτός από την μείωση της μάζας (12,3 kg σε μαγνήσιο έναντι 18,2 kg στο φύλλο χάλυβα), ο σχεδιασμός του ταμπλό μαγνησίου προβλέπει βελτιώσεις στην απόδοση, καθώς επίσης και αυξημένη αντοχή στις συγκρούσεις, μειωμένους κραδασμούς, και εξοικονόμηση κόστους που οφείλεται σε τμήματα ενοποίησης. Με την πιο αποτελεσματική σχεδίαση των ταμπλό μαγνησίου στα τελευταία μοντέλα της GM έχει επιτευχθεί ακόμα μεγαλύτερη εξοικονόμηση μάζας και εξοικονόμηση στο τμήμα ενοποίησης, όπως μία δοκός χυτεύσεως -5.8 kg για ένα GM μεσαίου μεγέθους αυτοκίνητο.



Εικόνα 7. Τα υλικά και η εξέλιξη της διαδικασίας κατασκευής στη δομή της δοκού του ταμπλό οργάνων

Η χρήση του μαγνησίου σε δοκούς των ταμπλό, ωστόσο, αυτή τη στιγμή αντιμετωπίζει έντονο ανταγωνισμό. Τα ταμπλό οργάνων είναι σχεδιασμένα χρησιμοποιώντας σωλήνες από χάλυβα, μόνο ελαφρώς βαρύτερες από χυτά μαγνησίου, αλλά μπορεί να είναι αισθητά λιγότερο δαπανηρά. Σωληνοειδής σχέδια σε μαγνήσιο έχουν επίσης διερευνηθεί για τη μελλοντική ανάπτυξη των ταμπλό. Ένα υβριδικό ταμπλό είναι σχεδιασμένο χρησιμοποιώντας ένα σωλήνα μαγνησίου με έγχυση σε

μήτρα χύτευσης, και έτσι είναι 55 τοις εκατό ελαφρύτερο από ένα χαλύβδινο σωληνωτό και 30τοις εκατό ελαφρύτερο από μία μονοκόμματη χύτευση μαγνησίου σχεδιασμένη με ισοδύναμη δυσκαμψία.

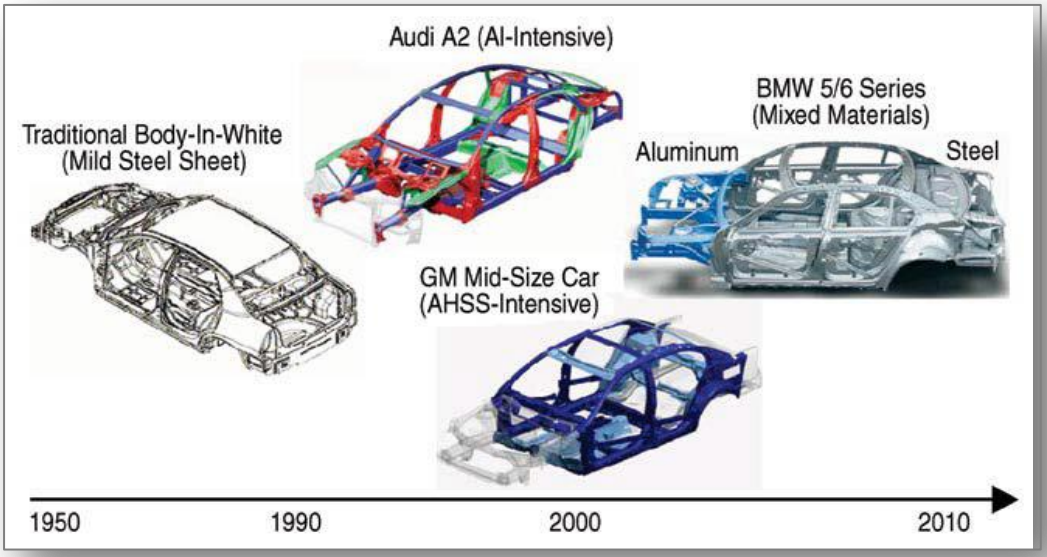
3.3 Εφαρμογές στο σώμα του αυτοκίνητου

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων 50 ετών, οι δομές στο σώμα των επιβατικών αυτοκινήτων έχουν κινηθεί από την κατασκευή φύλλων ήπιου χάλυβα σε μεικτά υλικά όπως παρατηρούμε στην ***Εικόνα 8***, μετάβαση που επίσης έχει ενεργοποιηθεί από τη προηγμένη παραγωγή τεχνολογιών. Στη δεκαετία του 90' η ανάπτυξη της χύτευσης υπό πίεση στο αλουμίνιο, εξώθησης, συγκόλλησης και ένωσης τεχνολογιών, μαζί με τη δημιουργία από ειδικά κράματα αλουμινίου, όπως AURAL-2 και MAGSIMAL-59 ήταν το κλειδί προϋποθέσεων για το αλουμίνιο υψηλής έντασης για οχήματα όπως το Audi A8/A2, Acura NSX και Jaguar XJ.

Κατά το ίδιο χρονικό διάστημα, η βιομηχανία του χάλυβα έχει σημειώσει σημαντική πρόοδο σε κράματα χάλυβα. Πολλές προηγμένες υψηλής αντοχής ποιότητες χάλυβα αναπτύχθηκαν για εφαρμογές αυτοκινήτων, συμπεριλαμβανομένων μικροκραματωμένους χάλυβες υψηλής αντοχής (HSLA), διπλής φάσης χάλυβα (ένα μίγμα κυρίως μαλακό φερρίτη και σκληρό μαρτενσίτη, ενδεχομένως, με λίγο μπαινίτη), και προκαλείται μετασχηματισμός στην πλαστικότητα του χάλυβα με πολύ υψηλή αντοχή εφελκυσμού (600 MPα) και επιμήκυνση (36 τοις εκατό). Σε πολλές περιπτώσεις, αυτοί οι χάλυβες προσφέρουν μόνο ελαφρώς λιγότερη μείωση μάζας σε σύγκριση με το αλουμίνιο, αλλά σε ένα ποσοστό του κόστους. Προηγμένος υψηλής αντοχής χάλυβας έχει σημειώσει σημαντική εισβολή με εφαρμογή σε πολλά ελαφρά οχήματα όπως BMW 7 series και το Lexus LS430.

Η δομή του σώματος της Epsilon GM όπως φαίνεται στην (***Εικόνα 8***) είναι μιας μεγάλου όγκου παγκοσμίας αρχιτεκτονικής και αντιπροσωπεύεται από την Chevrolet Malibu στη Βόρεια Αμερική. εισήρθε το 2003, αυτό ήταν το πρώτο όχημα της GM που έκανε εκτεταμένη χρήση των προηγμένων χαλύβων υψηλής αντοχής. Η δομή του αμαξώματος που χρησιμοποιείται στα σημερινά μεσαίου μεγέθους αυτοκίνητα της GM(Malibu, Pontiac G6 και το νέο Saturn Aura) περιλαμβάνει πέντε τοις εκατό σε μικροκραματωμενους χάλυβες υψηλής αντοχής και 12 τοις εκατό διπλής φάσεως χάλυβες. Αναμένεται ότι η

δομή του αμαξώματος για τη μελλοντική γενιά αυτοκίνητων μεσαίου μεγέθους θα περιέχει 35 τοις εκατό διπλή φάση και 8 τοις εκατό χάλυβες μαρτενσίτη.



Εικόνα 8. Το υλικό και η εξέλιξη παραγωγής στην αυτοκινητοβιομηχανία της δομή του αμαξώματος.

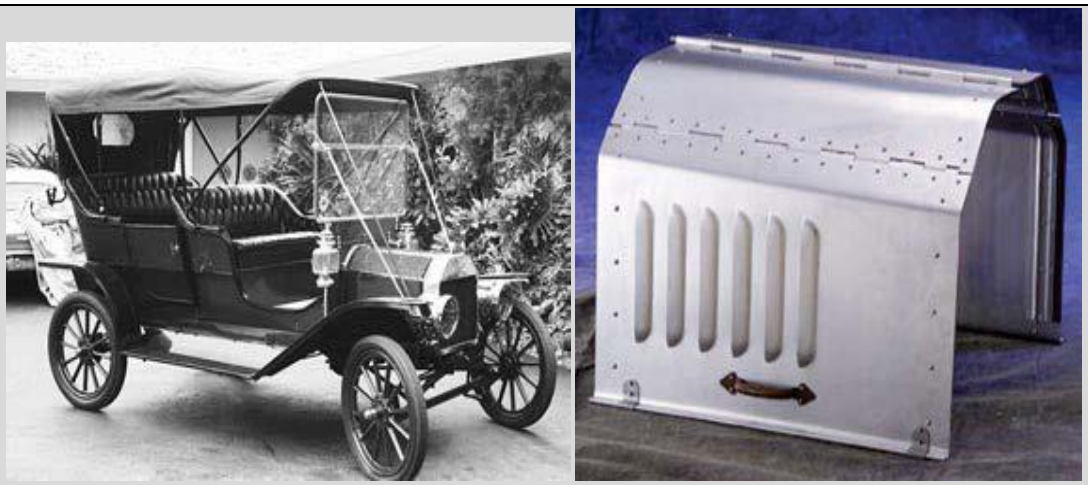
3.3.1 Φύλλο αλουμινίου στα κλεισίματα

Τα πάνελ κλεισίματος του οχήματος, όπως καπό **(Εικόνα 8a)**, πόρτες, και τα φτερά έχουν συνήθως κατασκευαστεί από φύλλο χάλυβα ψυχρής έλασης, το οποίο έχει εξαιρετική αντοχή και δυνατότητα διαμόρφωσης. Αυτά τα χαρακτηριστικά σε συνδυασμό με το σχετικά χαμηλό κόστος, κάνουν αυτό το υλικό να είναι πολύ ανθεκτικό σε καλούπωμα υψηλής έντασης.

Εικόνα 8α. Καπό (hood)

Ενώ ο χάλυβας είναι διάχυτος στα κλεισίματα στο όχημα, η χρήση ελαφρών φύλλων αλουμινίου έχει αυξηθεί τα τελευταία 30 χρόνια. Τα καλύμματα αλουμινίου παρέχουν 35-50 τοις εκατό μείωσης της μάζας του σε σύγκριση με παρόμοια κλεισίματα χάλυβα. Ωστόσο, σε αντίθεση με τις εφαρμογές από χυτό αλουμίνιο που περιγράφονται στις προηγούμενες ενότητες, η διείσδυση φύλλων αλουμινίου δεν ήταν τόσο διαδεδομένη επειδή οι πρώτες ύλες είναι δύο έως τρεις φορές πιο δαπανηρές από το ατσάλι και έχει επίσης σημαντικά χαμηλότερη διαμορφωσιμότητα . Ένα σύνθετο μέρος, όπως το εσωτερικό πάνελ μιας πόρτας ή του πορτμπαγκάζ πρέπει να επανασχεδιαστεί ή να κατασκευαστεί από μια συναρμολόγηση πολλών τεμαχίων επειδή τα αλουμίνια δεν μπορούν να σφραγίζονται με συμβατικό τρόπο σε περίπλοκα σχήματα.

Παρά αυτές τις προκλήσεις, το φύλλο αλουμινίου έχει μια μακρά ιστορία στον τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας. Το Μοντέλο Αυτοκινήτου Touring T του 1909 έγινε με αμάξωμα από αλουμίνιο, και οι κουκούλες αλουμινίου συνήθως χρησιμοποιούνταν σε πολλά Ts Μοντέλα ***(Εικόνα 9)*** .Πολλά πλαίσια κλεισίματος έγιναν με φύλλο αλουμινίου σε αυτό το χρονικό διάστημα, χρησιμοποιώντας 1xxx ή 3xxx κράματα της σειράς, τα οποία έχουν καλή διαμορφωσιμότητα αλλά χαμηλή αντοχή. Το κοινό θέμα σε αυτές τις πρώτες εφαρμογές στην αυτοκινητοβιομηχανία ήταν χαμηλού όγκου, εξειδικευμένα προϊόντα που ήταν εντάσεως εργασίας και τόνισαν δεξιοτεχνία.



(α) (b)

Εικόνα 9. (a) Ένα μοντέλο αυτοκίνητου Touting T του 1909 με πάνελ κλεισίματος από αλουμίνιο.
(b) Κουκούλα αλουμινίου από το μοντέλο T του 1915

Δεδομένου ότι αυξήθηκε ο όγκος παραγωγής των αυτοκινήτων μετά το Πρώτο Παγκόσμιο Πόλεμο, ο χάλυβας έγινε το υλικό της επιλογής στον τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας. Το φύλλο χάλυβα χρησιμοποιούνταν σχεδόν αποκλειστικά έως ότου οι πετρελαϊκές κρίσεις της δεκαετίας του 1970 οδηγήσουν τις αυτοκινητοβιομηχανίες να διερευνήσουν στη μείωση της μάζας ως μια μέθοδο για την βελτίωση της οικονομίας καυσίμου. Το φύλλο αλουμινίου άρχισε να εισάγετε ξανά στα τέλη της δεκαετίας του 1970, κυρίως για τις κουκούλες από το σχετικά απλό σχεδιασμό τους διότι θα μπορούσαν εύκολα να φιλοξενήσουν τη σφράγιση από αλουμίνιο. Υπήρχαν πολλές εφαρμογές για μερικά χρόνια, αλλά η βιομηχανία επανάφερε το χάλυβα για οικονομικούς λόγους στα μέσα 80'. Στη δεκαετία του 1990, η χρήση του φύλλου αλουμινίου για το κλείσιμο , ιδίως καπό, αυξήθηκε και πάλι. Αυτή η μετατόπιση ήταν ωθούμενη με τον αριθμό των οχημάτων αλουμινίου που αναπτύσσονταν σε ολόκληρο τον κλάδο.

Η αύξηση σε εφαρμογές φύλλου αλουμινίου κατά τα τελευταία 30 χρόνια έχει σε μεγάλο βαθμό καταστεί ικανή από τη βελτίωση κατασκευής παρά από τις βελτιώσεις υλικού. Στην πραγματικότητα, τα συνηθισμένα υλικά φύλλων αλουμινίου στην αυτοβιομηχανία-AA6111, AA5754, 5182, και το AA5083-έχουν υπάρξει από το 1982, 1970, 1967, και 1954, αντίστοιχα. Δεδομένου ότι τα χαρακτηριστικά του αλουμινίου είναι διαφορετικά από εκείνα του χάλυβα, η αποτύπωση στη βιομηχανία είχε μια απότομη καμπύλη μάθησης σε τομείς όπως των πεπερασμένων στοιχείων μοντελοποίησης, το σχεδιασμό καλουπιού, την ανάλυση στη δυνατότητα διαμόρφωσης, το χειρισμό , τη λίπανση, την επίστρωση καλουπιού, την συντήρηση καλουπιού, και τον διαχωρισμό θραυσμάτων.

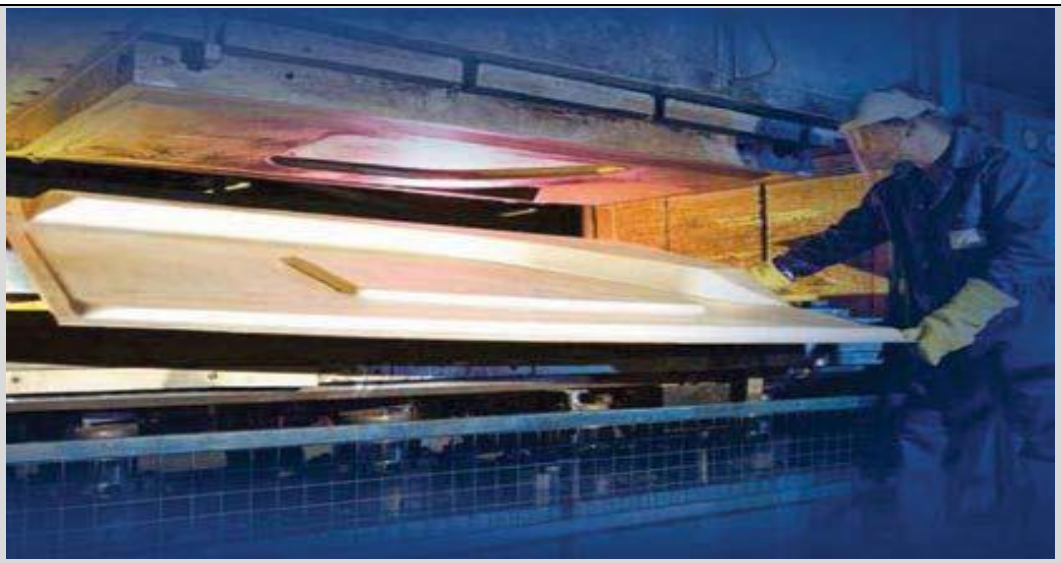
Παρά το γεγονός ότι αυτές οι βελτιώσεις διευκόλυναν τη χρήση του αλουμινίου, ουσιαστικά η κατώτερη διαμορφωσιμότητα του αλουμινίου σε σύγκριση με το χάλυβα εξακολουθεί να αποτελεί πρόκληση. Για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος, οι διαδικασίες εναλλακτικής διαμόρφωσης συνεχίζονται να διερευνούνται. Αυτές περιλαμβάνουν υπερπλαστικές διαμορφώσεις, γρήγορη πλαστική διαμόρφωση , υδροδιαμόρφωση, θερμό-υδροδιαμόρφωση , ζεστή διαμόρφωση, στρίφωμα κυλίνδρου, παλινδρομική θερμική επεξεργασία, ηλεκτρομαγνητική διαμόρφωση, και πρόπλασμα συγκολλήσεως.

Ως παραδείγματα από αυτές τις τεχνολογίες, το QPF και το roller hemming το καθένα από αυτά απευθύνεται σε διαφορετικά formability

προβλήματα και προσφέρει λύσεις που γίνονται δυνατές από την τεχνολογία προσομοίωσης και ρομποτικής. Στην περίπτωση της QPF, η τεχνολογία αναπτύχθηκε για να επωφεληθούν από την αυξημένη πλαστικότητα ορισμένων κραμάτων αλουμινίου σε υψηλές θερμοκρασίες. Η τεχνολογία του roller hemming αναπτύχθηκε αρχικά ως μέθοδος για τη μείωση επενδύσεων σε εξοπλισμό και να παρέχει αυξημένη ευελιξία της παραγωγής ωστόσο, κατέληξε να παρέχει ένα όφελος με το αλουμίνιο, επειδή τροποποίησε την πορεία του στελέχους και βελτίωσε τη διαμορφωσιμότητα.

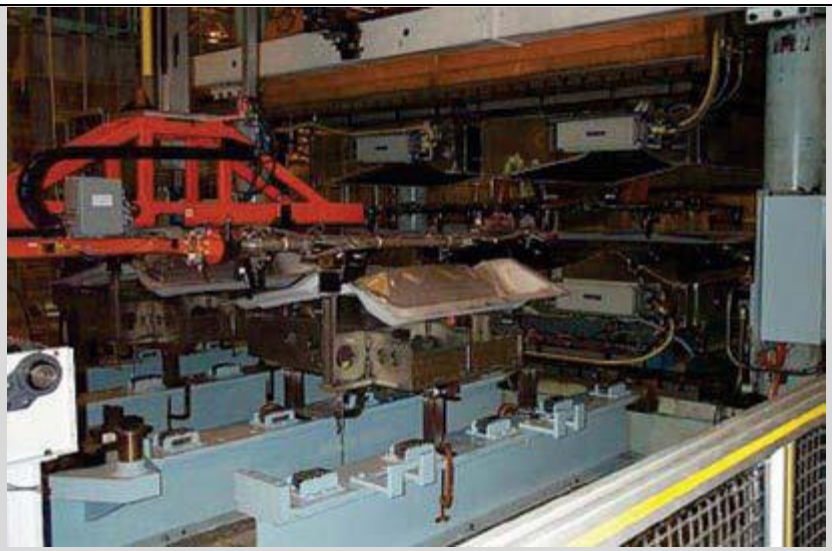
3.3.2 Γρήγορη μορφοποίηση του πλαστικού

Το φαινόμενο της υπεραπλαστικότητας, σε λεπτόκοκκο ή διπλής φάσης υλικών παρουσιάζει εξαιρετικά υψηλή ολκιμότητα, λόγω ορίου ολίσθησης κόκκων, έχει γίνει γνωστό από το διάσημο έργο του Backofen πάνω από 40 χρόνια σχεδόν. Η Υπερπλαστική Μορφοποίηση (SPF), η οποία χρησιμοποιεί την πίεση του αερίου για να σχηματίσει υπερπλαστικά κράματα σε μονής όψης καλούπια, έχει χρησιμοποιηθεί εκτενώς στην αεροδιαστημική αγορά για να κάνει μια ποικιλία εξαρτημάτων για το διαστημικό σκάφος και της εμπορικές αεροπορικές εταιρίες. Από το 1970, έχει της χρησιμοποιηθεί από την αυτοκινητοβιομηχανία για να παράγει πολύπλοκα, ελαφριά πάνελ για εξειδικευμένα προϊόντα με ετήσιο όγκο λιγότερο από 1.000 μονάδες. Ένα παράδειγμα της SPF διαδικασίας, όπου τα πάνελ προέρχονται χειροκίνητα από μεγάλες θερμαινόμενες πρέσες, φαίνεται στο (***Εικόνα 10)***. Η τεχνολογία έχει βελτιστοποιηθεί γύρω από τα οχήματα όπου το κόστος των εργαλείων είναι εξαιρετικά χαμηλό, ο χρόνος του κύκλου είναι μεγάλος, το εργατικό δυναμικό και οι τιμές των υλικών είναι υψηλές, και τα μέρη μπορούν να επεξεργαστούν εκ νέου μετά την παραγωγή, γιατί κάθε όχημα είναι χειροποίητο.



Εικόνα 10. Μια φωτογραφία απτήν διαδικασία υπερπλαστικης διαμόρφωσης
Με χειροκίνητο μέρος εξαγωγής.

Η γρήγορη πλαστική διαμόρφωση αναπτύχθηκε από την GM ως ένα καυτό χτύπημα στην τεχνολογία διαμόρφωσης που προσαρμόζεται η διαδικασία SPF για την κύρια αυτοκινητοβιομηχανία. Είχε εφαρμοστεί για την παραγωγή ανυψούμενων πορτών για το Chevrolet Malibu Maxx και για τα καλύμματα ουρανού για το Cadillac STS. Ο στόχος της ανάπτυξης της τεχνολογίας QPF ήταν να δημιουργήσει μια διαδικασία που θα επιτρέψει ακριβείς διαστάσεις για εξαρτήματα αυτοκινήτων, που κατασκευάζονται σε ποσότητες στην αυτοκινητοβιομηχανία για μια ανταγωνιστική τιμή. Η απαίτηση για της ακριβείς διαστάσεις τμημάτων κατέστησε αναγκαία την ανάπτυξη βελτιωμένων μηχανισμών αποδέσμευσης τμημάτων, μια νέα σφράγιση σφαιρικής γεωμετρίας, και, το σημαντικότερο, μια πλήρως αυτοματοποιημένη διαδικασία. Μια φωτογραφία δείχνει το αυτοματοποιημένο τμήμα χειρισμού συστήματος παρουσιάζεται στο (***Εικόνα 11)***.



Εικόνα 11. Μια φωτογραφία από την διαδικασία της GM GPF που δείχνει την αυτόματη αφαίρεση τμήματος και το χειρισμό

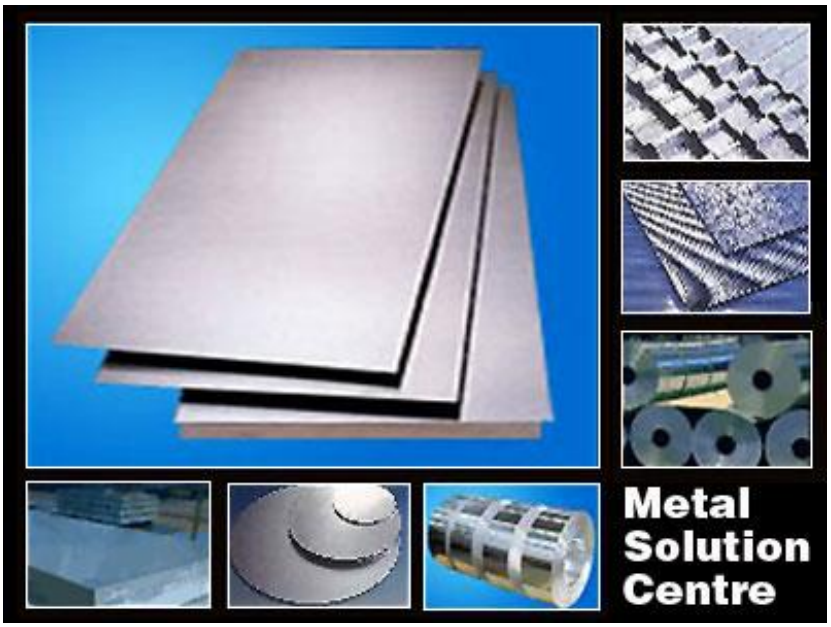
Της βασικός παράγοντας για την αυτοματοποίηση της QPF διαδικασίας ήταν η ανάπτυξη του ενιαίου θερμαινόμενου εργαλείου, το οποίο αποβάλει την ανάγκη για μια ειδική θερμαινόμενη πρέσα. Το θερμαινόμενο εργαλείο επιτρέπει τη χρήση εξοπλισμού χειρισμού συμβατικού υλικού και της, εμποδίζεται η απώλεια θερμότητας κατά τη διάρκεια πολλαπλών κύκλων πιέσεων. Η απαίτηση για ακριβείς διαστάσεις ανταλλακτικών, της, οδήγησε σε μια χαμηλότερη θερμοκρασία διαμορφώσεως (450 ° C σε σύγκριση με> 500 ° C). Μειώνοντας την θερμοκρασία έδωσε στο πάνελ περισσότερη δύναμη και το κατέστησε λιγότερο επιρρεπή σε βλάβες ή τη παραμόρφωση του κατά το χειρισμό.

Τα εξαρτήματα αυτοκινήτων δεν είναι εν γένει τόσο περίπλοκα της τα εξαρτήματα αεροσκαφών. Έτσι, ενώ η βελτίωση της διαμορφωσιμότητας απαιτήθηκε σε σύγκριση με τη συμβατική αποτύπωση, η διαμορφωσιμότητα δεν πρέπει να πληροί τα παραδοσιακά επίπεδα SPF έως 1000 τοις εκατό. Αυτό οδήγησε στην ανάπτυξη εργαλείων με βάση τα μαθηματικά, της PAMQPF, ένα πεπερασμένων στοιχείων κώδικα μοντελοποίησης που θα μπορούσε να προβλέψει τη δυνατότητα μορφοποίησης που απαιτείται για το επιθυμητό εξάρτημα.

Για την κατασκευή εξαρτημάτων μεγάλων ποσοτήτων στην αυτοκινητοβιομηχανία, η διαδικασία έπρεπε να έχει τη ικανότητα να παράγει έως και 100.000 φύλλα ανά έτος. Αυτό προϋποθέτει ότι οι χρόνοι του κύκλου πρέπει να μειωθούν από ~ 30 λεπτά ανά εξάρτημα της 2-3 λεπτά ανά εξάρτημα, πράγμα που σημαίνει ότι το υλικό που

απαιτείται για να παραμορφωθεί σε ποσοστά στελέχους του 0,001-0,01 ανά δευτερόλεπτο. Αυτό είναι τουλάχιστον δέκα φορές πιο γρήγορα από ό, τι τα υλικά SPF συνήθως παραμορφωνόταν, σημαίνει ότι τα όρια διαμόρφωσης και η συμπεριφορά παραμόρφωσης έπρεπε να επαναξιολογηθούν.

Τέλος, η απαίτηση για χαμηλότερο κόστος οδήγησε στην ανάπτυξη της βελτιωμένου υλικό για τη διαδικασία QPF. Αυτό συνεπαγόταν τη διαμόρφωση της χαμηλότερου κόστους έκδοσης του AA5083 που ήταν σε θέση να ανεχθεί ένα υψηλότερο επίπεδο προσμίξεων (π.χ. σίδηρος). Τα εμπορικής καθαρότητας AA5083 ***Εικόνα 11a*** υλικά αναπτύχθηκαν για QPF και παρέχονται σχεδόν για της της διαμορφωσιμότητες της υψηλής καθαρότητας υλικά, αλλά ήταν οικονομικά ανταγωνιστικά με τα εμπορικά υλικά φύλλο αλουμινίου.



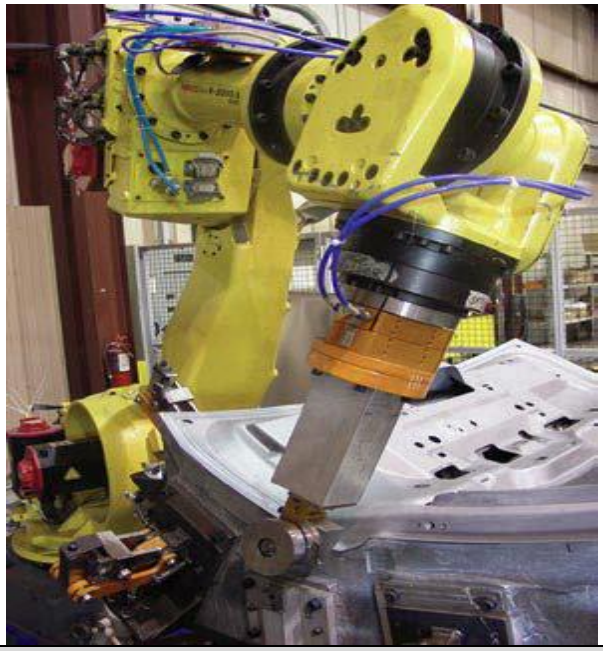
Εικόνα 11 a

3.3.3 Roller Hemming

Μια σημαντική πρόκληση σχεδίασης-προσαρμογης για το αλουμίνιο σε εφαρμογές κλεισίματος των οχημάτων είναι η ικανότητα για στρίφωμα στο εξωτερικό πάνελ γύρω από το εσωτερικό πλαίσιο (που απαιτεί 180-μοιρών στροφή) για να παραχθεί μια σφιχτή, χωρίς ρωγμή συναρμολόγηση. Η ποιότητα του στριφώματος σε ένα πίνακα κλείστρου

είναι πολύ σημαντική για την εμφάνιση του οχήματος, δεδομένου ότι ορίζει την προσαρμογή μεταξύ αμαξώματος. Στην αυτοκινητοβιομηχανία, αυτό έχει ονομαστεί το "jewel effect.". Επειδή το αλουμίνιο είναι τυπικά up-gaged σε σύγκριση με το χάλυβα και έχει χαμηλότερη διαμορφωσημότητα , η ακτίνα στην άκρη του στριφώματος είναι μεγαλύτερη από ό, τι είναι τυπικά για το χάλυβα, δίνοντας έτσι μια λιγότερο επιθυμητή εμφάνιση. Η βελτίωση της κατάστασης του στριφώματος με αλουμίνιο έχει αντιμετωπιστεί από μια ποικιλία μεθόδων, συμπεριλαμβανομένης της αύξησης της ακτίνας στριφώματος (rope hem), χρησιμοποιώντας down-standing φλάντζα αντί ένα στρίφωμα, με μικρότερης αντοχής 6xxx κράματα της σειράς, εφαρμόζοντας τοπική θέρμανση παλινδρόμησης . Ενώ κάθε μία από αυτές τις τεχνικές απέδειξε βελτίωση στη διαδικασία στριφώματος, όλες έχουν μειονεκτήματα που έχουν αποτρέψει την ευρεία χρήση τους.

Η Roller hemming χρησιμοποιεί ένα περιστρεφόμενο εργαλείο στο άκρο του βραχίονα ρομπότ για να παρέχουν την μηχανική παραμόρφωση που σχετίζεται με το στρίφωμα ***(Εικόνα 12)***. Αυτό αντιπροσωπεύει μία σημαντική αλλαγή από τις παραδοσιακές μεθόδους. Η διαδικασία στριφώματος ήταν αρχικά μια χειροκίνητη λειτουργία, όπου τα εσωτερικά και τα εξωτερικά πλαίσια βρίσκονταν σε ένα εξάρτημα και το στρίφωμα σχηματίστηκε με σφυροκόπημα της φλάντζας πάνω από το εξωτερικό πάνελ. Ως ποσότητες αυξήθηκαν, το μηχανικό στρίφωμα εκτελέστηκε πρώτα σε μια πρέσα, στη συνέχεια, με μικρότερες «επιτραπέζιες» μονάδες με πολύπλοκα συστήματα cam(εκκεντροφόρος) για να κάμψει και να ισοπεδώσουν τη φλάντζα σε ένα στρίφωμα. Αυτές οι διαδικασίες ήταν ακριβές, απαιτώντας ειδικό εξοπλισμό και πρέσες για αυτή την διαδικασία. Με τη roller Hemming, απαιτείται μόνο ένα απλό εξάρτημα σύσφιξης για κάθε συνδεσμολογία, επιτρέποντας μειωμένη τοποθέτηση χρημάτων και αυξημένη ευελιξία. Το ρομπότ μπορεί να προγραμματιστεί να ακολουθήσει οποιαδήποτε επιθυμητή πορεία και επομένως το roller hemming cell μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μια ποικιλία κλεισίματος πάνελ. Αυτό γίνεται πιο επωφελής καθώς ο αριθμός των παραλλαγών του μοντέλου για μια ειδικότερα αύξηση των οχημάτων, την αποτελεσματική μειώνοντας αποτελεσματικά τον όγκο απαιτήσεων για ειδικά πώματα. Η εξέλιξη στον roller hemming κατά τη διάρκεια των τελευταίων 20 ετών έχει πολύ θετική επίδραση στην hemming force, στις επενδύσεις, και στην εγκατάσταση του χώρου.



Εικόνα 12. Ένα παράδειγμα ενός τυπικού ρολό στριφώματος λειτουργίας με ένα Ρομποτικό βραχίονα και μία φωτογραφία της καμπτικής παραμόρφωσης που συμβαίνει κατά τη διάρκεια του roller hemming.

Αν και δεν αναπτύχθηκε αρχικά για αλουμίνιο, η διαδρομή στελέχους που χρησιμοποιείται σε roller hemming είναι στην πραγματικότητα πιο ευνοϊκή για το αλουμίνιο, δημιουργώντας μια λιγότερο σοβαρή κατάσταση και επιτρέποντας ένα επίπεδο στρίφωμα να παράγεται. Η κυλιόμενη κίνηση της διαδικασίας μετακινεί τη διαδρομή στελέχους μακριά από το καθαρό επίπεδο στέλεχος, η οποία είναι η χειρότερη κατάσταση για διαμόρφωση. Αυτό ουσιαστικά μειώνει την ποσότητα του στελέχους κατά τη επιφάνεια της καμπής, επιτρέποντας έτσι περισσότερη διαμόρφωση πριν από το κάταγμα. Πρόσφατη εργασία έχει δείξει ότι τα κράματα αλουμίνιου που εμφανίζουν ρωγμές κατά τη διάρκεια των διαδικασιών του συμβατικού στριφώματος δεν εμφανίζουν ρωγμές κατά τη διάρκεια του roller hemming. Ως αποτέλεσμα, στη τεχνολογία αυτή έχει πρόσφατα παρατηρηθεί αυξημένη χρήση σε εφαρμογές αλουμινίου, όπως το Audi A8 ***(Εικόνα 13).*** Πιθανόν θα είναι ένας κρίσιμος παράγοντας για τη χρήση του αλουμινίου στο μέλλον για το κλείσιμο του οχήματος.

Εικόνα 13 a

Εικόνα 13 b

Σχήμα 13a,b. Audi A8 Roller Hemming

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^{ο} : ΥΔΡΟΔΙΑΜΟΡΦΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΔΟΜΕΣ

4.1 Η επιστροφή του χάλυβα

Παρά το γεγονός ότι τα τελευταία είκοσι χρόνια όλο και περισσότερα τμήματα ενός αυτοκίνητου κατασκευάζονται από «πλαστικά» ή αλουμίνιο, ο χάλυβας παραμένει το κυρίαρχο υλικό κατασκευής, τουλάχιστον για αυτοκίνητα μαζικής παραγωγής. Το βασικό του πλεονέκτημα είναι η χαμηλή τιμή του σε σχέση με τα άλλα υλικά και φυσικά η μεγάλη εμπειρία που υπάρχει στην παραγωγή αλλά και στη μορφοποίησή του.

Σχήμα 6: Η διαδικασία χύτευσης λεπτότοιχων εξαρτημάτων είναι μια σχετικά νέα παραγωγική διαδικασία με την οποία μπορούν να παραχθούν εξαρτήματα από χάλυβα, ιδιαίτερα όλκιμα τα οποία μπορούν να μορφοποιηθούν εν ψυχρώ.

Παρά ταύτα, οι ανάγκες για τη μείωση του βάρους των αμαξωμάτων αλλά και της ταυτόχρονης αύξησης της αντοχής τους οδήγησαν 30 εταιρείες παραγωγής εξαρτημάτων από χάλυβα στις Η.Π.Α. να θεσπίσουν το 1992 τις προδιαγραφές ενός μοντέλου αμαξώματος με πολύ χαμηλό βάρος. Και αργότερα θα ξεκινούσε μια ανάλογη μελέτη για το σχεδιασμό ενός ελαφρύ ημιφορτηγού, μια κατηγορία η οποία καλύπτει το 43% της αμερικάνικης αγοράς.

Το Ultralight Steel Auto Body (Υπέρ-ελαφρύ Αμάξωμα από Χάλυβα) θα πρέπει να αποδεδείξει ότι μπορεί να υπάρξει ένα αυτοφερόμενο από χάλυβα, σχεδιασμένο έτσι ώστε να εκμεταλλεύεται με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τις φυσικές ιδιότητες του υλικού, με όσο το δυνατό χαμηλότερο βάρος, που όμως από την άλλη θα καλύπτει και τις απαιτήσεις παθητικής ασφάλειας.

Με βάση τις απαιτήσεις αυτές η αμερικάνικη εταιρεία Porsche Engineering Services Inc. παρουσίασε ένα αμάξωμα με προδιαγραφές πραγματικά εντυπωσιακές, εάν συγκριθεί με ένα συμβατικό. Το βάρος του είναι μικρότερο κατά 25% (φτάνοντας συνολικά τα 200 κιλά), η στρεπτική του ακαμψία μεγαλύτερη κατά 132% και το κόστος του μειωμένο κατά 154 δολάρια. Η κατασκευή του θα είναι δυνατή με τις υπάρχουσες μηχανουργικές τεχνολογίες, οι συγκολλήσεις θα γίνονται με λέιζερ, ενώ για την μορφοποίηση των τμημάτων του θα εφαρμοστεί η νέα τεχνολογία hydroforming.

Τέλος, ένα από τα πλεονεκτήματά του είναι ότι θα εκμεταλλεύεται την υπάρχουσα τεχνολογία ανακύκλωσης των μεταλλικών τμημάτων. Το κονσόρτσιουμ των εταιρειών έχει επενδύσει και επενδύει εκατομμύρια δολάρια για την δημιουργία πραγματικών μοντέλων για επίδειξη.

4.2 HYDROFORMING

Ο Σωλήνας υδροδιαμόρφωσης είναι μια μεταλλική-διαδικασία διαμόρφωσης που χρησιμοποιεί υγρά υπό πίεση όπως το νερό για να κάνουν διάφορες περιμετρικά σχήματα από σωλήνες. Σε σύγκριση με την αποτύπωση, οι υδρομορφοποιημένοι σωλήνες παρέχουν περαιτέρω εξοικονόμηση μάζας για δομικά συστατικά. Χρησιμοποιούνται σήμερα για πολλές δομικές εφαρμογές, συμπεριλαμβανομένων ράγες πλαισίου, βάσεις κινητήρα, στηρίγματα του ψυγείου.

Όπως δείχνεται στην ***Εικόνα 14α***,η διαδικασία υδροδιαμόρφωσης ήταν βασική επιτρέποντας την τεχνολογία κατασκευής για το πλαίσιο αλουμινίου της Corvette Z06. Οι 4,8μ ράγες πλαισίου της Corvette είναι το μεγαλύτερο υδρομορφοποιημένο μέρος αλουμινίου στον κόσμο. Το υδροδιαμορφωμένο τόξο οροφής και οι δοκοί IP επίσης, είναι πολύ πολύπλοκες σωληνοειδής δομές ενοποιημένες με πολλά πρεσαριστά εξαρτήματα για σημαντική εξοικονόμηση μάζας και βελτιώσεις σε θέματα δυσκαμψίας.

Το Chevrolet SSR, ένα περιορισμένου όγκου sport φορτηγό, διαθέτει πλήρους μήκους υδροδιαμορφωμένες ράγες παρόμοια με το πλαίσιο της Corvette, αλλά αυτή τη φορά από χάλυβα ***(Εικόνα 14β)***. Ένα παραδοσιακά χυτευτό πλαίσιο με ισοδύναμη αντοχή και ακαμψία θα ζυγίζει περίπου 20 τοις εκατό περισσότερο από την υδρομορφοποιημένη δομή. Αυτή η βελτιωμένη αντοχή επιτρέπει το πλαίσιο να αναλάβει τα δεδομένα του δρόμου και επιτρέπει την

ανάρτηση να κάνει τη δουλειά της με μεγαλύτερη ακρίβεια, με αποτέλεσμα την καλύτερη ποιότητα κύλισης.

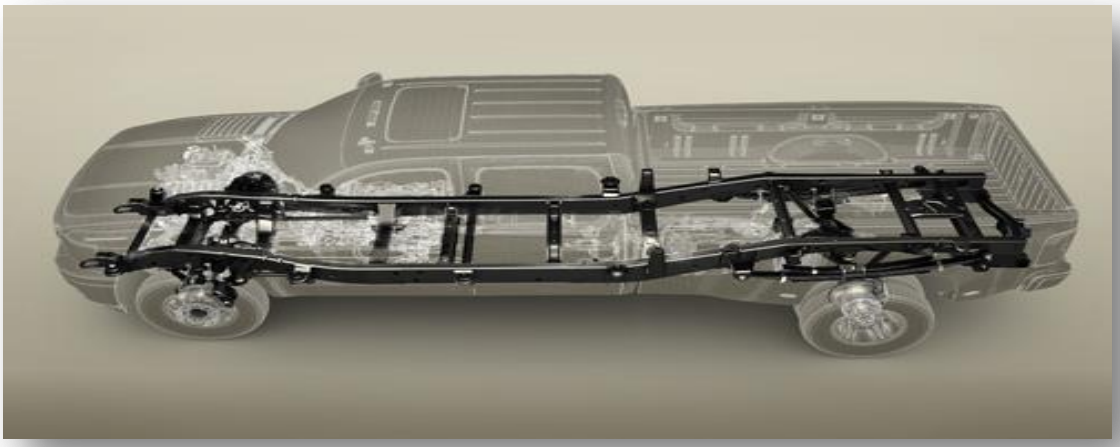
Εικόνα Α

Εικόνα Β

Εικόνα 14. (Α) Η υδροδιαμόρφωση
των ραγών πλαισίου από αλουμίνιο
για τη Chevrolet *Corvette Z06*.
(Β) Υδρομορφοποιημένο υψηλής αντοχής
Μεταλλικό σκελετό για τη Chevrolet
SSR.

Και προγράμματα φορτηγών της GM κάνουν πλέον εκτεταμένη χρήση του σωλήνα υδροδιαμόρφωσης για την παραγωγή πλαισίων φορτηγών από χάλυβα. Η τεχνολογία, η οποία είναι ιδιαίτερα αυτοματοποιημένη, έχει βελτιωμένη ποιότητα και αποτελεσματικότητα κατασκευής. Το GMT800 πλαίσιο βυτίου, που εισήχθη το 1999, ήταν η πρώτη μεγάλου όγκου εφαρμογή των υδρομορφοποιημένων μπροστινών ραγών και εγκάρσιων μελών. Το υδρομορφοποιημένο πλαίσιο διπλασίασε τη στρεπτική ακαμψία σε σύγκριση με ένα συμβατικό χυτευτό πλαίσιο βυτίου επιτυγχάνοντας παράλληλα μια 15 τοις εκατό εξοικονόμηση βάρους και καλύτερη ποιότητα κύλισης. Τα υδρομορφοποιημένα πλαίσια είναι περαιτέρω βελτιωμένα στης General Motors τα νεοεισαχθείς

GMT900 φορτηγά ***Εικόνα 15***, τα οποία έχουν ετήσια σειρά παράγωγης πάνω από 1,3 εκατομμύρια μονάδες.



Εικόνα 15. GMT 900

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο : ΕΛΑΦΡΑ ΠΟΛΥΜΕΡΕΣ ΣΥΝΘΕΤΑ ΥΛΙΚΑ

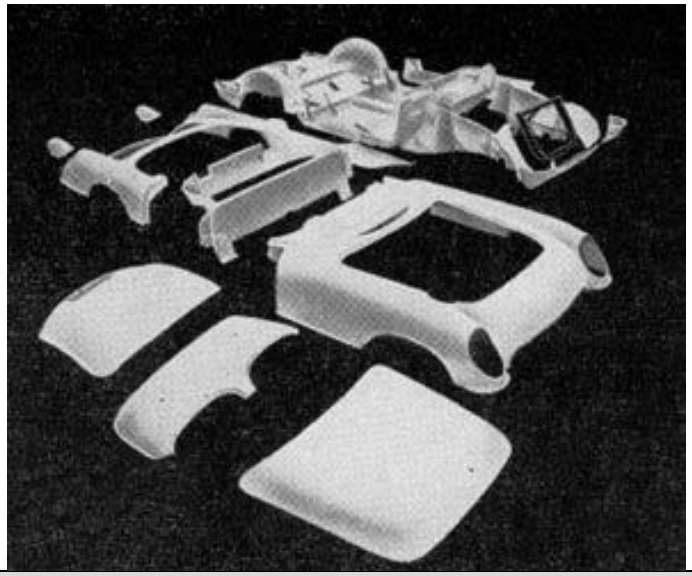
Παρά το γεγονός ότι οι αυτοκινητοβιομηχανίες έχουν φτιάξει υψηλής έντασης σύνθετα πρωτότυπα και χαμηλού όγκου εξειδικευμένα οχήματα για δεκαετίες, η ευρύτερη εφαρμογή των πολυμερών σύνθετων υλικών έχει θεωρηθεί ότι είναι πάρα πολύ ακριβή ή δεν είναι κατάλληλα για υψηλού όγκου κατασκευές. Από τις μυριάδες συνδυασμών πολυμερές τύπου (θερμοσκληραινόμενου ή θερμοπλαστικό) και διαδικασία διαμόρφωσης (χύτευση με έγχυση, χύτευση με συμπίεση, υγρή χύτευση, θερμικής, κ.λπ.), η μεγαλύτερη πρόοδος σημειώθηκε σε μορφοποιημένα με συμπίεση θερμοσκληραινόμενα.

Θερμοσκληραινόμενα χυτευμένα με συμπίεση ή πλαστικά ενισχυμένα με ίνες (FRP) εφαρμογές έχουν περισσότερα από 50-χρόνια ιστορίας στην αυτοκινητοβιομηχανία. Τα πρώτα πλαστικά χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή εσωτερικών τμημάτων του αυτοκινήτου (διακοσμητικών, χειρολαβών κ.λπ.) αντικαθιστώντας βέβαια αντίστοιχα μεταλλικά. Η λογική συνέχεια, ήταν -σε συνδυασμό και με την εξέλιξη των υλικών- τα πρώτα πλαστικά εξωτερικά εξαρτήματα, όπως πόρτες, προφυλακτήρες, φτερά κ.λπ., ενώ ο κατάλογος των εξαρτημάτων από «πλαστικό» αυξάνεται συνεχώς, ακόμα και σε τμήματα του αυτοκινήτου που παραδοσιακά κυριαρχούσε το μέταλλο.

Σήμερα, μιλώντας για «πλαστικά» περιλαμβάνουμε ένα πλήθος υλικών, από το νάιλον και τα απλά πολυμερή μέχρι τα λεγόμενα σύνθετα υλικά. Βέβαια στα μάτια του καταναλωτή όλα αυτά ελάχιστα διαφέρουν, (και ενδεχομένως ενδιαφέρουν) αλλά η αλήθεια είναι ότι οι διαφορές τους είναι αρκετά μεγάλες, ενώ οι προσπάθειες των εταιρειών παραγωγής έχουν επικεντρωθεί στην μείωση του κόστους σε συνδυασμό με τη βελτίωση των τεχνικών τους χαρακτηριστικών. Παράλληλα ακολουθώντας τις ανάγκες των καιρών οι εταιρείες έχουν εντάξει στο σχεδιασμό του προϊόντος τις προδιαγραφές ανακύκλωσης τους.

Η δυνατότητα ανακύκλωσης των πλαστικών αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά πλεονεκτήματά τους. Στο τέλος της διαδικασίας το υλικό βρίσκεται με τη μορφή τρίμματος, του οποίου η καθαρότητα μέχρι πριν από το 1995 έφτανε μόλις το 50%, ενώ σήμερα το ποσοστό αυτό προσεγγίζει το 100%.

Οι περισσότεροι ιστορικοί της αυτοκινητοβιομηχανίας πιστώνουν το Corvette του 1953 ως ένα ορόσημο, επειδή ήταν η πρώτη ευρεία εφαρμογή της FRP σε μια παραγωγή αυτοκινήτων. Όταν εισήχθη στο κοινό στην παρουσίαση της Motorama στο New York Waldorf Hotel, το εκθεσιακό αυτοκίνητο της Corvette έφερε ένα σώμα σχεδόν εξ ολοκλήρου κατασκευασμένα από σύνθετα υλικά ***(Εικόνα 16)***. Η επιλογή της FRP για το εκθεσιακό μοντέλο βασίστηκε στην σκοπιμότητα: τα αρχικά σχέδια παραγωγής απαιτούσαν πάνελ χάλυβα διαμορφωμένα από διαδικασία επεξεργασίας kirksite (ειδικό κράμα ψευδαργύρου).



Εικόνα 16. Τα σύνθετα πάνελ της1953 Chevrolet *Corvette*.

Ωστόσο, η έννοια ενός FRP σπορ αυτοκίνητου κατέλαβε τη φαντασία του αμερικανικού κοινού και η ζήτηση για το αυτοκίνητο προκάλεσε τη Chevrolet να τρέξει τη FRP βιομηχανία (*βιομηχανία ινοπλισμένων πολυμερών*) για ικανές διαδικασίες χύτευσης. Αν και οι διαδικασίες ανοιχτών καλουπιών αναπτύχτηκαν στον κλάδο κατασκευής πλοίων όταν αξιολογηθήκαν, είχαν βρεθεί να είναι πολύ αργές. Παρ 'όλα αυτά, ξεκινώντας τον Ιούνιο του 1953, 300 κορβέτες παρήχθησαν με FRP τοιχώματα φτιαγμένα σε ανοιχτά καλούπια με την κατασκευή χειροποίητων φάιμπεργκλας που θα έχουν μέσα πολυεστερική ρητίνη .

Εν τω μεταξύ, μια ταχύτερη, πιο παραγωγική διαδικασία ήταν υπό ανάπτυξη για να καλυφθεί η αναμενόμενη ζήτηση. Η επιλεγείσα διαδικασία Molded Fiberglass (MFG) (***Εικόνα 17)*** ταίριαξε στη χύτευση μεταλλικής μήτρας, η οποία ήταν σε θέση να κάνει μέχρι και 100 μέρη ανά ημέρα σε ένα ενιαίο εργαλείο. Για απλά μορφοποιημένα εξαρτήματα, προπλάσματα έγιναν από φάιμπεργκλας για πιο περίπλοκα ή μέρη βαθείας κοίλανσης, προπλάσματα παρασκευάζονται με χειροκίνητο ψεκασμό ψιλοκομμένου υαλονήματος σε μια διαμορφωμένη οθόνη ***(Εικόνα 18).*** Η χύτευση επιτεύχθηκε με την τοποθέτηση του προπλάσματος fiberglass στο εργαλείο, χειροκίνητα εξαπλώνεται μια μετρημένη ποσότητα ρητίνης πολυεστέρα πάνω στην εκτέλεση, στη συνέχεια, έχουμε το κλείσιμο του καλουπιού. Μετά από μια τριών λεπτών θεραπεία, το χυτό μέρος θα μπορούσε να τραβηχτεί από το εργαλείο και deflashed με ένα χειροκίνητο ηλεκτρικό τριβείο.

Εικόνα 17. Molded Fiberglass (MFG)

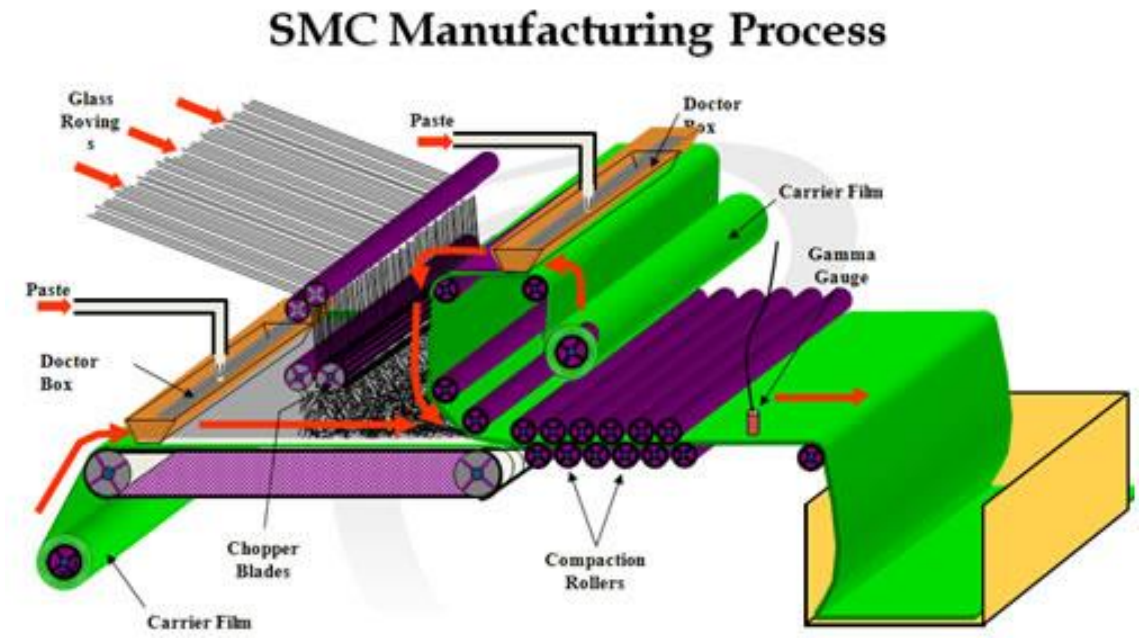
Εικόνα 18. Εκτέλεση ψεκαστήρα χειρός
από υαλοβάμβακα

Κατά την επόμενη δεκαετία, η θεμελιώδης διαδικασία παρέμεινε αμετάβλητη, αν και η εντυπωσιακή παραγωγικότητα και βελτίωση της ποιότητας πραγματοποιήθηκαν. Ο Robert Morrison, ο διευθύνων σύμβουλος της MFG, υπολόγισε ότι μεταξύ 1953 και 1963 το κόστος επεξεργασίας για το σώμα της Corvette μειώθηκε κατά 50 %. Ένα μεγάλο μέρος αυτών των κερδών παραγωγικότητας ήρθε ως αποτέλεσμα της βελτίωσης της αποτελεσματικότητας στην κατασκευή προπλάσματος, η οποία επέτρεψε στη διαδικασία να γίνει μικρότερης εντάσεως εργασία. Ισχυρότερες υδραυλικές πρέσες με τη βελτίωση των ελέγχων αναφέρθηκαν επίσης ως παράγοντες που συμβάλλουν.

5.1 SMC

Παρά τις αυξήσεις της παραγωγικότητας, η ποιότητα της επιφάνειας του προπλάσματος που βασίζεται σε χυτά μέρη ήταν αντιφατική και συχνά απαιτούσε σημαντικό φινίρισμα με το χέρι πριν από το βάψιμο. Ασυνέπειες στον χειροκίνητο ψεκασμό των προπλασμάτων έχουν κατηγορηθεί για πολλές από τις ρωγμές της επιφάνειας. Η βιομηχανία σύνθετων υλικών πήρε δύο διαφορετικές προσεγγίσεις για αυτά τα προβλήματα στην ποιότητα της επιφάνεια . Μία προσέγγιση ήταν να αναπτύξει ένα χαμηλής συρρίκνωσης σύστημα ρητίνης που θα ήταν λιγότερο επιρρεπείς σε κύματα επιφάνειας και ρωγμές. Η δεύτερη προσέγγιση ήταν να αναπτύξουν ένα προ-εμποτισμένο ρέον σύστημα mat

για να αντικαταστήσει την προφόρμα διαδικασία. Αυτό το προεμποτισμένο υλικό mat τελικά εξελίχθηκε σε αυτό που σήμερα ονομάζεται φύλλο ένωση χύτευσης (SMC) ***(Εικόνα 19)***. Ήδη από το 1968, οι δύο αυτές προσεγγίσεις συγχωνεύτηκαν σε ένα χαμηλής συρρίκνωσης SMC που βοήθησε στην παραγωγή καμπίνων φορτηγών από το Διεθνής Harvester.

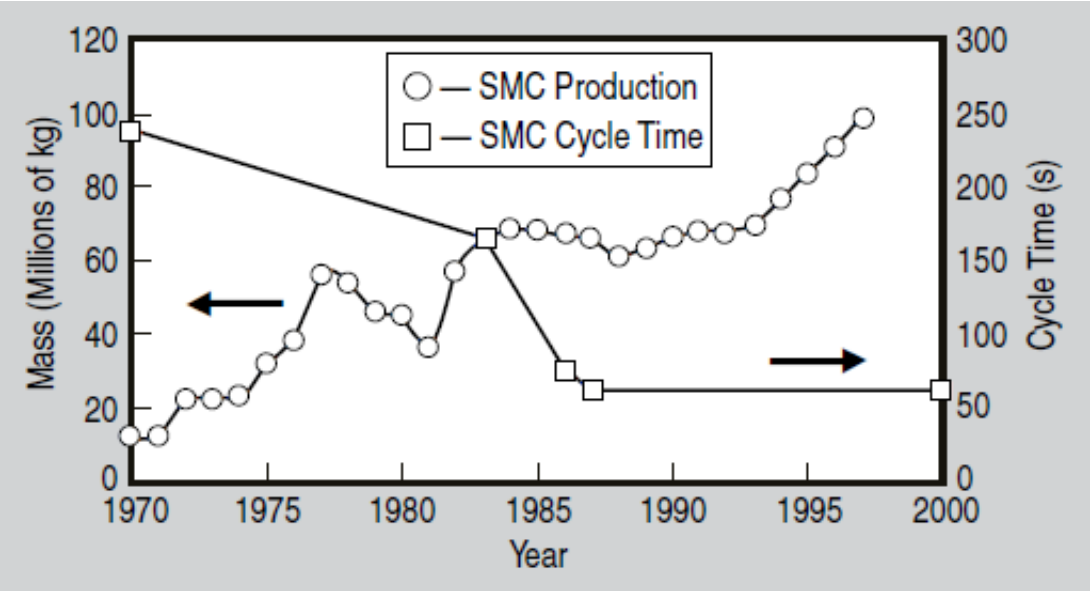


Εικόνα 19. Sheet Molding Compound (SMC).

Αμφότερα προσεγγίσεις χρησιμοποιήθηκαν από το πρόγραμμα της Corvette στις αρχές του 1970. Το 1971, ένα χαμηλό προφίλ πρόσθετης ύλης μειωμένης συρρίκνωσης συμπεριλήφθηκε στον πολυεστέρα ρητίνης που χρησιμοποιείται στη διαδικασία προφόρμας για όλες τις επιφάνειες των εξωτερικών πάνελ, ενώ η SMC τέθηκε σε εφαρμογή σε μερικά τμήματα με σχήματα που είναι δύσκολο να έχουν προφόρμα. Μέσα στα επόμενα χρόνια, το πάνελ της Corvette ήταν όλο και πιο ενεργοποιημένο από τη διαδικασία της προφόρμας στο SMC. Αυτή η αλλαγή οφείλεται σε συνεχείς βελτιώσεις στο υλικό και τη διαδικασία. Με τη βελτιωμένη συνοχή του SMC, η ποιότητα της επιφάνειας βελτιώνεται και η εργασία που απαιτείται για το χειροποίητο φινίρισμα μειώθηκε.

Στη δεκαετία του 1970, όταν εξωτερικοί παράγοντες, όπως οι πετρελαϊκές κρίσεις και οι προδιαγραφές της οικονομίας καυσίμου

απαιτούμενες από τις αυτοκινητοβιομηχανίες να μειωθεί σημαντικά η μάζα του οχήματος, η παραγωγική πρόοδος που επιτυγχάνεται με SMC οδήγησε πολλούς κατασκευαστές να στραφούν σε σύνθετα υλικά. Στο Αυτοκίνητο η χρήση του SMC διπλασιάστηκε, από 20 εκατ. κιλά ετησίως το 1970 σε περίπου 45 εκατ. κιλά ετησίως με το τέλος της δεκαετίας ***(Εικόνα 20)***.

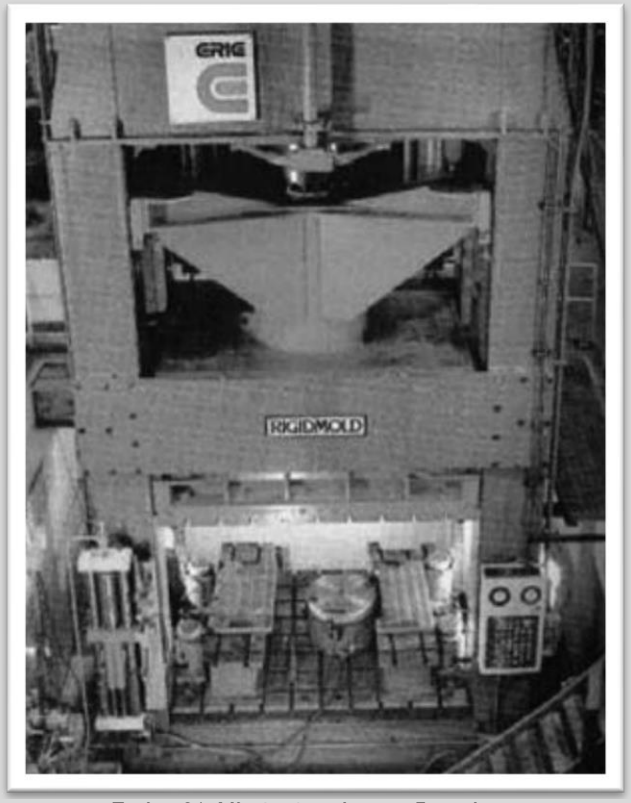


Εικόνα 20. Ο χρόνος του κύκλου
και η παραγωγή της αυτοκινητοβιομηχανίας
φύλλων ένωση χύτευσης (SMC).

Αυτή η δραματική αύξηση της χρήσης SMCs θα ήταν ακόμη μεγαλύτερη είχαν δεν μαστιζόταν από επιφανειακά ελαττώματα, όπως λάκκους και πόρους, το οποίο απαιτεί φινίρισμα με το χέρι πριν από την τελευταία επικάλυψη. Σε απάντηση σε αυτό το θέμα, εντός του καλουπιού αναπτύχθηκε τεχνολογία επίστρωσης στα τέλη της δεκαετίας 1970.Αυτή η τεχνολογία που εφαρμόζεται εγχύνει μια επίστρωση πάνω από την επιφάνεια του SMC, ενώ ακόμα βρίσκεται μέσα στο καλούπι. Η προκύπτουσα βελτίωση στην ποιότητα της επιφάνειας ήταν δραματική, αλλά είχε υψηλό τίμημα επειδή πήρε παράταση μεγάλου χρονικού διαστήματος.

Στα τέλη της δεκαετίας του 1970 είδε επίσης καινοτομίες σε υδραυλικές πρέσες, όταν τα δευτεροβάθμιας υδραυλικά συστήματα αναπτύχθηκαν για τη βελτίωση της πλάκας παραλληλισμού ***(Εικόνα 21).*** Άλλες βελτιώσεις περιλάμβαναν καινοτόμα σχέδια μικρής-διαδρομής, που επέτρεπαν σε ένα δευτερεύον υδραυλικό σύστημα να πέσει και να κλειδώσει την άνω πλάκα, ακριβώς πάνω από το εργαλείο, και μια πολύ

μικρότερη, υψηλής πίεσης διαδρομή που θα μπορούσε να κινηθεί από την κάτω πλάκα. Για ταχύτερους χρόνους κλεισίματος, η κατώτερη θέση της κλειδωμένης άνω πλάκας οδήγησε στην αποτελεσματική ακαμψία της πρέσας, επιτρέποντας έτσι σε λεπτότερα μέρη να διαμορφωθούν με βελτιωμένα όρια ανοχής.

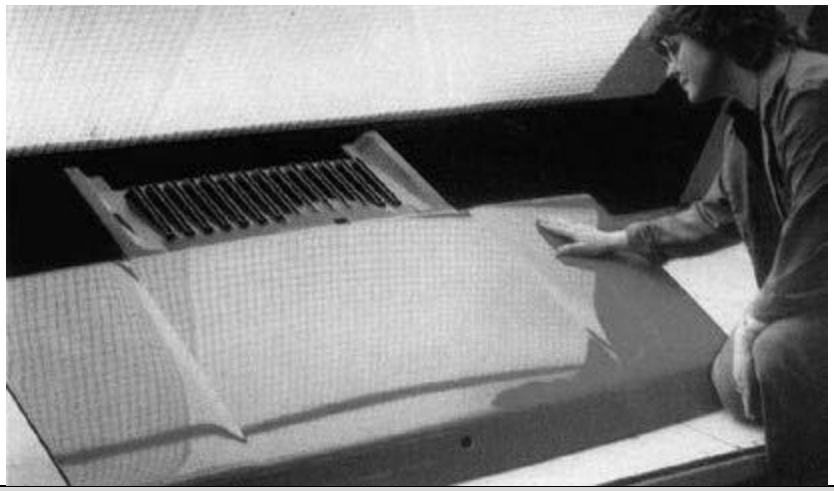


Εικόνα 21. Μία SMC πρέσα εφοδιασμένη με
Δευτερεύον υδραυλικό σύστημα ισοστάθμισης

Παρ 'όλες τις βελτιώσεις που έγιναν στη επεξεργασία σύνθετων υλικών από την πρώτη Corvette, οι μεγάλοι χρόνοι του κύκλου είναι ακόμη περιορισμένοι στις SMC εφαρμογές για τη μείωση του όγκου στα οχήματα που κατευθύνονται στην δεκαετία του 1980. Τα πέντε λεπτά του χρόνου του κύκλου που απαιτούνταν στον προσχηματισμό χύτευσης του MFG το 1953, έχουν μόνο μειωθεί σε τρία λεπτά για μία τυπική SMC χύτευση από το 1983 . Μεταξύ του 1983 και του 1988, ωστόσο, μια σειρά βελτιώσεων της διαδικασίας αναπτύχθηκε για να μειωθεί ο χρόνος του κύκλου ***(Εικόνα 20)*** .

Το κενό με τη βοήθεια μορφοποίησης ήταν ένα βασικό στοιχείο της τεχνολογία που αναπτύχθηκε για μικρότερους κύκλους. Η αφαίρεση του

αέρα πριν από το κλείσιμο της πρέσας επιτρέπει τη χρήση λεπτότερων σχεδίων επιβάρυνσης, χωρίς το φόβο της παγίδευσης αέρα και τη δημιουργία φυσαλίδων. Οι χαμηλότερες επιβαρύνσεις επιτρέπονται για το ταχύτερο κλείσιμο του καλουπιού, το οποίο με τη σειρά του επιτρέπει ταχύτερα χημικά που διαφορετικά θα έχουν οδηγήσει σε προ-γέλη. Ίσως ακόμα πιο σημαντικά, το κενό με τη βοήθεια μορφοποίησης οδήγησε σε βελτίωση της ποιότητας των επιφανειών και επέτρεψε την εξάλειψη της επικάλυψης εντός του καλουπιού***(Εικόνα 22).*** Αυτό από μόνο του αντιπροσώπευε μια βελτίωση 30 τοις εκατό του χρόνου του κύκλου.



Εικόνα 22. Ένα πορτμπαγκάζ από μια Pontiac *Fiero χυτευμένο με υποβοήθηση κενού*

Στα μέσα της δεκαετίας του 1980, τη βελτίωση των ελέγχων των μικροεπεξεργαστών έδωσαν οι SMC πρέσες με τον πρωτοφανή έλεγχο του παραλληλισμού πλάκας και το κλείσιμο των στροφών. Οι πρέσες δημιουργούν αυστηρότερα όρια ανοχής όσο αφορά το πάχος και κατά συνέπεια δίνουν τη δυνατότητα στα λεπτότερα τμήματα τοιχώματος να είναι φορμαρισμένα. Εξάλλου, με το κόστος και τη μαζική μείωση, λεπτότερα μέρη επίσης επιτρέπουν μικρότερους χρόνους κύκλου. Μέχρι το 1988, οι βελτιώσεις στις πρέσες σε συνδυασμό με το κενό με ενισχυμένο πλαστικό έδωσε τη δυνατότητα στην SMC παραγωγή να ανταποκριθεί επιτέλους στο άπιαστο 60 δεύτερα τον κύκλο, που μεταφράζεται καλύτερα και από 250.000 μέρη ετησίως, από ένα και μόνο εργαλείο.

Αυτοματισμός και Ρομποτική εισήλθε στην διαδικασία SMC χύτευσης στα μέσα της δεκαετίας του 1980. Η κατηγορία Αυτοματοποιημένη κοπή , η κατηγορία ρομποτικής τοποθέτησης, η ρομποτική ξεκαλουπώματος, και η αυτόματη δρομολόγηση / deflashing σταθμοί σταδιακά εισάγονται σε SMC μονάδες . Όσον αφορά την ετήσια SMC παραγωγή

ανά εργαζόμενο, στο 1985 ο μέσος όρος ήταν 12,5 τόνους κατά το 1990, αυτό αυξήθηκε σε 18 τόνους ανά εργαζόμενο.

Οι εφαρμογές της SMC στη Αυτοκινητοβιομηχανία συνέχισαν να αυξάνονται στις αρχές του 1990. Μια σημαντική κινητήρια δύναμη ήταν η χαμηλότερων επίπεδων επενδύσεων που απαιτούνταν για εξοπλισμό στο SMC σε σχέση με τη λαμαρίνα. Ενώ η εξοικονόμηση μάζας που παρέχουν οι SMC's ήταν ευπρόσδεκτη, αυτό δεν ήταν ο αποφασιστικός παράγοντας. Στα μέσα της δεκαετίας του 1990, χαμηλής πυκνότητας σκευάσματα της SMC (1,3 g / cc έναντι 1,9 g / cc) είχαν αναπτύχθηθει αντικαθιστώντας ορυκτά πλήρωσης με μικροσφαιρίδια γυαλιού. Αυτά τα υλικά αντικαθίστανται με συμβατικά SMC's σε πολλά δομικά μέρη, αλλά δεν είχαν επιτυχία εφαρμογής στην αισθητική επιφάνεια λόγω των επιφανειακών ελαττωμάτων που προκαλούνται από μικροσφαιρίδια στην επιφάνεια.

Στα τέλη της δεκαετίας του 1990, περιβαλλοντικές ανησυχίες οδήγησαν μια μετάβαση από solventapplied primers σε powder applied primers σε πολλά βαφεία αυτοκινήτων. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες ψησίματος του χρώματος που απαιτούσαν τα νέα αστάρια προκάλεσε μη αποδεκτό επίπεδο των επιφανειακών ελαττωμάτων στους διαθέσιμους αισθητικούς βαθμούς της SMC. Συνεχίζονται οι προσπάθειες για την ανάπτυξη ενός νέου SMC σκευάσματος ικανό να αντέχει σε υψηλότερη θερμοκρασία ψησίματος.

5.2 Άλλες χρήσεις πλαστικών

Ένα από τα παραδοσιακά τμήματα από «πλαστικό» ενός αυτοκινήτου είναι και το ταμπλό. Εδώ η επικράτηση των θερμοπλαστικών, όπως είναι η ονομασία των υλικών που χρησιμοποιούνται, είναι απόλυτη, ενώ η προσπάθεια των εταιρειών στρέφεται πλέον στη δημιουργία υλικών που είναι μαλακά στην αφή και δεν επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από τις αλλαγές της θερμοκρασίας, προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι τριγμοί που παρουσίαζαν τα παλαιότερα υλικά.

Το πολυπροπυλένιο είναι το πλέον κοινό θερμοπλαστικό υλικό, αφού είναι το πιο πρόσφορο στην δημιουργία επιφανειών με πολύπλοκη γεωμετρία. Από τους 860 εκατομμύρια τόνους θερμοπλαστικών που χρησιμοποιήθηκαν το 1995 οι 270 ήταν πολυπροπυλένιο, ενώ οι υπόλοιποι πολυαιθυλένιο. πολυεστέρες, PVC, νάιλον, κ.α.

Σχήμα: Το ρεζερβουάρ της Z3 έχει χωρητικότητα 51 λίτρα, ζυγίζει μόλις 7 κιλά και είναι κατασκευασμένο από HDPE (πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας) της BASF με την εμπορική ονομασία Lupolen. Εκτός του ότι έχει την ίδια αντοχή με ένα αντίστοιχο μεταλλικό, είναι λιγότερο διαπερατό από τις αναθυμιάσεις του καυσίμου, καλύπτοντας έτσι τις αυστηρότερες αμερικάνικες προδιαγραφές για τις εκπεμπόμενες αναθυμιάσεις.

Ένας άλλος τομέας στον οποίο τα τελευταία χρόνια τα πλαστικά έχουν αντικαταστήσει τα μέταλλα είναι τα ρεζερβουάρ καυσίμου. Σήμερα, αν όχι όλα, το μεγαλύτερο ποσοστό των ευρωπαϊκών αυτοκινήτων και των αμερικανικών διαθέτουν ρεζερβουάρ κατασκευασμένα από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (High Density Polyethylene - HDPE), Ο βασικός λόγος για την αλλαγή αυτή είναι το χαμηλότερο βάρος, η δυνατότητα σχεδιασμού πολύπλοκων επιφανειών σε μαζική παραγωγή, η αντοχή στη διάβρωση και οι μειωμένες αναθυμιάσεις καυσίμου. Τα ρεζερβουάρ από HDPE καλύπτουν τις πρόσφατες αυστηρές αμερικανικές προδιαγραφές για τις εκπομπές αναθυμιάσεων καυσίμου, χωρίς η συμπεριφορά τους αυτή να μεταβάλλεται με την πάροδο του χρόνου, λόγω ενδεχόμενης γήρανσης.

Σύμφωνα με τους ειδικούς η χρήση των πλαστικών θα επεκταθεί ριζικά τα επόμενα χρόνια, ιδιαίτερα μάλιστα σε εφαρμογές μέσα στο χώρο του κινητήρα, καθώς τα νέα υλικά επηρεάζονται σημαντικά λιγότερο από τις υψηλές θερμοκρασίες. Για παράδειγμα σε ένα μέσο αυτοκίνητο το 1997 χρησιμοποιούνταν στο χώρο του κινητήρα 5,03 κιλά νάιλον, ενώ το 2013 εκτιμάται ότι θα φτάσει τα 6,85 κιλά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^{ο} : ΑΝΘΡΑΚΟΝΗΜΑΤΑ

6.1 Γενικές Αρχές

Οι κυριότεροι τύποι ινών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή συνθέτων υλικών (κατά κύριο λόγο ινοπλισμένων πολυμερών) είναι οι ίνες γυαλιού, οι ίνες άνθρακα και οι ίνες αραμιδίου. Στην συγκεκριμένη διατριβή, για την ενίσχυση των δοκιμίων από οπτοπλινθοδομή έγινε χρήση ινών άνθρακα. Οι ίνες άνθρακα παρασκευάζονται είτε από θερμική κατεργασία του πολυακρυλονιτριλίου (PAN), είτε μέσω απόσταξης άνθρακα «pitch». Οι πρώτες χαρακτηρίζονται γενικά από μεγαλύτερες αντοχές και μέτρα ελαστικότητας σε σύγκριση με τις δεύτερες. Οι ίνες άνθρακα σε γενικές γραμμές μπορούν να μορφοποιηθούν και να υφανθούν όπως και οι βαμβακερές ίνες, με αποτέλεσμα να υπάρχουν ανθρακοϋφάσματα και πλέγματα με διάφορες διατάξεις ινών. Ακόμα, οι ίνες άνθρακα είναι δυνατό να προεμποτιστούν με κάποια ρητίνη και στην συνέχεια να διατίθενται με μορφή ράβδων ή ελασμάτων έτοιμων προς χρήση. Το σημαντικότερο πλεονεκτημάτων συνθετικών υλικών απέναντι στα μέταλλα, είναι ίσως η δυνατότητα των κατασκευαστών τους να τους δίνουν συγκεκριμένες ιδιότητες, ανάλογα

με την τοποθέτηση και τον προσανατολισμό των ινών ενίσχυσης. Έτσι είναι δυνατή η κατασκευή υλικών που να παρουσιάζουν αυξημένη μηχανική αντοχή προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση. Αυτό εξηγεί και την επιτυχία της χρησιμοποίησής τους στα αεροσκάφη και τ αυτοκίνητα σε πολλά τμήματα των οποίων, αναπτύσσονται μηχανικές τάσεις προσανατολισμένες προς μια κατεύθυνση Αυτό φυσικά δεν σημαίνει πως δεν είναι δυνατή η κατασκευή συνθετικών υλικών, με «πολυκατευθυντικές» ιδιότητες, κάτι που επιτυγχάνεται με τη διασταυρωμένη τοποθέτηση των ινών ενίσχυσης, προς διάφορες κατευθύνσεις.

Τα συστήματα εφαρμογής είναι «συστήματα υγρής εφαρμογής» (ή «επί τόπου σκλήρυνσης της μήτρας»), τα προκατασκευασμένα (η σκλήρυνση της μήτρας έχει προηγηθεί της εφαρμογής), και τα συστήματα των πλεγμάτων που εφαρμόζονται με τη χρήση ρητινούχου τσιμεντοειδούς κονιάματος .

6.2 Προκατασκευασμένα Υλικά

Προκατασκευασμένα ευθύγραμμα δύσκαμπτα ελάσματα (strips), τα οποία επικολλούνται με τη χρήση ρητίνης. Η μέθοδος μοιάζει με αυτή της επικόλλησης μεταλλικών ελασμάτων. Σε πολλές περιπτώσεις και λόγω της μικρής επιφάνειας που καταλαμβάνουν σε σχέση με τα υφάσματα ή τα φύλλα προτιμούνται λόγω της οικονομίας, που

επιτυγχάνεται και στη χρήση του υλικού αλλά και στην απαιτούμενη προεργασία των επιφανειών.

6.3 Ζάντες

Οι πρώτοι τροχοί αμιγώς κατασκευασμένοι από ανθρακονήματα είναι πλέον γεγονός και αποτελούν την τελευταία λέξη της τεχνολογίας στην αυτοκινητοβιομηχανία μετά από σχεδόν μία δεκαετία έρευνας και εξέλιξης. Ο επικεφαλής της εταιρείας κατασκευής των ανθρακονημάτινων τροχών (Carbon Revolution) εν ονόματι Jake Dingle δηλώνει ότι οι εν λόγω τροχοί είναι 40 με 50% ελαφρύτεροι σε σχέση με τους συμβατικούς τροχούς αλουμινίου ενώ είναι επίσης πιο άκαμπτοι τηρώντας όλες τις απαραίτητες προδιαγραφές και διεθνείς πιστοποιήσεις. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη οδική συμπεριφορά του οχήματος αφού συμβάλει στη μείωση της μή αναρτώμενης μάζας ενώ ως φυσικό επακόλουθο, όφελος υπάρχει και στην κατανάλωση καυσίμου (με αντίστοιχη μείωση 2-4% κατά την εταιρεία) αλλά και στις εκπομπές ρύπων. Η πολυπλοκότητα και η ευελιξία της "πλέξης" των ανθρακονημάτων μπορούν να δημιουργήσουν σχέδια τροχών ώστε να χαρίζουν επίσης το πλεονέκτημα της βελτιωμένης αεροδυναμικής απόδοσης αφού αυτή αυξάνει την αποτελεσματικότητά της έως και 5%!

Οι πρώτοι τροχοί από ανθρακονήματα θα κάνουν την πρώτη τους εμφάνιση εφοδιάζοντας την Porsche 911 ενώ θα διατίθονται αρχικά στην πληθωρική διάσταση των 19 ιντσών. Αργότερα θα υπάρχουν διαθέσιμες σε ευρύτερο φάσμα μεγεθών ενώ θα είναι συμβατές με συστήματα παρακολούθησης της πίεσης των ελαστικών.

6.3.1 Αφιέρωμα: Ζάντες ελαφρού κράματος(Μαγνησίου και Αλουμινίου)

Η επιλογή της κατάλληλης ζάντας δεν αφορά μόνο στο αισθητικό κομμάτι του αυτοκινήτου μας, αφού διαδραματίζει σημαντικό ρόλο και στην οδική συμπεριφορά του. Σύνηθες είναι το φαινόμενο να αντικαθιστούμε τις εργοστασιακές σιδερένιες ζάντες, με άλλες ελαφρού κράματος που βελτιώνουν τη γενικότερη αισθητική του αυτοκινήτου μας. Εκτός όμως της συνολικής εικόνας που αλλάζει, οι ζάντες μπορούν να παίξουν σημαντικό ρόλο και στην οδική συμπεριφορά. Η ζάντα που θα τοποθετήσουμε τελικά στο αυτοκίνητο μας, θα πρέπει να φέρει παρεμφερή χαρακτηριστικά με εκείνα που αναφέρει ο κατασκευαστής. Και αυτό γιατί έχει την ικανότητα να ορίζει μικρότερο βάρος στην άκρη του κάθε άξονα, με αποτέλεσμα να ωφελεί τη λειτουργία της ανάρτησης που θα μπορεί να δουλεύει με μικρότερα φορτία. Στη συνέχεια, το σύστημα διεύθυνσης θα προσφέρει καλύτερη πληροφόρηση άρα και ακριβέστερο έλεγχο του οχήματος στην οδήγηση. Άλλη μία ιδιαιτερότητα της ζάντας ελαφρού κράματος είναι η καλύτερη απαγωγή της θερμότητας από το σύστημα πέδησης.

6.3.2 Ποια είδη ζαντών υπάρχουν

Οι ζάντες ελαφρού κράματος χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: τις αλουμινίου και τις μαγνησίου. Οι πρώτες, που είναι και η πιο συνηθισμένη επιλογή, κατασκευάζονται από αλουμίνιο, τιτάνιο, βόριο και μεταλλικό νάτριο. Από την άλλη πλευρά, το μαγνήσιο, ανάλογα με τη σκληρότητά του, δηλώνει την αντοχή της ζάντας. Όσο λοιπόν μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα σε μαγνήσιο τόσο πιο ανθεκτική, πιο ελαφριά και πιο ακριβή είναι η ζάντα. Στο εμπόριο, θα βρείτε και διαιρούμενες ζάντες, που αποτελούνται από δύο ξεχωριστά τμήματα: τον κορμό και τις ακτίνες.

6.3.3 Πώς «διαβάζουμε» τις διαστάσεις

Μία ζάντα που έχει διάσταση 18X8J σημαίνει ότι έχει διάμετρο 18 ίντσες και το πλάτος της στεφάνης της είναι 8 ίντσες. Το καρέ υποδηλώνει τον αριθμό των μπουλονιών της αλλά και το νοητό κύκλο που σχηματίζουν μεταξύ τους. Έτσι μία ζάντα που αναγράφει 5-114,3 σημαίνει ότι διαθέτει πέντε μπουλόνια που σχηματίζουν κύκλο με διάμετρο 114,3 χλστ. Τέλος, το offset ορίζει την απόσταση που σχηματίζεται μεταξύ του άξονα συμμετρίας της ζάντας και του επιπέδου στήριξής της, με την πλήμνη στην οποία εδράζεται (φρένα και ανάρτηση).

6.3.4 Πόσο κοστίζουν

Η τιμή για μία ζάντα αλουμινίου, για παράδειγμα 15 ιντσών, ξεκινά από 100-120 ευρώ περίπου, ενώ μία ζάντα μαγνησίου ίδιας διάστασης μπορεί να κοστίζει από 600 ευρώ ή και παραπάνω.

6.4 Πλαίσια Με Ανθρακονήματα

Ακολουθώντας την παραδοσιακή τακτική ονοματολογίας της Lamborghini η Veneno, παίρνει το όνομα της από έναν ταύρο που έμεινε στην ιστορία ως ένας από τους μαχητικότερους και ταχύτερους του είδους ο οποίος έχει στο βιογραφικό του, μεταξύ άλλων και το θανάσιμο τραυματισμό του ταυρομάχου Jose Sanchez Rodriguez. Όλα αυτά εν έτη 1914.

Οι συστάσεις της φίρμας από την Sant' Agata κάνουν λόγο για ένα αριστούργημα, αποτελούμενο κυρίως από **ανθρακονήματα** που υπόσχεται την μέγιστη κάθετη δύναμη και την ελάχιστη αντίσταση στον αέρα, καθώς και η παραμικρή της εμφάνισής του έχει σχεδιαστεί με αυτό το κριτήριο.

Μια ματιά στις επιφάνειες της Veneno με τις κάθε είδους αυλακώσεις οι οποίες αναλαμβάνουν να διοχετεύουν τον αέρα πάνω και "μακριά" από το αυτοκίνητο, αρκεί για να επαληθεύσει κανείς, οπτικά τουλάχιστον, την υπόσχεση περί αεροδυναμικής υπεροχής.

Το αεροδυναμικό «πακέτο» των αλλεπάλληλων αυλακώσεων στο αμάξωμα που λειτουργούν ως κανάλια ροής αέρα, συμπληρώνουν ο ευμεγέθης αεροδυναμικός διαχύτης και η θηριώδης αεροτομή.

Σε ό,τι αφορά τα υπόλοιπα αισθητικά και μη χαρακτηριστικά της, ξεχωρίζουν -κυρίως, λόγω μεγέθους- οι εισαγωγές αέρα, οι ανοιγόμενες προς τα πάνω πόρτες, τα φωτιστικά σώματα σε μοτίβο Y και το κάλυμμα του κινητήρα με τις οπές για την ψύξη του και το "πτερύγιο" στην κορυφή το οποίο, συμβάλει -και αυτό- στην αύξηση της κάθετης δύναμης προσφέροντας παράλληλα πλεονεκτήματα ως προς την σταθερότητα του αυτοκινήτου.

Κάτω από τα εξωτερικά και εξολοκλήρου ανθρακονημάτινα panels της ιταλικής πρότασης, βρίσκεται το, γνωστό από την Aventador και, επίσης ανθρακονημάτινο, μονοκόμματο πλαίσιο. Στην εικόνα που ακολουθεί μπορούμε να το διαπιστώσουμε.

Την ίδια πηγή προέλευσης έχουν τα υποπλαίσια από αλουμίνιο, αλλά και ο κινητήρας. Ο λόγος για τον γνωστό δωδεκακύλινδρο κινητήρα της Aventador με χωρητικότητα 6,5 λίτρων και απόδοση 750 ίππους σε συνδυασμό με το αυτόματο κιβώτιο ISR επτά σχέσεων το οποίο μεταδίδει την κίνηση μόνιμα και στους τέσσερις τροχούς.

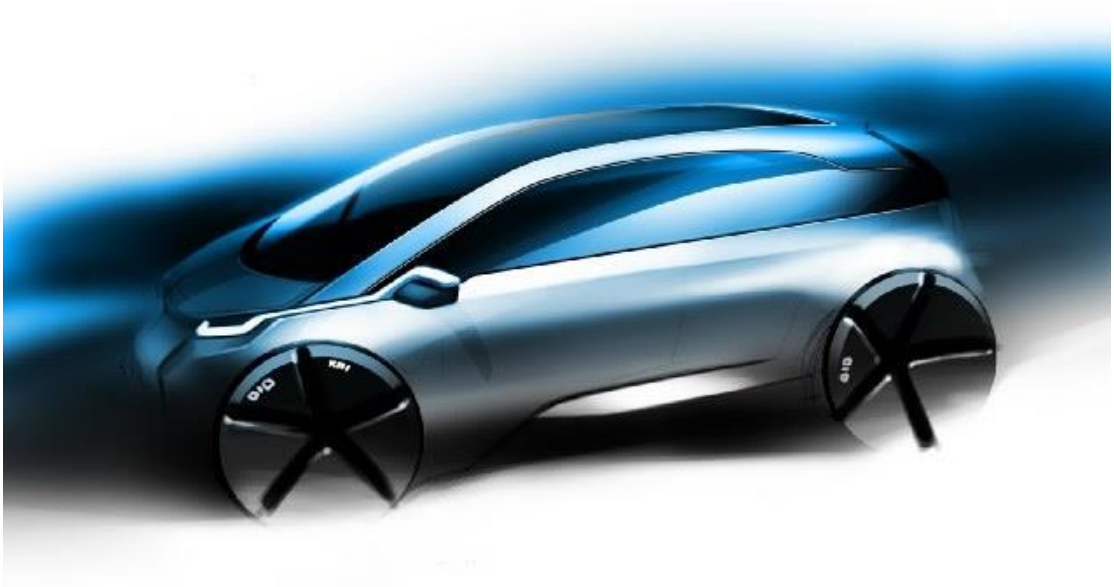
Ως αποτέλεσμα ωστόσο της ευρύτερης χρήσης ανθρακονημάτων, η Veneno είναι κατά 125 κιλά ελαφρύτερη από την Aventador, περιορίζοντας το βάρος της σε 1.450 κιλά, στοιχείο που σε συνδυασμό με τα υπόλοιπα εξεζητημένα χαρακτηριστικά της αλλά και όπως επιβάλλει η τιμή της, την καθιστά και ταχύτερη.

Έτσι, η Veneno επιταχύνει από 0-100 χλμ./ώρα σε 2,8 δευτερόλεπτα ενώ η μέγιστη ταχύτητά της ανέρχεται σε 355 χλμ./ώρα.

Σε ό,τι αφορά τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά της, αξίζει να σημειωθεί ότι ο εκπρόσωπος του σπάνιου είδους της ο οποίος φιλοξενείται στο περίπτερο της φίρμας στη Γενεύη είναι ουσιαστικά ένα πρωτότυπο και φέρει τον αριθμό 0.

Αν και πρωτότυπο, το παραπάνω πρωτότυπο θα είναι και το μόνο που θα εμφανίζεται και με τα τρία χρώματα της ιταλικής σημαίας ως αισθητική λεπτομέρεια στο αμάξωμά του, καθώς κάθε ένα από τα τρία "αντίτυπά" της Veneno έχει προγραμματιστεί να φέρει μόνο ένα από αυτά.

Επίσης η καμπίνα των επιβατών της BMW Megacity Vehicle θα κατασκευαστεί από ανθρακονήματα.



Το Megacity Vehicle είναι ένα καινοτομικό αυτοκίνητο. Θα είναι το πρώτο στον κόσμο όχημα μαζικής παραγωγής με καμπίνα επιβατών κατασκευασμένη από ανθρακονήματα. Με την αρχιτεκτονική LifeDrive ανοίγουμε ένα νέο κεφάλαιο στη σχεδίαση ελαφρού βάρους. Πράγματι, αυτή η φιλοσοφία μας επιτρέπει ουσιαστικά να αντισταθμίσουμε τα πρόσθετα 250 - 350 κιλά που κατά κανόνα βαραίνουν τα ηλεκτρικά οχήματα», δήλωσε ο Klaus Draeger, Μέλος του Διοικητικού Συμβουλίου για την Ανάπτυξη. Στόχος: να αντισταθμιστεί το πρόσθετο βάρος ενός ηλεκτρικού οχήματος, συνήθως 250 - 350 κιλών. Για το σκοπό αυτό, το BMW Group εστιάζει στο πρωτοποριακό high-tech υλικό CFRP - πλαστικό ενισχυμένο με ανθρακονήματα. Η μονάδα Life αποτελείται πρωτίστως από μία εξαιρετικά ανθεκτική και πολύ ελαφριά καμπίνα επιβατών κατασκευασμένη από CFRP. Επιπλέον, μία νέα αρχιτεκτονική οχήματος ανοίγει το δρόμο για νέες μεθόδους παραγωγής που είναι απλούστερες, πιο ευέλικτες και χρησιμοποιούν λιγότερη ενέργεια.

6.5 Χρωματιστά Ανθρακονήματα

Στις αρχές του '90 ήταν που πρωτογνωρίσαμε τα ανθρακονήματα. Με τις «μαγικές» τους ιδιότητες, με μηδαμινό βάρος και απίστευτη αντοχή στις καταπονήσεις, δημιούργησαν μια αύρα «υπέρ-υλικού» γύρω από τις ίνες άνθρακα.

Ξαφνικά τίποτα δεν θεωρούνταν «in» αν δεν ήταν φτιαγμένο από το σκουρόχρωμο γυαλιστερό υλικό με τα χρυσαφένια καρό κάτω από την ματ, ή γυαλιστερή διαφανή επικάλυψη από ρητίνη.

Τελικά εξατμίσεων, φτερά, μανέτες, φέρινγκ, ρεζερβουάρ, καπάκια και καλύμματα, προστατευτικά αλυσίδας και ολόκληρα ψαλίδια και ζάντες, ακόμη και υποπλαίσια, όλα «έπρεπε» να είναι carbon, αλλιώς δεν μπορούσαν να προσελκύσουν την προσοχή μας στις εκθέσεις.

Κι όταν όλα έγιναν carbon, η ανθρώπινη φύση πήρε το πάνω χέρι και αρχίσαμε να το βαριόμαστε. Από τη μία η δυσκολία κατεργασίας κράτησε ψηλά τις τιμές, από την άλλη η πένθιμη και μονότονη εμφάνιση έφερε την αισθητική ανία. Το ανθρακόνημα ξέπεσε από την κορυφή των «ποθητών» υλικών. Σήμερα «in» είναι το τιτάνιο.

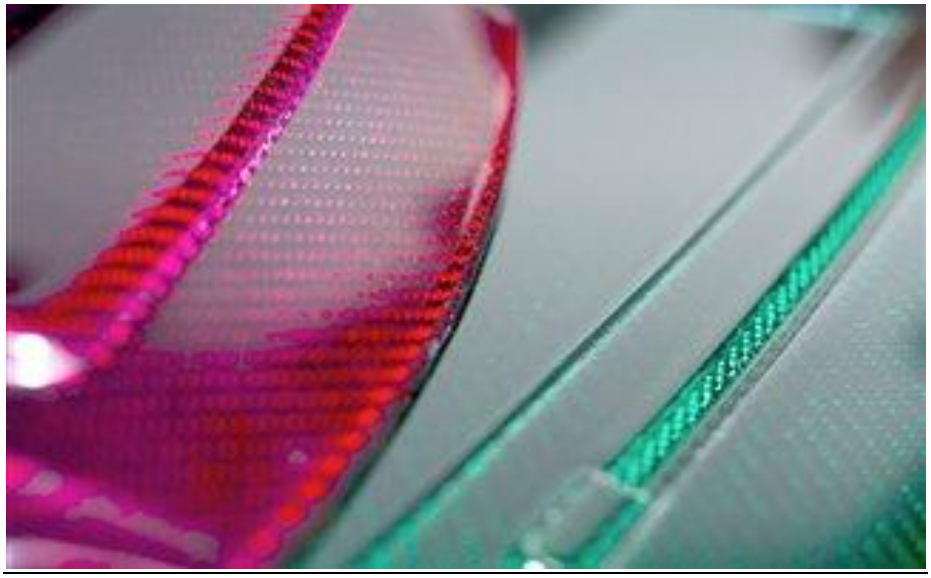
Τώρα όμως η βρετανική Prodrive (η ίδια εταιρεία που εξελίσσει και κατεβάζει ραλλύ αυτοκίνητα στο παγκόσμιο πρωτάθλημα) φαίνεται πως βρήκε τον τρόπο να αναζωογονήσει το ενδιαφέρον μας για το αεροδιαστημικό υλικό. Οι μηχανικοί της κατάφεραν να ανακαλύψουν μια διαδικασία μέσω της οποίας μπορούν να εγχύσουν χρώματα στο ανθρακονημάτινο πλέγμα, με εντυπωσιακό αποτέλεσμα.

Σύμφωνα με το σχετικό δελτίο Τύπου, ήδη ένας τουλάχιστον κατασκευαστής αυτοκινήτων πολυτελείας έχει εκδηλώσει την πρόθεσή του να χρησιμοποιήσει το έγχωμο ανθρακόνημα. Σύντομα, πιστεύουν οι της Prodrive, οι έγχρωμες ίνες άνθρακα θα φιγουράρουν πάλι παντού, από τα ταχύπλοα ως τα αεροσκάφη.

Λέει ο Ian Handscombe, επικεφαλής του τομέα συνθετικών υλικών: «Έχουμε πιστοποιήσει τις ιδιότητες και την ποιότητα της διαδικασίας, δημιουργώντας υπέροχα δείγματα ανθρακονήματος σε υπέροχες αποχρώσεις του καστανοκόκκινου και του βρετανικού αγωνιστικού πράσινου.»

«Θεωρούμε πως η νέα αυτή διαδικασία είναι κατά πολύ ανώτερη της υπάρχουσας για το φινίρισμα των ανθρακονημάτων και ότι προσφέρει ένα μοναδικό υλικό για πολύ ιδιαίτερες εφαρμογές σε οχήματα και άλλα προϊόντα πολυτελείας».

Με τις περγαμηνές αυτές, θα παραξενευτούμε πολύ αν μέσα στον επόμενο χρόνο δεν εμφανιστούν τα πρώτα αξεσουάρ μοτοσυκλετών από έγχρωμο carbonfibre. Όλο και κάποιος κατασκευαστής πανάκριβων εξατμίσεων θα σπεύσει να εκμεταλλευτεί τον νεωτερισμό και να μάς βάλει πάλι στο τριπ των «ημιθεϊκών» ανθρακονημάτων.



6.6 Άνθρακας ή Κέβλαρ;

Με τη χρησιμοποίηση ινών άνθρακα, είναι δυνατή η κατασκευή υλικών, με τεράστια αντοχή σ εφελκυσμό και πυκνότητα ίση με το μισό του αλουμινίου η το ένα έκτο του χάλυβα. Τα πιο προηγμένα συνθετικά υλικά με ίνες άνθρακα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή τμημάτων που απαιτείται να έχουν μεγάλη ακαμψία ή αντοχή σε δυνάμεις συμπίεσης. Εδώ βρίσκεται και μια μεγάλη διαφορά τους με το Κέβλαρ, που έχει μια εξαιρετική αντοχή στις τάσεις εφελκυσμού, αλλά και πολύ ελαττωμένη αντοχή στις τάσεις, συμπίεσης. Με την εφαρμογή ενός φορτίου συμπίεσης, ίσου με το 20% μόλις της αντοχής του Κέβλαρ σ εφελκυσμό, αρχίζει να εμφανίζεται πλαστική παραμόρφωση. Γι' αυτόν ακριβώς το λόγο, το Κέβλαρ δεν χρησιμοποιείται π.χ. στην κατασκευή συστημάτων προσγείωσης αεροσκαφών, όπου αναπτύσσονται ισχυρότατες τάσεις συμπίεσης. Το κόστος εφαρμογής των συνθετικών υλικών υψηλής αντοχής στο αυτοκίνητο είναι προς το παρόν μεγάλο, γι' αυτό και η χρησιμοποίηση τους θα είναι σταδιακή. Θεωρείται πάντως πολύ πιθανό ότι στο μέλλον θα κατασκευάζονται από συνθετικά υλικά όχι μόνο μέρη του αμαξώματος, αλλά ακόμα και μηχανικά μέρη κι εξαρτήματα του κινητήρα.

Έτσι, δεν είναι απίθανο π.χ. να δούμε σύντομα ελατήρια αναρτήσεων από ίνες άνθρακα, ενώ από την πλευρά του το Κέβλαρ παρουσιάζει όπως

προαναφέραμε, αρκετά πλεονεκτήματα, στη χρησιμοποίησή του σαν υλικό τριβής των φρένων. Και τα δύο υλικά μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν, στην κατασκευή προφυλακτήρων, για την απορρόφηση ενέργειας στις συγκρούσεις, γιατί οι ίνες τους μπορεί να παραμορφώνονται, αλλά καταστρέφονται δυσκολότερα από τη δομή του χάλυβα. Γιατί όμως θα σκεφτόταν κανείς να χρησιμοποιήσει το Κέβλαρ, τη στιγμή που παρουσιάζει το μειονέκτημα της μικρής αντοχής σε συμπίεση, ενώ μπορεί σε κάθε περίπτωση να καλύψει τις ανάγκες του με τις ίνες άνθρακα; Απλούστατα, είναι θέμα κόστους. Αν το Κέλβαρ είναι 4-5 φορές ακριβότερο από το «φάιμπερ γκλας», στη βάση της τιμής ανά κιλό, οι ίνες άνθρακα είναι 20-40 φορές ακριβότερες. Κι επειδή τα συνθετικά υλικά είναι ήδη ακριβά, σε σχέση με τα μέταλλα, είναι ευνόητο ότι η χρησιμοποίηση των ακριβότερων απ' αυτά δημιουργεί ακόμα μεγαλύτερο πρόβλημα κόστους. Επίσης, το Κέβλαρ έχει μικρότερη πυκνότητα από τις ίνες άνθρακα, γεγονός που σημαίνει ότι η χρησιμοποίηση του μπορεί να οδηγήσει σε ακόμα σημαντικότερη μείωση του βάρους.

Το μικρότερο λοιπόν κόστος και πυκνότητά του, όπως και η πετυχημένη καριέρα του στην αεροπορία, ενισχύουν την άποψη ότι το Κέβλαρ θα χρησιμοποιηθεί αρκετά από την αυτοκινητοβιομηχανία στο μέλλον. Χαρακτηριστικό είναι ότι οι κατασκευαστές του στην Αμερική, θεωρούν σαν ρεαλιστικό στόχο την ύπαρξη 27 περίπου κιλών Κέβλαρ σε κάθε (αμερικάνικο) αυτοκίνητο, στα χρόνια που έρχονται. Από την άλλη πλευρά, η πολύ καλύτερη αντοχή των ινών άνθρακα στα φορτία συμπίεσης, θα έχει σαν αποτέλεσμα τη χρησιμοποίηση τους αντί του Κέβλαρ, σε σημεία του αυτοκινήτου με περισσότερο σύνθετες καταπονήσεις, όπως και στην κατασκευή μηχανικών μερών.

6.7 Πλεονεκτήματα

Το ανθρακόνημα έχει την υψηλότερη ιδιάζουσα ανθεκτικότητα από κάθε άλλη εμπορικά διαθέσιμη ίνα, δηλαδή υψηλή αντοχή τόσο στην ηλεκτρική ένταση όσο και στη συμπίεση, αλλά και υψηλή αντίσταση στη διάβρωση και στην έντονη χρήση. Αυτές οι ιδιότητες καθιστούν το ανθρακόνημα το ιδανικό υλικό κατασκευής για τη βιομηχανία αυτοκινήτων πλοίων κ.α., όπου η αντοχή και το χαμηλό βάρος είναι δύο από τους πιο σημαντικούς παράγοντες παραγωγής. Μια πολύ

ενδιαφέρουσα πρωτότυπη έκδοση της X5 παρουσίασε η BMW στην διοργάνωση «Innovation Days Mobility» που διεξάγεται στην Ασία. Πρόκειται για ένα μοντέλο στο οποίο το μεγαλύτερο μέρος του χαλύβδινου αμαξώματος έχει αντικατασταθεί από το υλικό CFRP (Carbon-Fiber Reinforced Plastic), πλαστικό ενισχυμένο με ανθρακονήματα.

Τα πλεονεκτήματα αυτού του υλικού είναι πολλά. Το βάρος του είναι το μισό απ' αυτό του χάλυβα, είναι το ίδιο ανθεκτικό, αντέχει σε ακραίες καιρικές συνθήκες και έχει αυξημένη ικανότητα απορρόφησης της δύναμης μιας πρόσκρουσης. Στο πρωτότυπο της BMW μόνο οι πόρτες είναι κατασκευασμένες από χάλυβα και το συνολικό κέρδος σε βάρος είναι περίπου 200 κιλά!

6.8 Μειονεκτήματα

Ίσως το μοναδικό μειονέκτημα του ανθρακονήματος να βρίσκεται στον τρόπο παρασκευής του. Σε αντίθεση με άλλα υλικά τα εξαρτήματα από ανθρακόνημα απαιτούν πολύ εξειδικευμένη χειρωνακτική εργασία. Κάθε στρώμα του ανθρακονήματος πρέπει πάρα πολύ προσεκτικά να τοποθετηθεί σε μία συγκεκριμένη αλληλουχία. Μία διαδικασία που όχι μόνο αυξάνει τα λειτουργικά κόστη, αλλά επίσης απαιτεί πολύ τέχνη και μαστοριά. Τα ανθρακονήματα είναι ένα από τα πιο ακριβά υλικά και γι' αυτό χρησιμοποιούνται επιλεγμένα, όπως σε αγωνιστικά οχήματα ή σε super cars, αξίας πολλών εκατοντάδων χιλιάδων ευρώ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο : ΤΑ ΚΕΡΑΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΟΙ ΜΕΚ

ΑΚΟΥΓΟΝΤΑΣ κανείς να γίνεται λόγος για κεραμικά υλικά το μόνο που δεν φαντάζεται, είναι ότι πρόκειται για κάτι που μπορεί να έχει σχέση με τις μηχανές των αυτοκινήτων. Μπορεί δηλαδή να φανταστεί ότι πρόκειται για… κεραμίδια ή για διάφορα άλλα πήλινα αντικείμενα, αλλά δύσκολα θα πάει το μυαλό του στα έμβολα, στις βαλβίδες, στα χιτώνια, ή ακόμα και στον κορμό μιας μηχανής εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ). Τι ακριβώς όμως εννοούμε όταν μιλάμε για κεραμικά υλικά στη βιομηχανία και γιατί να γίνεται λόγος για αυτά τα υλικά; Σε τι διαφέρουν από τα παραδοσιακά βιομηχανικά υλικά και τι το καινούργιο φέρνουν πιο ειδικά στο χώρο των ΜΕΚ; Τι είναι αυτό που ωθεί ένα σημαντικό αριθμό επιστημόνων σε δύση και ανατολή να ασχολούνται συστηματικά με αυτά; Σε τι στάδιο βρίσκονται οι έρευνες στον τομέα αυτόν και σε τι στάδιο οι εφαρμογές; Τι προβλήματα υπάρχουν στη χρήση και διάδοση των κεραμικών υλικών και τι προβλέψεις μπορούμε: με βάση την μέχρι σήμερα πορεία των ερευνών, να κάνουμε για το μέλλον.

Μιλώντας γενικά για κεραμικά υλικά εννοούμε μια σειρά αντικείμενα από άργιλο, είτε καθαρά είτε με διάφορες προσμίξεις, τα οποία έχουν υποστεί θερμική επεξεργασία, έχουν δηλαδή ψηθεί, σε υψηλή θερμοκρασία.

Με βάση τη σύστασή τους χωρίζονται σε δύο μεγάλες ομάδες: α) υλικά με βάση οξείδια του αλουμινίου (Al), του ζιρκονίου (Zr), του μαγνησίου (Mg), του πυριτίου (Si) και άλλων μετάλλων, και β) άλλα υλικά με βάση διάφορες ενώσεις, όπως καρβίδια (ενώσεις του άνθρακα), σουλφίδια (ενώσεις του θείου), νιτρίδια (ενώσεις του αζώτου) και άλλα. Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι ιδιότητες των κεραμικών υλικών. Οι πιο χαρακτηριστικές είναι η μικρή θερμοαγωγιμότητα και θερμοχωρητικότητα, ο μικρός συντελεστής θερμικής διαστολής, η αντοχή τους στις απότομες μεταβολές της θερμοκρασίας, η ικανότητα να διατηρούν τις μηχανικές τους ιδιότητες σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες, η μεγάλη αντοχή τους στη διάβρωση, η μικρή τους πυκνότητα, η υψηλή σκληρότητα, η μεγάλη αντοχή τους στη φθορά των τριβών (εφόσον έχουμε να κάνουμε με τριβόμενες επιφάνειες), και η υψηλή χημική τους αδράνεια. Όλα αυτά βέβαια αποτελούν θετικά χαρακτηριστικά των κεραμικών υλικών. Πρέπει όμως να αναφέρουμε άλλο ένα χαρακτηριστικό τους το οποίο αποτελεί και το μεγάλο τους μειονέκτημα: τα κεραμικά υλικά ραγίζουν σχετικά εύκολα. Αυτός άλλωστε είναι και ο βασικός λόγος που τα κεραμικά υλικά δεν έχουν ακόμα «μπει» στις μηχανές των αυτοκινήτων που οδηγούμε. Αξίζει ακόμα να σημειωθεί ότι οι ιδιότητες που αναφέρθηκαν ποικίλουν

από υλικό σε υλικό, και εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τον τρόπο επεξεργασίας του υλικού.

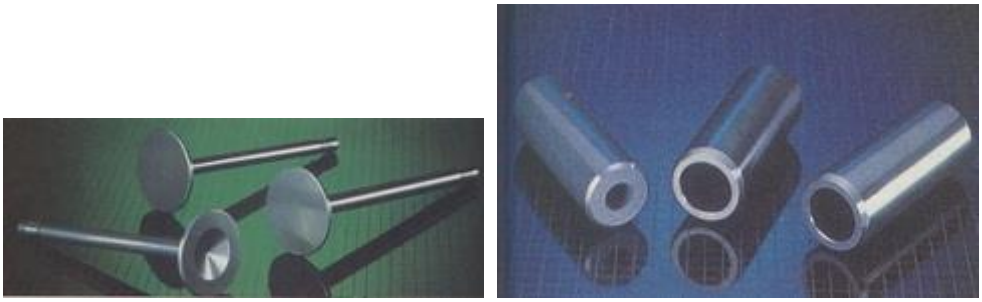
7.1 Οι θερμικές απώλειες

Το πόσο σημαντικές είναι οι ιδιότητες των κεραμικών υλικών για τις μηχανές εσωτερικής καύσης δεν γίνεται αντιληπτό με την πρώτη ματιά. Αν όμως αναλογιστεί κανείς μερικά Βασικά χαρακτηριστικά της λειτουργίας των μηχανών, τότε δεν είναι δύσκολο να καταλάβει τη σπουδαιότητά τους, Κατ' αρχήν πρέπει να έχουμε υπόψη μας ότι μια μηχανή εσωτερικής καύσης είναι μια θερμική μηχανή. Σε μια τέτοια μηχανή η θερμική ενέργεια που παράγεται κατά την καύση του καυσίμου που εισάγεται στους κυλίνδρους της μετατρέπεται σε μηχανική. Το πρόβλημα είναι ότι μόνο ένα μικρό σχετικά (22-42%) μέρος της θερμικής ενέργειας μετατρέπεται σε ωφέλιμη για μας μηχανική ενέργεια. Από το υπόλοιπο ένα μέρος (27-36%) χάνεται στο σύστημα ψύξης, ένα άλλο μέρος (25-30%) διαφεύγει στο περιβάλλον μαζί με καυσαέρια, ενώ ένα τρίτο μέρος χάνεται με τα λιπαντικά υγρά και ένα άλλο μικρότερο μέρος της εκπέμπεται απ' ευθείας στο περιβάλλον. Επίσης ένα μέρος της θερμικής ενέργειας που μπορεί συνολικά να παραχθεί από την καύση του καυσίμου «χάνεται» ή πιο σωστά δεν παράγεται γιατί η καύση του είναι ατελής.

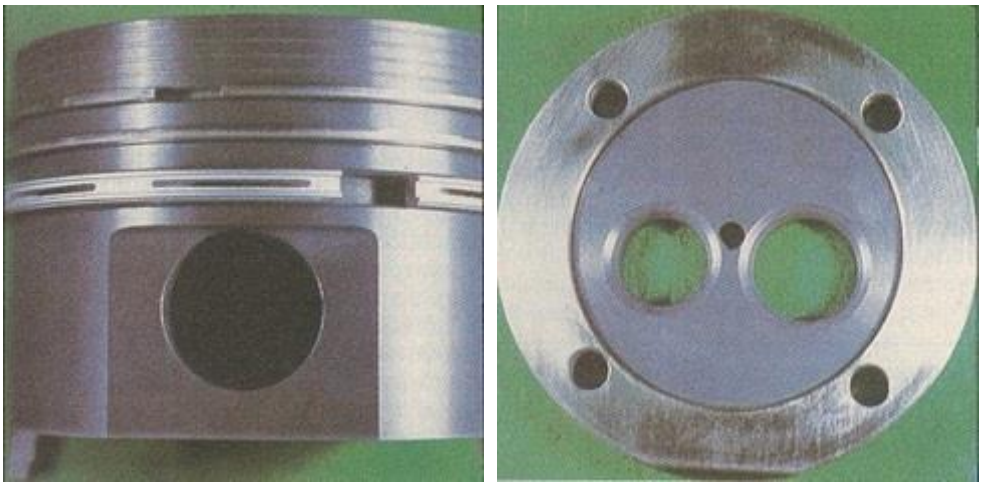
Είναι λογικό λοιπόν οι κατασκευαστές κινητήρων να κάνουν ό,τι μπορούν για να μειώσουν στο ελάχιστο δυνατόν τις απώλειες αυτές και είναι επίσης λογικό τα κεραμικά υλικά να έχουν τραβήξει την προσοχή τους μιας και υπόσχονται πολλά στον τομέα αυτόν.
Χάρη στη μικρή τους θερμοαγωγιμότητα παίζουν το ρόλο του θερμομονωτικού μέσου και εφόσον χρησιμοποιούνται για την κατασκευή μερών του θαλάμου καύσης, συντελούν στη σημαντική μείωση των θερμικών απωλειών στο εσωτερικό του κυλίνδρου.
Σε αυτήν την περίπτωση η θερμοκρασία των καυσαερίων όποτε συμφέρει αν δεν επιβάλλεται κιόλας, η χρησιμοποίηση στροβιλοσυμπιεστή (TURBO στην καθομιλουμένη) για την αξιοποίηση της αυξημένης (λόγω της ανόδου της θερμοκρασίας τους) ενέργειας των καυσαερίων. Μερικοί κατασκευαστές μάλιστα, χρησιμοποιούν αντί για το συνηθισμένο στροβιλοσυμπιεστή μια τουρμπίνα, η οποία είναι συνδεδεμένη με τον στροφαλοφόρο άξονα του κινητήρα και τον «βοηθάει» στην κίνησή του, μεταδίδοντας σε αυτόν την ενέργεια που παίρνει, κινούμενη από τα καυσαέρια.

Με αυτές τις προϋποθέσεις μείωση των θερμικών απωλειών, για

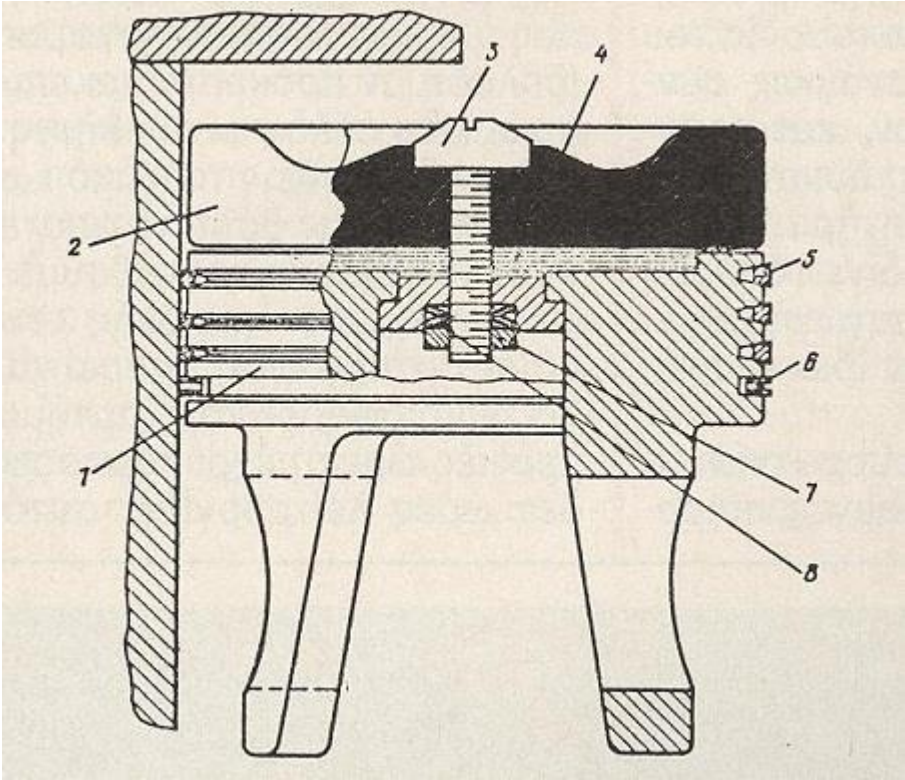
παράδειγμα, κατά 5% μπορεί να συνεπάγεται αύξηση του βαθμού απόδοσης του κινητήρα μέχρι και κατά 12 ποσοστιαίες μονάδες.



Σχήμα 1: Κεραμικές βαλβίδες και κεραμικοί πίροι εμβόλων. Από κεραμικά υλικά μπορούν ακόμα να κατασκευαστούν οδηγοί βαλβίδων, χιτώνια κυλίνδρων, πτερύγια τουρμπίνων κ.ά.



Σχήμα 2: Κεραμικό έμβολο (φωτ. και κεραμικό στοιχείο της κυλινδροκεφαλής (φωτ. 2) του turbo diesel KC 401 της Kyocera. Τα εξαρτήματα αυτά εργάστηκαν χωρίς προβλήματα επί 100 ώρες σκληρών εργαστηριακών δοκιμών του κινητήρα. Πρέπει να σημειωθεί ότι το μοναδικό μεταλλικό στοιχείο των 2 εξαρτημάτων είναι το ελατήριο του λαδιού του εμβόλου. Τα ελατήρια της συμπίεσης (1ο και 2ο από πάνω προς τα κάτω) είναι κεραμικά.



Σχήμα 3: Σχέδιο-φάντασμα εμβόλου, αποτελούμενου από κεραμικό και μεταλλικά μέρη, της αμερικανικής εταιρίας Cummins.
1. μεταλλικό μέρος,
2. κεραμικό μέρος του εμβόλου,
3. βίδα,
4. φλάντζες,
5,6.ελατήρια,
7. παξιμάδι,
8. ροδέλα.

Όπως φαίνεται και από το σχήμα, η βίδα που είναι κατασκευασμένη από ειδικό μέταλλο για να αντέχει στις ψηλές θερμοκρασίες, συγκρατεί το κεραμικό μέρος του εμβόλου πάνω στο μεταλλικό.

Πρέπει ακόμα να σημειωθεί, ότι εκτός από την αύξηση της θερμοκρασίας των καυσαερίων παρατηρείται γενικά μια αύξηση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του κυλίνδρου σε όλες τις φάσεις της λειτουργίας του κινητήρα, κάτι που είναι άλλωστε πολύ λογικό και αναμενόμενο. Αυτό δίνει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν καύσιμα που σε συνηθισμένες για τις ΜΕΚ συνθήκες δύσκολα αναφλέγονται. Τέτοιο καύσιμο είναι για παράδειγμα η αιθανόλη που, λόγω του μικρού αριθμού κετανίων, για να χρησιμοποιηθεί σε κινητήρες Diesel, χρειάζεται η λήψη ειδικών μέτρων, ώστε να εξασφαλίζεται σε κάθε περίπτωση η ανάφλεξή της, και κατά συνέπεια η ομαλή λειτουργία του κινητήρα.

7.2 Μηχανή χωρίς ψυγείο

Αναφέραμε προηγουμένως ότι τα κεραμικά υλικά παρουσιάζουν μεγάλη αντοχή, σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή των μετάλλων, στις υψηλές θερμοκρασίες διατηρώντας τις μηχανικές τους ιδιότητες: Όσο λοιπόν και αν φαίνεται παράξενο και για πολλούς ίσως αδιανόητο, αυτό επιτρέπει τη χρησιμοποίηση μικρότερου συστήματος ψύξης ή ακόμα και την πλήρη κατάργησή του. Γιατί το σύστημα ψύξης του κινητήρα σαν αποστολή του έχει το να διατηρεί τη θερμοκρασία των διαφόρων εξαρτημάτων σε ορισμένα πλαίσια, πέρα από τα οποία έχουμε σαν επακόλουθο είτε τη μη σωστή λειτουργία, είτε ακόμα και την καταστροφή των εξαρτημάτων αυτών. Στην περίπτωση των κεραμικών υλικών, τα πλαίσια αυτά διευρύνονται τόσο, που η παρουσία του συστήματος ψύξης να γίνεται λιγότερο ή και καθόλου απαραίτητη.

Αυτό σημαίνει πρώτα απ' όλα μείωση ή και εξάλειψη εκείνου του μέρους των θερμικών απωλειών που οφείλεται στο σύστημα ψύξης, μικρότερο συνολικό βάρος του κινητήρα, αλλά και εξοικονόμηση της ενέργειας που είναι απαραίτητη για την κίνηση της αντλίας νερού και του ανεμιστήρα του συστήματος ψύξης.

Θα πρέπει σε αυτό το σημείο να πούμε ότι ο περιορισμός ή και η κατάργηση του συστήματος ψύξης δεν βρίσκονται στο χώρο της φαντασίας ή των ευσεβών πόθων κάποιων υπεραισιόδοξων ερευνητών, αλλά είναι ήδη μια πραγματικότητα (σε πειραματικό βέβαια στάδιο). Σαν παράδειγμα μπορούμε να αναφέρουμε την εταιρία Cummins η οποία κατασκεύασε έναν εξακύλινδρο δεκατετράλιτρο κινητήρα Diesel ισχύος 170 kW, ΧΩΡΙΣ σύστημα ψύξης, με κεραμική επικάλυψη σε μια σειρά εξαρτήματά του (κυλινδροκεφαλή, έμβολα, χιτώνια κ.α.). Ο κινητήρας τοποθετήθηκε σε φορτηγό αυτοκίνητο 4.5 τόνων που κάλυψε απόσταση 10.000 Km, με μέση κατανάλωση καύσιμου κατά 30- 50% μικρότερη σε σχέση με αυτοκίνητα της ίδιας κατηγορίας με κοινό κινητήρα.

7.3 Προτερημάτων συνέχεια

Λόγω της μικρής πυκνότητας των κεραμικών υλικών, έχουμε μείωση του βάρους του κινητήρα συνολικά, το δε ποσοστό της μείωσης αυτής εξαρτάται από το ποσοστό συμμετοχής των κεραμικών υλικών στον κινητήρα. Το γεγονός αυτό δεν μπορεί παρά να έχει θετικές επιπτώσεις στην κατανάλωση των καυσίμων (όσο λιγότερο βάρος έχει να μεταφέρει ο κινητήρας, τόσο λιγότερη ενέργεια, και κατά συνέπεια τόσο λιγότερο καύσιμο καταναλώνει).

Η χρησιμοποίηση κεραμικών υλικών για την κατασκευή των βαλβίδων, των χιτωνίων, των εμβόλων και άλλων μερών του κινητήρα λόγω του μικρού βάρους τους και της μεγάλης τους ακαμψίας και σκληρότητας, συνεπάγεται μειωμένες τριβές και κατά συνέπεια μειωμένες απαιτήσεις από το σύστημα λίπανσης, λιγότερους θορύβους και δονήσεις (δηλαδή πιο ήσυχη και πολιτισμένη λειτουργία του κινητήρα), μειωμένες ανάγκες συντήρησης και ρυθμίσεων, και προσφέρει παράλληλα και τη δυνατότητα για λειτουργία του κινητήρα σε περισσότερες στροφές, δίνει δηλαδή τη δυνατότητα για παραγωγή μεγαλύτερης ισχύος από τον ίδιο κινητήρα.

Τέλος λόγω των θερμομονωτικών ιδιοτήτων τους και εφόσον χρήσιμοποιούνται για την επικάλυψη μεταλλικών εξαρτημάτων, κάνουν πιο εύκολη τη ζωή των τελευταίων, μειώνοντας σημαντικά τα ποσά της θερμότητας από τα οποία αυτά διαπερνούνται και κρατώντας κατά συνέπεια τη θερμοκρασία τους σε χαμηλότερα από το συνηθισμένο, επίπεδα.

7.4 Προβλήματα και προοπτικές

Το μεγάλο πρόβλημα με τα κεραμικά υλικά, δηλαδή με τα διάφορα εξαρτήματα που είναι κατασκευασμένα από κεραμικά υλικά, είναι όπως ήδη αναφέραμε το ότι εμφανίζονται ρωγμές κατά τη χρήση τους. Η στιγμή μάλιστα που θα παρουσιαστούν οι ρωγμές, οπότε αχρηστεύεται το συγκεκριμένο εξάρτημα και κατά συνέπεια τίθεται εκτός λειτουργίας ο κινητήρας, δεν μπορεί με ακρίβεια να προβλεφθεί και έχει να κάνει με μια σειρά παράγοντες, όπως το είδος του υλικού που χρησιμοποιείται, ο τρόπος με τον οποίο χρησιμοποιείται (δηλαδή αν πρόκειται για επικάλυψη ή για κάτι άλλο), οι συνθήκες στις οποίες «δουλεύει» το υλικό κ.α. Αλλά και αν με βάση τα αποτελέσματα των πειραμάτων δεχθούμε συμβατικά ένα μέσο όρο ζωής τους, ο οποίος ας σημειωθεί μπορεί να ποικίλλει για διαφορετικά εξαρτήματα από μερικές ώρες μέχρι κάμποσες χιλιάδες ώρες λειτουργίας, αυτός είναι πολύ μικρός, σε σχέση με αυτόν των αντίστοιχων μεταλλικών εξαρτημάτων, και δεν δικαιολογεί το κόστος κατασκευής τους.

Οι ρωγμές που παρουσιάζονται στα κεραμικά εξαρτήματα μπορεί να οφείλονται σε διάφορους λόγους, όπως: α) ελαττώματα στη δομή του υλικού που δημιουργήθηκαν κατά τη διαδικασία κατασκευής του εξαρτήματος, β) όχι καλή εφαρμογή της κεραμικής επίστρωσης (ή του κεραμικού τμήματος) με το μεταλλικό μέρος του εξαρτήματος, πράγμα που σημαίνει ανισομερή κατανομή των καταπονήσεων που υφίσταται το

συγκεκριμένο εξάρτημα κατά τη λειτουργία του κινητήρα, πράγμα που με τη σειρά του σημαίνει αυξημένες τοπικές καταπονήσεις που προκαλούν το ράγισμά του, γ) στη διαφορά των συντελεστών θερμικής διαστολής του μετάλλου και του κεραμικού υλικού, πράγμα που σημαίνει πρόσθετες καταπονήσεις κατά την άνοδο της θερμοκρασίας στα σημεία επαφής κεραμικού υλικού και μετάλλου. Πάντως παρά τα προβλήματα, τα κεραμικά υλικά κερδίζουν συνεχώς έδαφος, ήδη σήμερα υπάρχουν διάφοροι τρόποι για τον περιορισμό του φαινομένου του ραγίσματος και βέβαια οι έρευνες συνεχίζονται και υπόσχονται πολλά για το μέλλον. Μπορούμε και αξίζει νομίζω να αναφέρουμε δυο ενδιαφέροντα παραδείγματα που δικαιολογούν την αισιοδοξία μας:

- Το 1986 η εταιρία Kyocera κατασκεύασε και δοκίμασε σε σκληρές συνθήκες δυο κινητήρες: ένα μονοκύλινδρο και ένα τετρακύλινδρο turbo diesel 1300 cc, που ήταν εφοδιασμένοι με κεραμικά έμβολα, χιτώνια και μέρος της κυλινδροκεφαλής. Οι κινητήρες δούλεψαν για 100 ώρες σε ειδικό εργαστήριο, με μέγιστο φορτίο, χωρίς προβλήματα. Στις συνθήκες δοκιμών αποδείχθηκε απαραίτητη η παρουσία περιορισμένου συστήματος ψύξης (μόνο για την κυλινδροκεφαλή). Σε περίπτωση όμως εγκατάστασης του κινητήρα σε επιβατικό αυτοκίνητο οι ειδικοί διαβεβαιώνουν ότι ο κινητήρας δεν θα χρειαστεί ούτε πλήρες, ούτε περιορισμένο σύστημα ψύξης για την ομαλή του λειτουργία.
- Το 1987 στις ΗΠΑ ένα Oldsmobile Cutlass Ciera εφοδιασμένο με κεραμικές βαλβίδες και πίρους εμβόλων, έκανε πάνω από 32.000 Km χωρίς προβλήματα.
-

Συγκριτικός πίνακας ιδιοτήτων διαφόρων υλικών

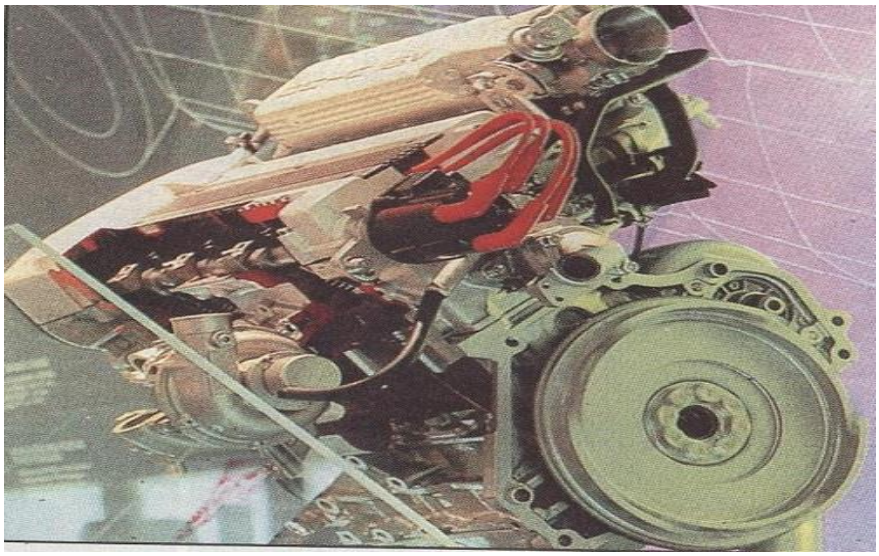
	Κεραμικά υλικά				Μέταλλα που χρησιμοποιούντα ι στις ΜΕΚ	
	Νιτρίδια					
	SN-201	*SN-220*	*SN-501*	*Καρβίδιο πυριτίου*	*21-2N*	*1541 H*
Πυκνότητα gr/cm3	2,9	3,6	3,3	3,1	7,75	7.81
Αντοχή στην κάμψη Mpa	400	590	270	450	—	—
Σκληρότητα MRA	87,	91	87	94,7	28-50	33-38

	3					
Συντελεστής θερμικ. διαστολής 10-6 C°	2,4	3,4	3,5	4	14	11,6
Θερμοαγωγιμότητα J/(m/s K)	12,5	12,5	8,4	7,1	-	-
Τα κεραμικά υλικά είναι σκληρότερα, ελαφρότερα και «εργάζονται» σωστά στις ψηλές θερμοκρασίες.						

Τα κεραμικά υλικά όπως είδαμε έρχονται να κάνουν με μια σειρά τρόπους τα αυτοκίνητά μας καλύτερα και κατά συνέπεια και τη ζωή μας πιο εύκολη. Απομένουν βέβαια αρκετά προβλήματα να λυθούν μέχρι η αξιοπιστία και η μακροζωία των κινητήρων με κεραμικά εξαρτήματα (ή και εξ ολοκλήρου κεραμικών) να ανέβει σε ικανοποιητικά επίπεδα, όμως απ' ότι φαίνεται η μέρα που η μηχανή του αυτοκινήτου μας θα δουλεύει πιο ήσυχα, πιο πολιτισμένα, θα «καίει» λιγότερο και δεν θα έχει ψυγείο (χωρίς να φοβόμαστε μην μας καεί) ίσως να μην είναι και τόσο μακρινή.

7.5 Κεραμικοί κινητήρες: η τεχνολογική επανάσταση

Μια νέα τεχνολογία εισβάλει στο χώρο του αυτοκινήτου – οι κεραμικοί κινητήρες. Το αυτοκίνητο του μέλλοντος θα είναι πιο αποδοτικό, πιο ελαφρό και πιο αξιόπιστο από το σημερινό. Τα εκπληκτικά νέα υλικά υπόσχονται μια νέα επανάσταση.



Σχήμα: Τα κεραμικά υλικά αποτελούν μια νέα μεγάλη ομάδα υλικών, που τελευταία έχουν, κυριολεκτικά, ξαφνιάσει τους επιστήμονες με τις εκπληκτικές ιδιότητές τους.

Πολλοί πιστεύουν ότι οι τεχνολογικές αλλαγές που επήλθαν στο αυτοκίνητο τα τελευταία χρόνια, υπήρξαν τόσο επαναστατικές και τόσο καθοριστικές, ώστε τα σύγχρονα μοντέλα αυτοκινήτων να έχουν ελάχιστα κοινά σημεία με τα αντίστοιχα μοντέλα που κυκλοφορούσαν στους δρόμους των αρχών του αιώνα. Πράγματι η οποιαδήποτε σύγκριση θα δείξει τις άπειρες βελτιώσεις και προσθήκες, με τις οποίες εφοδιάστηκε το σύγχρονο αυτοκίνητο, προκειμένου να γίνει πιο ασφαλές και πιο αποδοτικό, ώστε να επιβιώσει στις συνθήκες του σκληρού ανταγωνισμού που επικρατούν στην αγορά. Όμως παρ' όλο που η τεχνολογική εξέλιξη του αυτοκινήτου φαίνεται να είναι ραγδαία σε όλους τους τομείς, τα βασικά μέρη της «καρδιάς» του αυτοκινήτου, δηλαδή της μηχανής και του κινητήρα, ελάχιστα έχουν επηρεαστεί και παραμένουν σχεδόν αναλλοίωτα στο πέρασμα του χρόνου. Ελάχιστες μετατροπές έχουν γίνει στους δύο βασικούς τύπους μηχανών εσωτερικής καύσης βενζίνης και ντίζελ από τότε που πρωτοεμφανίστηκαν και εγκαταστάθηκαν στα αυτοκίνητα. Ακόμη και προσθήκες που πιστεύονται σαν σύγχρονες καινοτομίες στους κινητήρες, όπως για παράδειγμα ο υπερπληρωτής (supercharger) και ο στρόβιλος καυσαερίων (turbo) είχαν υιοθετηθεί και μελετηθεί ήδη από τις αρχές του αιώνα. Σήμερα όμως φαίνεται πως ήλθε το πλήρωμα του χρόνου για να πέσει και αυτό το τελευταίο οχυρό της παλιάς τεχνολογίας και να μπει το αυτοκίνητο σε μια πραγματικά νέα εποχή. Η τεχνολογία που πιστεύεται ότι σύντομα θα αλλάξει ριζικά το αυτοκίνητο, έχει να κάνει με την κατασκευή των πρώτων αποδοτικών κεραμικών αδιαβατικών κινητήρων. Οι επιπτώσεις της νέας τεχνολογίας θα επηρεάσουν όχι μόνο τη μηχανή του αυτοκινήτου, η οποία θα γίνει πιο μικρή, πιο ελαφριά, πιο αποδοτική και πιο αξιόπιστη, άλλα ολόκληρη την κατασκευή του αυτοκινήτου.

Ο κινητήρας αποτελεί το πιο πολύπλοκο και ταυτόχρονα το πιο υψηλά καταπονούμενο τμήμα του αυτοκινήτου και γι' αυτό κάθε αλλαγή σ' αυτόν απαιτεί μακροχρόνιες έρευνες και μελέτες. Ο κινητήρας του αυτοκινήτου αποτελείται από πάρα πολλά υψηλών ανοχών και προδιαγραφών μικρά εξαρτήματα, τα οποία απαιτούν ιδιαίτερα δαπανηρές κατεργασίες. Οι υψηλές θερμοκρασίες, οι πολύπλοκες χημικές αντιδράσεις της καύσης, οι εναλλασσόμενες κρουστικές τάσεις και οι κραδασμοί που επικρατούν μέσα στον κινητήρα δεν αποτελούν φιλικό περιβάλλον για τα περισσότερα υλικά. Τα μεταλλικά κράματα ήταν τα μόνα γνωστά υλικά, τα οποία άντεχαν σε αυτές τις αντίξοες συνθήκες και γι' αυτό η κυριαρχία τους ήταν μέχρι τώρα ολοκληρωτική. Κατά καιρούς πολλά μη μεταλλικά υλικά δοκιμάστηκαν σαν βασικά υλικά κατασκευής μηχανών εσωτερικής καύσης, αλλά τα αποτελέσματα

δεν υπήρξαν ικανοποιητικά σε βαθμό που να επιτευχθεί η έστω και μερική αντικατάσταση των μεταλλικών μερών των κινητήρων. Η κύρια προσπάθεια είχε σαν επίκεντρο τη μείωση του βάρους του κινητήρα των αυτοκινήτων, με τη χρησιμοποίηση ελαφρότερων υλικών, όπως για παράδειγμα διαφόρων τύπων πλαστικών. Η αντικατάσταση αυτή όμως δεν αφορούσε, το σύνολο των εξαρτημάτων του κινητήρα, αλλά ορισμένων μόνο μερών, τα οποία δεν είχαν άμεση επαφή με το θάλαμο καύσης: Τα πλαστικά εξαρτήματα ήταν συνήθως ενισχυμένα με μεταλλικά κομμάτια για να μπορούν να αντέξουν τις υψηλές καταπονήσεις και ως εκ τούτου είχαν αυξημένο κόστος κατασκευής. Ενώ τα ερευνητικά προγράμματα που αφορούν τα πλαστικά δεν έχουν ακόμα τελειώσει και δεν είναι γνωστό το που μπορεί να καταλήξουν, ένας νέος τύπος υλικών εισέβαλε δυναμικά στο χώρο των υλικών κατασκευής μηχανών εσωτερικής καύσης και έστρεψε τις έρευνες προς μια νέα κατεύθυνση. Τα νέα αυτά υλικά είναι τα κεραμικά που παρασκευάζονται με βάση τα οξείδια των μετάλλων (και κύρια το οξείδιο του αργιλίου) και ενώσεις του πυριτίου. Τα κεραμικά δοκιμάστηκαν τα τελευταία χρόνια σαν υλικά κατασκευής κινητήρων και τα πρώτα αποτελέσματα υπήρξαν πολύ ενθαρρυντικά για τους ερευνητές.

Τα κεραμικά υλικά είναι προϊόντα που παρασκεύασε η σύγχρονη χημεία και η οποία με τη διαρκή έρευνα κατόρθωσε να τα τοποθετήσει σε περίοπτη θέση στο χώρο των υλικών που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σε μεγάλη κλίμακα στο μέλλον. Πολλοί πιστεύουν ότι θα εκτοπίσουν σε ένα μεγάλο βαθμό τα μέταλλα και τα μεταλλικά κράματα σε μια σειρά εφαρμογών. Είναι χαρακτηριστικό το χαμηλό κόστος παρασκευής των κεραμικών υλικών, οι πρώτες ύλες των οποίων βρίσκονται σχεδόν παντού στη φύση. (Έτσι παύει και η εξάρτηση των βιομηχανικών χωρών από τις χώρες που παράγουν μέταλλα). Τα κεραμικά αποτελούν μια νέα μεγάλη ομάδα υλικών που τελευταία έχουν κυριολεκτικά ξαφνιάσει τους επιστήμονες και τους ερευνητές με τις εκπληκτικές τους ιδιότητες. Η πιο γνωστή από αυτές, που έτυχε και τεράστιας δημοσιότητας λόγω της σημασίας της, είναι υπεραγώγιμη ηλεκτρική συμπεριφορά που παρουσιάζουν ορισμένοι τύποι κεραμικών υλικών σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες. Με βάση την ιδιότητα αυτή είναι δυνατή η κατασκευή αγωγών με μηδενική ηλεκτρική αντίσταση. Οι χαρακτηριστικές ιδιότητες όμως που επέτρεψαν τη χρησιμοποίηση των κεραμικών υλικών για την κατασκευή των νέων κινητήρων ήταν σχετικές με τη μηχανική και τη θερμική τους συμπεριφορά.

Οι μηχανικές και οι θερμικές ιδιότητες που παρουσιάζουν τα κεραμικά είναι σχεδόν σε όλους τους τομείς ανώτερες από τις αντίστοιχες των μετάλλων. Κατ' αρχάς τα κεραμικά υλικά έχουν σε γενικές γραμμές

μικρότερο ειδικό βάρος (είναι δηλαδή ελαφρότερα) από τα μεταλλικά κράματα και επομένως ένας κεραμικός κινητήρας είναι κατά πολύ ελαφρότερος από τον αντίστοιχο συμβατικό μεταλλικό κινητήρα. Το βάρος της κατασκευής του κινητήρα (και ιδιαίτερα των κινουμένων μερών του όπως π.χ. έμβολα, άξονες, βαλβίδες κ.λπ.) είναι αποφασιστικό στοιχείο της απόδοσής του. Είναι προφανές ότι απαιτείται να προσδοθεί από τη μηχανή περισσότερη ενέργεια για την περιστροφή ενός μεγάλου βάρους μεταλλικού άξονα παρά ενός ελαφρότερου κεραμικού. Ομοίως απαιτείται περισσότερη ενέργεια για την παλινδρόμηση ενός μεταλλικού εμβόλου παρά του αντίστοιχου κεραμικού. Η ενέργεια αυτή εξοικονομείται από τα καύσιμα και βέβαια δεν είναι καθόλου αμελητέα.

Τα κεραμικά υλικά είναι πολύ πιο σκληρά και ανθεκτικά από τα μέταλλα και γι' αυτό η μηχανουργική κατεργασία και η κοπή τους γίνεται με πανάκριβα αδαμάντινα κοπτικά εργαλεία. Αυτό είναι ίσως το μεγαλύτερο από τα μειονεκτήματα των κεραμικών υλικών, αλλά η σύγχρονη έρευνα τείνει να το εξαλείψει. Συγκεκριμένα, τελευταία έχουν αναπτυχθεί τεχνικές κατά τις οποίες τα κατασκευασμένα από κεραμικά υλικά εξαρτήματα δε χρειάζονται παρά ελάχιστη μηχανουργική κατεργασία και βγαίνουν σχεδόν έτοιμα προς χρήση (ready to use) από τα καλούπια. Η σημερινή έρευνα στρέφεται προς τη βελτίωση της διαδικασίας χύτευσης και της δημιουργίας ειδικών καλουπιών για τη μαζική παραγωγή έτοιμων προς χρήση κεραμικών εξαρτημάτων. Η σκληρότητα αυτή των κεραμικών υλικών καθιστά τα εξαρτήματα αυτά εξαιρετικά ανθεκτικά στις διαρκείς καταπονήσεις που υφίστανται μέσα στον κινητήρα, με αποτέλεσμα να έχουν πολλαπλάσιους «χρόνους ζωής» από τα αντίστοιχα μεταλλικά. Η οικονομία που επιτυγχάνεται με τους σχεδόν άφθαρτους κεραμικούς κινητήρες είναι εκπληκτική. Η συντήρηση των μηχανών των αυτοκινήτων, η οποία αποτελεί ένα σημαντικότατο κόστος, τείνει να εκμηδενιστεί. Οι συντελεστές τριβής επίσης μεταξύ των ερχομένων σε επαφή κινουμένων κεραμικών εξαρτημάτων είναι μικρότεροι από τους αντίστοιχους των μετάλλων και κατά συνέπεια εξασφαλίζεται μια σημαντική μείωση των απωλειών του κινητήρα, που οφείλεται σε τριβές. Οι μικροί συντελεστές τριβής έχουν σαν αποτέλεσμα να απαιτούνται λιγότερα ή και καθόλου λιπαντικά συστήματα στους κινητήρες νέου τύπου.

Οι θερμικές διαστολές, οι οποίες είναι υπεύθυνες για την αλλαγή των διαστάσεων των εξαρτημάτων των μηχανών εσωτερικής καύσης, είναι εκπληκτικά μειωμένες στην περίπτωση των κεραμικών υλικών. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό, διότι επιτυγχάνεται μεγάλη σταθερότητα διαστάσεων των διαφόρων εξαρτημάτων του κινητήρα σε ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών, με αποτέλεσμα την καλύτερη απόδοσή του τόσο

στις συνθήκες εκκίνησης, όσο και στις συνθήκες μεγάλων χρόνων συνεχούς λειτουργίας, καθώς επίσης και στις καιρικές μεταβολές. Σε αντίθεση με τα μέταλλα και τα μεταλλικά κράματα, τα κεραμικά υλικά είναι κακοί αγωγοί της θερμότητας και η θερμική τους συμπεριφορά τείνει περισσότερο προς αυτή των μονωτικών υλικών. Ο συντελεστής μετάδοσης της θερμότητας είναι ιδιαίτερα χαμηλός στα υλικά αυτά, τα οποία σχεδόν απαγορεύουν ολοκληρωτικά στη θερμότητα να περάσει από τη μάζα τους. Τα τελευταία ερευνητικά προγράμματα προσπαθούν να βελτιώσουν ακόμη περισσότερο αυτή τη μοναδική ιδιότητα, ώστε να καταστήσουν τα κεραμικά υλικά τέλειους μονωτές και να κατασκευάσουν το λεγόμενο «αδιαβατικό» κινητήρα, ο οποίος μέχρι πριν από λίγα χρόνια αντιμετωπιζόταν μόνο θεωρητικά.

Ο «αδιαβατικός» κινητήρας επειδή είναι κατασκευασμένος από μονωτικό υλικό δεν έχει θερμικές απώλειες από τα τοιχώματα της μηχανής και επομένως όλη η θερμότητα που παράγεται κατά την καύση μετατρέπεται σε μηχανικό έργο παλινδρόμησης του εμβόλου. Ο κινητήρας αυτός λειτουργεί σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες και δε χρειάζεται ειδικές διατάσεις ψύξης. Οι θερμοκρασίες λειτουργίας υπερβαίνουν τους 2.500 βαθμούς της κλίμακας Φαρενάιτ και υπάρχει η δυνατότητα να αυξηθούν ακόμη περισσότερο. Οι σημερινοί συμβατικοί κινητήρες αποδίδουν το 75% περίπου της θερμότητας καύσης διαμέσου των μεταλλικών τους μερών και του καυσαερίου στο περιβάλλον σαν απώλεια. Με τους νέους κινητήρες το ποσοστό αυτό μπορεί να διατεθεί σε ωφέλιμο μηχανικό έργο προς το έμβολο, με προφανή την τεράστια οικονομία των καυσίμων. Η μη ύπαρξη ψυκτικής εγκατάστασης επίσης επιφέρει σημαντική μείωση του κόστους κατασκευής του κινητήρα και δραστική ελάττωση του όγκου και του βάρους της μηχανής του αυτοκινήτου. Αυτό είναι γεγονός ιδιαίτερης σημασίας για τους κατασκευαστές αυτοκινήτων διότι θα μπορέσουν να ξεφύγουν από τις σχετικά ογκώδεις και βαριές συμβατικές μηχανές και θα μπορέσουν να σχεδιάσουν αυτοκίνητα που θα έχουν καλύτερο αεροδυναμικό και λειτουργικό σχήμα και περισσότερο ωφέλιμο χώρο για φορτία και επιβάτες.

Ο αδιαβατικός κεραμικός κινητήρας προσαρμόζεται περισσότερο στους σημερινούς κινητήρες Diesel, παρά τους βενζινοκίνητους. Αυτό οφείλεται στο ότι οι κινητήρες Diesel έχουν καλύτερη απόδοση στις υψηλές θερμοκρασίες καύσης.

Οι κεραμικοί κινητήρες θα είναι όλοι σχεδόν εφοδιασμένοι με υπερπληρωτές καυσίμων και στρόβιλο καυσαερίων (turbo) και θα παρέχουν πολύ μεγαλύτερη ισχύ από τους συμβατικούς κινητήρες. Οι ειδικοί ισχυρίζονται ότι στην πρώτη δεκαετία του 2000 όλα τα

αυτοκίνητα θα κινούνται από κεραμικούς κινητήρες και θα επιτυγχάνουν οικονομία καυσίμων τουλάχιστον κατά 30% σε σχέση με τα σημερινά αυτοκίνητα.

7.6 Κεραμικά φρένα

Τα Γνήσια κεραμικά φρένα προσφέρουν πολυάριθμα πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τα αντίστοιχα φρένα από ατσάλι. Χάρη στις εξαιρετικές τιμές επιβράδυνσης, ο οδηγός ωφελείται από τον δυναμισμό της οδήγησης και την ευκινησία. Επιπλέον, αυξάνεται η ασφάλεια, καθώς η απόδοση των φρένων δεν μειώνεται, ακόμη και μετά από συχνή χρήση, π.χ. σε ορεινές διαδρομές.

Χαρακτηριστικά

Τα κεραμικά φρένα κατασκευάζονται από κεραμικό υλικό, ενισχυμένο με ανθρακονήματα. Αυτό το συνδυασμένο κεραμικό υλικό περιέχει ως βασικό συστατικό το καρβίδιο του πυριτίου που είναι ιδιαίτερα σκληρό και ανθεκτικό στην τριβή και η κρυσταλλική του δομή μοιάζει με αυτή του διαμαντιού.

Πλεονεκτήματα

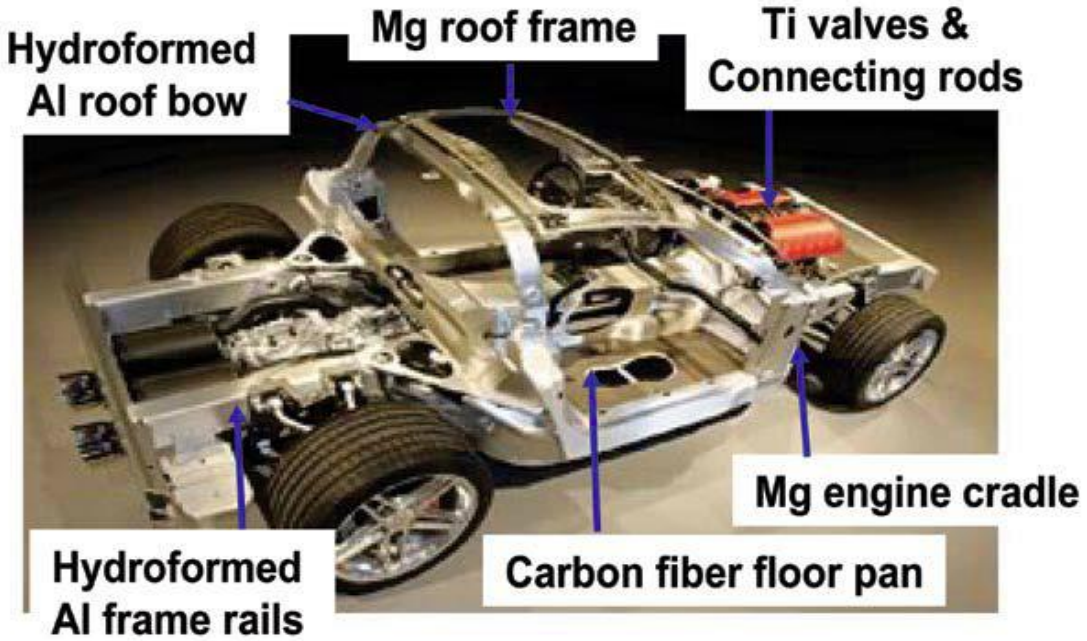
- Εξαιρετικές τιμές επιβράδυνσης.
- Η απόδοση των φρένων δεν μειώνεται μετά από συχνή χρήση, π.χ. σε ορεινές διαδρομές.
- Με το κατά 50% (20 κιλά) μειωμένο βάρος σε σχέση με τα κοινά δισκόφρενα, και επομένως με τη μείωση των μη αναρτώμενων μαζών, ο οδηγός μπορεί να επωφεληθεί από τη μεγαλύτερη οδηγική δυναμική και την ευελιξία.

- Η διάρκεια ζωής των κεραμικών φρένων είναι πολλαπλάσια από αυτή των συμβατικών ατσάλινων φρένων.
- Επιπρόσθετα, η σκληρότητα της επιφάνειας του κεραμικού υλικού κάνει τα φρένα ανεπηρέαστα στο δρόμο και στα υγρά άλατα, καθώς και στη διάβρωση και στη σκουριά.
- Το αυτοκίνητο αναβαθμίζεται οπτικά, ενώ με τη χαρακτηριστική επιφάνεια των κεραμικών φρένων, τους διάτρητους δίσκους και τις ανθρακί δαγκάνες τονίζεται ο sport χαρακτήρας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^{ο} : ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ

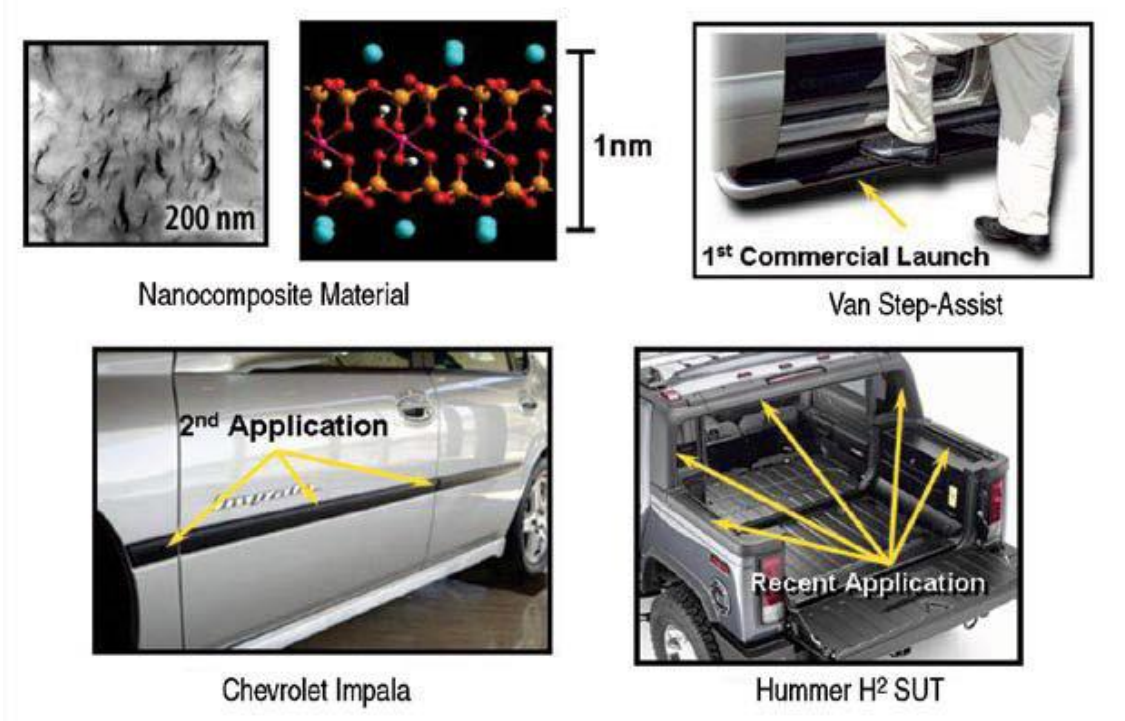
Ενώ οι αλλαγές στα υλικά και στις διεργασίες κατά τη διάρκεια των τελευταίων 50 ετών ήταν δραματικές, τα επόμενα 50 χρόνια υπόσχονται να είναι ακόμη πιο συναρπαστικά καθώς η ταχεία εξέλιξη στην επιστήμη των υλικών και στη μηχανική επιτρέπουν την ανάπτυξη νέων υλικών για την αυτοκινητοβιομηχανία, νέων σχεδίων αυτοκινήτων, καθώς και βελτιωμένες τεχνολογίες κατασκευής.

Το 2006, η Chevrolet Corvette Z06 περιείχε ήδη μερικά από τα υλικά της επόμενης γενιάς. Επιπρόσθετα, σε ένα ελαφρύ πλαίσιο από αλουμίνιο (σε 129kg, 30 τοις εκατό ελαφρύτερο από το ατσάλι, το πλαίσιο αυτό αντικαταστάθηκε), η Corvette Z06, επίσης, χρησιμοποιεί πολλά προηγμένα υλικά, όπως την πρώτη κούνια μαγνησίου στην βιομηχανία κινητήρων, κολόνα τιμονιού από μαγνήσιο, τιμόνι, και μία ενότητα υποστήριξης φρένων, ίνες δαπέδου από άνθρακα (με τη «μοναδική στον κλάδο» δομή σάντουιτς), εμπρός φτερά και τιμονιέρες, και βαλβίδες τιτανίου και συνδετικούς ράβδους ***(Εικόνα 23).*** Η απασχόληση αυτών των προηγμένων υλικών, σε συνδυασμό με τη χρήση της αποτελεσματικής υδρομορφοποίησης και των πιεσμένων διεργασιών, έκανε αυτό το όχημα το πιο προσιτό, εξωτικό, αποδοτικό αυτοκίνητο στον κόσμο (π.χ., 60-mph επιτάχυνση 3,7 δευτερόλεπτο) και το πρώτο με ιπποδύναμη 500 αλόγων, χωρίς μεγάλη κατανάλωση αερίου, στις Ηνωμένες Πολιτείες.



Εικόνα 23. Τα προηγμένα υλικά για τη Chevrolet *Corvette Z06*.

Καθώς κοιτάμε μακρύτερα στο μέλλον, θα δούμε τη διεύρυνση της χρήσης της νάνο-μηχανικής και των έξυπνων υλικών. Μερικά από αυτά τα υλικά έχουν φτιάξει την πορεία τους εντός των οχημάτων σήμερα. Για παράδειγμα, στην ***(Εικόνα 24)*** φαίνεται ένα νάνο-ενισχυμένο (TPO) σύνθετο το οποίο η GM χρησιμοποιεί για έναν αριθμό από διαφορετικά μέρη εφαρμογών σε αρκετά οχήματα.



Εικόνα 24. GM R&D εφαρμογές νανοσύνθετων υλικών

8.1 Το τιτάνιο

Μια σύγκριση μεταξύ του αλουμινίου και του τιτανίου, όταν μιλάμε για την αυτοκινητοβιομηχανία, ίσως να μη φαίνεται και πολύ ρεαλιστική, με την πρώτη ματιά. Η καριέρα των δύο μετάλλων στο χώρο του αυτοκινήτου, είναι διαμετρικά αντίθετη, με το αλουμίνιο να χρησιμοποιείται ευρύτατα και σε μεγάλες ποσότητες και το τιτάνιο ανύπαρκτο. Είναι χαρακτηριστικό ότι στις ΗΠΑ, πρώτη αυτοκινητοπαραγωγό χώρα του κόσμου, το 8,4% της εθνικής παραγωγής αλουμινίου, δηλαδή γύρω στα 550 εκατομμύρια τόνους το χρόνο, χρησιμοποιείται στην κατασκευή επιβατικών αυτοκινήτων. Το γεγονός όμως ότι το τιτάνιο απουσιάζει σήμερα τελείως από τα επιβατικά αυτοκίνητα, δεν σημαίνει απαραίτητα πως αυτό θα συνεχιστεί και στο

μέλλον. Σίγουρα, οι ποσότητες που παράγονται κάθε χρόνο ο' όλο τον κόσμο αποτελούν μικρό κλάσμα των αντίστοιχων ποσοτήτων του αλουμινίου, ενώ η τιμή του είναι ακριβότερη. Ήδη όμως κάποιες δοκιμές έχουν δείξει πως ίσως η χρησιμοποίησή του ν' αποτελεί την καλύτερη δυνατή λύση για την κατασκευή ορισμένων εξαρτημάτων του αυτοκινήτου. Κάτι που σημαίνει πως η έναρξή της (σε μικρές πάντα ποσότητες) μπορεί να μη βρίσκεται και πολύ μακριά. Αμερικανοί ειδικοί προβλέπουν, πως πιθανότατα μέχρι το 1987 θα υπάρχει τουλάχιστον ένα μοντέλο παραγωγής με βαλβίδες, από τιτάνιο. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό και με την ευρύτατη χρησιμοποίηση του τιτανίου στην αεροδιαστημική βιομηχανία, κάνει λοιπόν ενδιαφέρουσα την εξέταση των ιδιοτήτων του και τη διερεύνηση των δυνατοτήτων που υπάρχουν για χρησιμοποίηση του και στην αυτοκινητοβιομηχανία.

Το τιτάνιο και το αλουμίνιο κυριαρχούν σήμερα στον τομέα των ελαφρών μετάλλων για τεχνολογικές εφαρμογές Υπάρχει μάλιστα μια στενή σχέση μεταξύ τους, αφού το αλουμίνιο αποτελεί ένα από τα βασικότερα συστατικά των κραμάτων του τιτανίου. Βασική διάφορα μεταξύ αυτών (και κάθε μετάλλου) και των συνθετικών υλικών είναι η μορφή με την οποία χρησιμοποιούνται Ενώ δηλαδή τα μέταλλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν με τη μορφή ράβδων, σωλήνων, φύλλων, δίσκων, συρμάτων κάθε είδους, τα συνθετικά χρησιμοποιούνται συνήθως σε δισδιάστατη μορφή. Οπωσδήποτε υπάρχουν επεξεργασίες που μπορούν να δημιουργήσουν σχήματα τριών διαστάσεων από συνθετικά υλικά, αυτό όμως ανεβάζει το κόστος του τελικού προϊόντος σε πολύ υψηλά επίπεδα, σε σχέση με τα μέταλλα. Το βασικό σημείο υπεροχής του τιτάνιου απέναντι στο αλουμίνιο και το χάλυβα είναι η σχέση αντοχής/πυκνότητας Γεγονός που σημαίνει, με απλά λόγια, ότι είναι δυνατή η κατασκευή απ' αυτό εξαρτημάτων ανάλογης αντοχής αλλά ελαφρότερων, απ' ότι αν κατασκευάζονταν από αλουμίνιο ή χάλυβα, ή εξαρτημάτων ανάλογου βάρους αλλά ανθεκτικότερων. Ταυτόχρονα, το τιτάνιο έχει γενικά μεγαλύτερη αντοχή στη διάβρωση από τ άλλα δύο βασικά μεταλλικά υλικά των μηχανοκατασκευών, καθώς και μεγάλη αντοχή στη θερμοκρασία. Ενώ το αλουμίνιο δεν χρησιμοποιείται συνήθως σε εφαρμογές όπου αναπτύσσονται θερμοκρασίες πάνω από 175° Κελσίου (κι ακόμα και οι πιο φουτουριστικές προβλέψεις για τη χρησιμοποίησή του δεν προβλέπουν θερμοκρασίες πάνω από 300-320°

Κέλσιου), το τιτάνιο χρησιμοποιείται άνετα σε θερμοκρασίες που ξεπερνούν τους 600° Κελσίου. Αμέσως γίνεται φανερό το ενδιαφέρον που παρουσιάζει η χρησιμοποίηση του για την κατασκευή των βαλβίδων των κινητήρων, έχοντας μικρότερο βάρος από το χάλυβα και μεγαλύτερη αντοχή στις υψηλές θερμοκρασίες από το αλουμίνιο. Δεν πρέπει τέλος να παραλείψουμε ν' αναφέρουμε και την καλύτερη αντοχή σε κόπωση, που παρουσιάζει, σε σχέση με το αλουμίνιο και το χάλυβα. Το γεγονός είναι ότι η τιμή του είναι πολύ υψηλή και οι ποσότητες που υπάρχουν σχετικά μικρές. Έτσι, λαμβάνοντας υπ' όψη τις προόδους που έχουν γίνει, στην επεξεργασία και χρησιμοποίηση των χαλύβων και των κραμάτων αλουμινίου, και τις σχετικά περιορισμένες απαιτήσεις της αυτοκινητοβιομηχανίας, σε σύγκριση με την αεροδιαστημική βιομηχανία, η χρησιμοποίηση τιτανίου κρίνεται στις περισσότερες περιπτώσεις σαν περιττή πολυτέλεια. Όταν κάτι καλύπτει απόλυτα τις ανάγκες σου είναι παράλογο να χρησιμοποιήσεις κάτι καλύτερο αλλά ακριβότερο.

Αυτό βέβαια δεν σημαίνει ότι η αυτοκινητοβιομηχανία θα εξακολουθήσει και στο μέλλον να αγνοεί το τιτάνιο. Απλώς η χρησιμοποίησή του θα είναι περιορισμένη, για ορισμένες πολύ ειδικές εφαρμογές, όπως η κατασκευή των βαλβίδων που προαναφέραμε. Έτσι, δεν μπορούμε να πούμε πως το τιτάνιο αποτελεί ή θ αποτελέσει ανταγωνιστή του αλουμινίου, στις κατασκευές εξαρτημάτων του αυτοκινήτου από ελαφρά μέταλλα, αλλά το απαραίτητο συμπλήρωμά του, εκεί που ο χάλυβας πρέπει ν' αντικατασταθεί και τη θέση του δεν μπορεί να πάρει το αλουμίνιο.

8.1.1 Σασί από τιτάνιο για το Ariel Atom

Η Ariel μελετά τη χρήση του τιτανίου για το νέο σωληνωτό σασί πάνω στο οποίο κατασκευάζεται το Atom. Ο διθέσιος «πύραυλος» είναι η απόλυτη εγγύηση εκρηκτικών επιδόσεων, όμως η εξέλιξη δεν σταματά. Η κανονική έκδοση βασίζεται σε ένα χωροδικτύωμα (πλαίσιο που κατασκευάζεται από ράβδους συγκολλημένες μεταξύ τους, πάνω στις οποίες συνδέονται τα μηχανικά μέρη αλλά και τα πάνελ. Χρησιμοποιούνται μονό σε ειδικές κατασκευές και μικρούς όγκους παράγωγης) από χάλυβα υψηλής αντοχής, όμως το τιτάνιο μπορεί να ελαττώσει το βάρος του κατά 40%. Η Atom συνεργάζεται με την εταιρεία Caged Laser Engineering για να βρουν τις κατάλληλες τεχνικές

λύσεις για τις συγκόλληση του υλικού. Συνολικά το όφελος από τη χρήση τιτανίου αντιπροσωπεύει μείωση 8% στο απόβαρο του αυτοκινήτου, άρα οι επιδόσεις της ειδικής έκδοσης θα είναι ακόμη πιο συγκλονιστικές. Ο ιδιοκτήτης της Ariel Simon Saunders κάνει λόγο για στόχο βάρους 500 κιλών κάτω από το οποίο πολύ δύσκολα μπορεί να πέσει. Το νέο σασί από τιτάνιο θα συνεργάζεται με κινητήρα φυσικής αναπνοής της Honda και κάποια ειδικής κατασκευής ελαφρά εξαρτήματα. Η ειδική έκδοση του Atom και οι τεχνολογίες που θα χρησιμοποιεί θα αποτελούν προπομπό για το δίτροχο που σχεδιάζει να παρουσιάσει η εταιρεία στο προσεχές μέλλον.

Και μερικές φωτογραφίες για ARIEL ATOM

8.2 Οχήματα Από Φύκια

Κοντά στην ανάπτυξη **νανοκυτταρίνης**, ενός θαυματουργού υλικού, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή αυτοκινήτων, κτηρίων, αεροπλάνων αλλά και καυσίμων, βρίσκονται ερευνητές του **Πανεπιστημίου του Τέξας**.

«Αν μπορέσουμε να ολοκληρώσουμε τα τελευταία βήματα θα καταφέρουμε μια από τις μεγαλύτερες αλλαγές στην ιστορία του αγροτικού τομέα», αναφέρει σε ανακοίνωσή του ο**Δρ. Malcolm Brown**.

Η κυτταρίνη, ένα από τα πλέον άφθονα οργανικά πολυμερή, αποτελείται από ίνες ξύλου που βρίσκονται από το βαμβάκι μέχρι τους κορμούς δέντρων

Τα υλικά που έχουν ως βάση τη νανοκυτταρίνη είναι πιο δυνατά από το ατσάλι και σκληρότερα από το κέβλαρ. Οι μοναδικές αυτές ιδιότητες έχουν ωθήσει τους επιστήμονες στην αναζήτηση τρόπων για τη μαζική και φτηνή παραγωγή της «θαυματουργής» κυτταρίνης.

Οι οργανισμοί που μπορούν να παράγουν κυτταρίνη στη μικρο-μορφή της, διατηρώντας τις εγγενείς της ιδιότητες, είναι ελάχιστοι, ωστόσο οι ερευνητές του Πανεπιστημίου του Τέξας ισχυρίζονται ότι βρήκαν τη λύση για τη μαζική παραγωγή.

Όπως υποστηρίζουν, μπορούν να παράγουν κυτταρίνη από φύκια χρησιμοποιώντας **οξικά βακτήρια**.

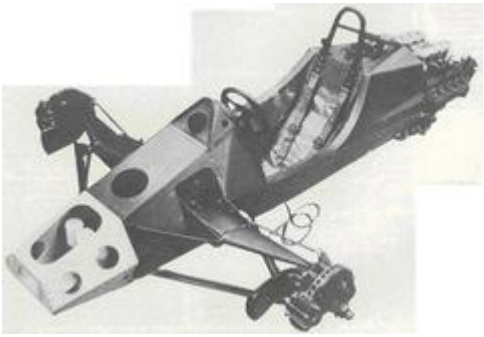
«Αυτός ο τύπος βακτηρίων είναι ο αποδοτικότερος παραγωγός κυτταρίνης παγκοσμίως, πολύ πιο αποδοτικός από τα δέντρα ή το βαμβάκι. Όταν ολοκληρώσουμε το προϊόν θα έχουμε επιτύχει σύνθεση κυτταρίνης σε τεράστιο επίπεδο της παγκόσμιας κλίμακας». Δήλωσε ο δρ. Brown.

Υποθέτοντας ότι θα βρει την απαραίτητη χρηματοδότηση για να ολοκληρώσει την έρευνά του, ο δρ. Brown οραματίζεται γιγάντιες φάρμες φυκιών στις ερήμους που θα παράγουν νανοκυτταρίνη, απορροφώντας παράλληλα από την ατμόσφαιρα το διοξείδιο του άνθρακα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^{ο} : ΕΠΙΛΟΓΟΣ

9.1 Διαφορές στις ιδιότητες και στις χρήσεις

Παρά το γεγονός ότι αναφέρονται γενικά σαν υλικά μηχανοκατασκευής τα νέα υλικά έχουν μεγάλες διαφορές στις φυσικές και χημικές τους ιδιότητες. Κατά συνέπεια διαφέρουν και οι τομείς όπου συμφέρει ή επιβάλλεται η χρησιμοποίηση του καθενός, χωρίς βέβαια αυτό να σημαίνει πως δεν είναι κάποτε ανταγωνιστικά, οπότε το κόστος γίνεται ο σημαντικότερος παράγοντας για την επιλογή.

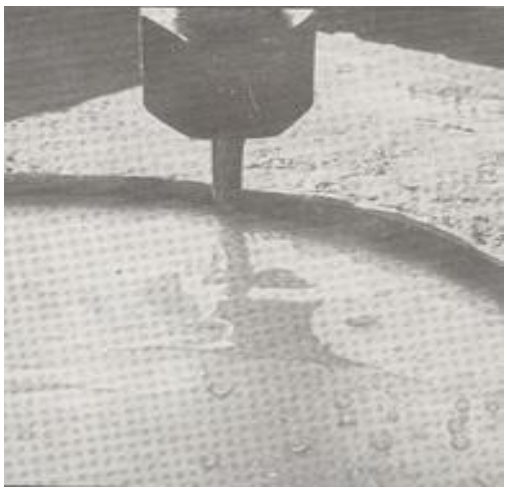


Σχήμα : Οι αγώνες αποτέλεσαν σχεδόν πάντα το «εισαγωγικό σημείο» κάθε νέας τεχνολογίας και κάθε νέου υλικού στον κόσμο του αυτοκινήτου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα των πλεονεκτημάτων, που μπορεί να προσφέρει στα αυτοκίνητα η , χρησιμοποίηση των συνθετικών, είναι το, πολύ πετυχημένο, σασί της φόρμουλα 1 Μακλάρεν, κατασκευασμένο από ίνες άνθρακα και κυψελωτό αλουμίνιο.

Το αλουμίνιο και το τιτάνιο, σ' αντίθεση με τ' άλλα μέταλλα, δεν βρίσκονται ποτέ σε καθαρή κατάσταση στη φύση, αλλά με τη μορφή χημικών ενώσεων, συνήθως με οξυγόνο. Για τη μετατροπή των οξειδίων αυτών σε καθαρό μέταλλο και κατόπιν σε κράμα, απαιτούνται αρκετά μεγάλα ποσά ενέργειας κι αυτός είναι ο λόγος που η χρησιμοποίηση τους στάθηκε αδύνατη επί αιώνες. Από την άλλη πλευρά, η κατασκευή των συνθετικών υλικών έγινε κατορθωτή μόνο μετά από μια σειρά σημαντικών ανακαλύψεων κι εξελίξεων στην οργανική χημεία και τη χημεία των πολυμερών. Η αντοχή των υλικών αυτών ο' εφελκυσμό είναι μεγάλη, αν και δεν είναι πάντα μεγάλη η ελαστικότητά τους, σε σχέση με το χάλυβα. Ειδικά για τις ίνες υψηλής αντοχής, όπως οι ίνες άνθρακα και Κέβλαρ, οι ιδιότητες αυτές μπορούν να μεταβάλλονται σημαντικά, ανάλογα με τη μέθοδο κατασκευής τους. Επιπλέον, οι ίνες αυτές χρησιμοποιούνται με τελείως διαφορετικό τρόπο από τα μέταλλα,

διασκορπισμένες μέσα σε μια «μήτρα» από άλλο υλικό για την ενίσχυσή της. Γι' αυτό άλλωστε χρησιμοποιείται και ο όρος «συνθετικά υλικά», υπονοώντας μείγματα από δύο τουλάχιστον διαφορετικά συστατικά, καθένα από τα οποία διατηρεί τις ιδιότητές του και μετά την ανάμειξή τους. Τη μεγαλύτερη ελαστικότητα πάντως, παρουσιάζουν οι ίνες άνθρακα, η θραύση των οποίων μετά από εφελκυσμό, επέρχεται χωρίς πλαστική παραμόρφωση, σ' αντίθεση με τους χάλυβες. Σημαντικές διαφορές υπάρχουν επίσης μεταξύ των «νέων» υλικών, όσον αφορά τη θερμική διαστολή τους. Το γεγονός αυτό είναι πολύ σημαντικό και πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπ' όψη σε κάθε κατασκευή, γιατί η συναρμολόγηση από διαφορετικά υλικά, κομματιών που υφίστανται θερμοκρασιακές διαφορές, μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη μεγάλων μηχανικών τάσεων και τη μείωση της αντοχής της κατασκευής.

Ο συντελεστής θερμικής διαστολής του τιτανίου είναι αρκετά χαμηλός, ο συντελεστής του σιδήρου είναι 1,5 φορά μεγαλύτερος και ο συντελεστής του αλουμινίου 2 φορές μεγαλύτερος από του σιδήρου! Από την πλευρά τους, οι ίνες άνθρακα και Κέβλαρ δεν υφίστανται γενικά μεταβολή των διαστάσεών τους με τη μεταβολή της θερμοκρασίας. Για να φανεί πόσο σημαντικός είναι ο ρόλος των θερμικών διαστολών σε μια κατασκευή, αρκεί ν' αναφέρουμε ότι το μήκος των 30 περίπου μέτρων του υπερηχητικού αναγνωριστικού αεροσκάφους της Λόκχιντ, SR-71, που είναι κατασκευασμένο σε μεγάλο βαθμό από τιτάνιο, μπορεί ν' αυξηθεί κατά 15-30 εκατοστά όταν το αεροσκάφος κινείται με πολύ μεγάλη ταχύτητα, λόγω των μεγάλων θερμοκρασιών που αναπτύσσονται. Γι' αυτόν ακριβώς το λόγο, η χρησιμοποίηση των ινών άνθρακα ή Κέβλαρ, παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τα μέρη εκείνα της κατασκευής που μας ενδιαφέρει να μην παρουσιάζουν μεταβολές των διαστάσεών τους με τη θερμοκρασία, κάτι που συμβαίνει με κάθε μεταλλική κατασκευή.



Σχήμα : Τελική επεξεργασία συνθετικού υλικού από εποξική ρητίνη και ίνες Κέβλαρ, με εκτόξευση νερού με μεγάλη πίεση. Παρά το μικρό βάρος τους και την άριστη αντοχή τους σ εφελκυσμό, οι ίνες Κέβλαρ δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για κατασκευή εξαρτημάτων που υφίστανται ισχυρές σύνθετες καταπονήσεις, γιατί η αντοχή τους σε τάσεις συμπίεσης είναι πολύ μικρή, ίση με μόλις 20% της αντοχής τους σ' εφελκυσμό. Έτσι το Κέβλαρ, παρά την αρκετά χαμηλότερη τιμή του, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντί για τις ίνες άνθρακα σ' όλες τις εφαρμογές των συνθετικών υλικών στο αυτοκίνητο.

Σχήμα : Ο ρόλος των θερμικών διαστολών σε μια κατασκευή είναι πολύ σημαντικός. Χαρακτηριστικό παράδειγμα το υπερηχητικό αναγνωριστικό αεροσκάφος SR-71 της Λόκχιντ, κατασκευασμένο σε μεγάλο βαθμό από τιτάνιο. Αν και το μέταλλο αυτό έχει χαμηλό συντελεστή διαστολής, σε σχέση με το χάλυβα και το αλουμίνιο, το μήκος του αεροσκάφους (30 περίπου μέτρα) μπορεί να αυξηθεί κατά 15-30 εκατοστά όταν κινείται με πολύ μεγάλη ταχύτητα, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται από την τριβή με τον αέρα. Η χρησιμοποίηση συνθετικών υλικών με ίνες άνθρακα και Κέβλαρ μπορεί να δώσει μια πολύ καλή λύση στο πρόβλημα των θερμικών διαστολών μιας κατασκευής, αφού τα δύο αυτά υλικά έχουν σχεδόν μηδενικό συντελεστή διαστολής.

Με βάση αυτές τις παρατηρήσεις, όπως και τις διαφορές που υπάρχουν στο θέμα της αντοχής των διαφόρων υλικών, ανάλογα μάλιστα και με τον τρόπο κατασκευής και χρησιμοποίησής τους, γίνεται φανερό πως δεν υπάρχουν απόλυτες αρχές για την υπεροχή εκείνου ή του άλλου υλικού. Για κάθε συγκεκριμένη κατασκευή πρέπει να επιλέγεται το καταλληλότερο υλικό, που δεν είναι πάντα το ίδιο και γι' αυτόν ακριβώς το λόγο είναι πολύ σημαντικός ο ρόλος των μηχανικών που ασχολούνται με τις εφαρμογές των υλικών. Αυτό είναι σήμερα γενικά αποδεκτό στους κύκλους της αυτοκινητοβιομηχανίας, όπου το κύρος της επιστήμης των υλικών και όσων ασχολούνται μ' αυτήν, αυξάνει ολοένα και περισσότερο.

Απ’ αυτής της πλευράς, οι μηχανικοί της αυτοκινητοβιομηχανίας έχουν ένα σημαντικό πλεονέκτημα, απέναντι στους συναδέλφους τους της αεροπορικής βιομηχανίας. Έχοντας τη δυνατότητα δημιουργίας ενός μοντέλου σε πολύ μικρότερο χρόνο, δεν χρησιμοποιούν παρά υλικά, που η καταλληλότητα και η απόδοσή τους έχουν ήδη δοκιμασθεί κι αποδειχθεί. Αντίθετα, στην αεροπορική βιομηχανία, ο σχεδιασμός ενός νέου αεροσκάφους (που πρέπει να είναι κατάλληλο για συγκεκριμένη χρήση, με συγκεκριμένο τρόπο και με συγκεκριμένη αντοχή κι επιδόσεις) χρειάζεται πολλά χρόνια στη διάρκεια των οποίων μπορεί να συντελεστεί σημαντική πρόοδος στον τομέα των υλικών. Χρειάζεται λοιπόν να μπορούν οι μηχανικοί να αλλάζουν τις επιλογές τους κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού, σύμφωνα με τις πιο πρόσφατες εξελίξεις, κάτι που κάνει τη δουλειά τους δυσκολότερη απ' αυτή των μηχανικών της αυτοκινητοβιομηχανίας.

Εκείνο που είναι σίγουρο προς το παρόν στην αυτοκινητοβιομηχανία, είναι ότι ο ρόλος του χάλυβα δεν πρόκειται σύντομα να μηδενιστεί, παρ' όλη την ανάγκη για μείωση του βάρους και την αυξανόμενη χρησιμοποίηση των νέων υλικών. Το κόστος παραγωγής του σε συνδυασμό με τις ιδιότητές του και τις πρόσφατες εξελίξεις, (όπως π.χ. η χρησιμοποίηση χαλύβων υψηλής αντοχής, το γαλβάνισμα κ.λπ.) του εξασφαλίζουν αρκετά ακόμα χρόνια χρησιμοποίησης στην αυτοκινητοβιομηχανία, σε συνύπαρξη όμως με τα νέα υλικά, των οποίων ο ρόλος θα γίνεται όλο και πιο σημαντικός. Από τα υλικά αυτά, εκείνα που ήδη χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην αυτοκινητοβιομηχανία είναι τα κράματα αλουμινίου. Υπάρχουν σήμερα μοντέλα παραγωγής με κινητήρες σχεδόν ολόκληρους από αλουμίνιο, ενώ η αλουμινένια κυλινδροκεφαλή αποτελεί πλέον μια κοινοτυπία για τη μεγάλη πλειοψηφία των αυτοκινήτων. Τα κράματα αλουμινίου αντικαθιστούν

επίσης συχνά το χάλυβα στις ζάντες (αν και συνήθως όχι στον στάνταρ εξοπλισμό), ενώ κατά καιρούς χρησιμοποιούνται και σε ορισμένα άλλα μηχανικά μέρη, όχι όμως στα αμαξώματα.

Στον αντίποδα βρίσκεται το τιτάνιο, που απουσιάζει τελείως από τ' αυτοκίνητα παραγωγής. Όπως γίνεται συνήθως στην αυτοκινητοβιομηχανία, οι πρώτες εμφανίσεις των κραμάτων τιτανίου έγιναν στους αγώνες, με τη χρησιμοποίηση τους σε στοιχεία αναρτήσεων και συστημάτων μετάδοσης, με τη μορφή ράβδων ή σωλήνων, όπως επίσης και στην κατασκευή βαλβίδων και των ελατηρίων τους. Οι ειδικοί προβλέπουν ότι στα επόμενα 20 χρόνια είναι πιθανό να χρησιμοποιηθεί το τιτάνιο για την κατασκευή βαλβίδων κι ελατηρίων και στους κινητήρες παραγωγής. Τα εξαρτήματα αυτά θα έχουν το 60% του βάρους των αντίστοιχων χαλύβδινων κι επομένως μικρότερη αδράνεια, μειώνοντας και την επίδραση των φαινομένων που οφείλονται σ' αυτή, όπως και την καταπόνηση των εκκεντροφόρων. Οι ίνες άνθρακα έχουν χρησιμοποιηθεί ευρύτατα στους αγώνες για την κατασκευή αμαξωμάτων, συχνά σε συνδυασμό με κυψελωτό αλουμίνιο. Εκτός όμως από τ' αμαξώματα, έχουν χρησιμοποιηθεί και για την κατασκευή μηχανικών μερών, ενώ έχει μελετηθεί μέχρι και η κατασκευή ολόκληρου κινητήρα από άνθρακα! Τέλος το Κέβλαρ έχει επίσης χρησιμοποιηθεί στην αυτοκινητοβιομηχανία και κυρίως στους αγώνες, ενώ είναι πιθανή η χρησιμοποίησή του στην κατασκευή ελαστικών (για την ενίσχυση τους, αντί των χαλύβδινων συρμάτων) και στην κατασκευή υλικών τριβής για τα φρένα, αντικαθιστώντας τον αμίαντο.

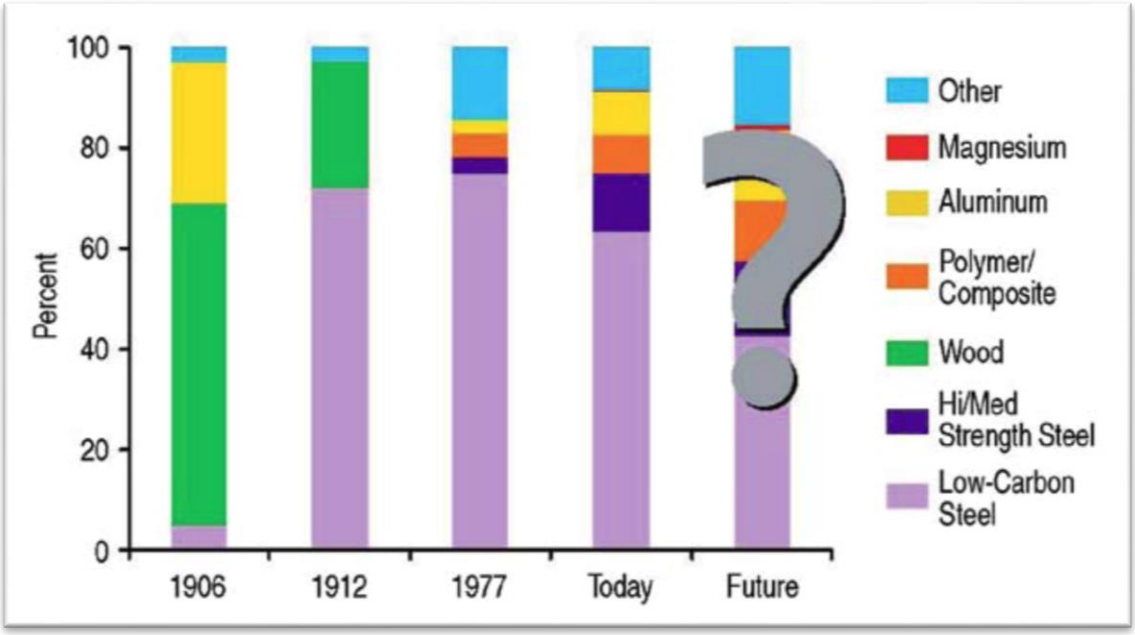
8.2 Το τελικό συμπέρασμα και Η τελική επιλογή

Το τελικό συμπέρασμα που βγαίνει απ' όλα αυτά, είναι ότι δεν υπάρχει υλικό που ν' αποτελεί πανάκεια για την αυτοκινητοβιομηχανία. Κι όσο εξελίσσεται η τεχνολογία, τα πράγματα δεν γίνονται ευκολότερα αλλά πιο πολύπλοκα, αφού από μια μεγάλη ποικιλία υλικών, πρέπει να διαλέγει κανείς το καλύτερο για κάθε χρήση. Άλλωστε τα προϊόντα της αυτοκινητοβιομηχανίας γίνονται όλο και πιο πολύπλοκα κι αυτό δικαιολογεί τη διαφοροποίηση στην επιλογή των υλικών για κάθε τμήμα τους. Το αποτέλεσμα είναι φυσικά η κατασκευή όλο και καλύτερων αυτοκινήτων, αφού η επιλογή της καλύτερης λύσης για κάθε κομμάτι, σημαίνει σημαντική βελτίωση του συνόλου. Προς όφελος πάντα του

καταναλωτή, που η ικανοποίηση των αναγκών του, κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο, κάνει όλο και πιο δύσκολη τη ζωή των μηχανικών.

Η διαφοροποίηση των υλικών από τα οποία θα κατασκευάζονται τα αυτοκίνητα στην επόμενη πενταετία ελάχιστα θα γίνουν αντιληπτές από τον καταναλωτή. Και αυτό γιατί οι αυτοκινητοβιομηχανίες θα επικεντρωθούν στη μείωση του κόστους παραγωγής και τη μείωση του βάρους, με τη διατήρηση όμως της ποιότητας στα σημερινά επίπεδα. Κάποια εξαρτήματα θα αλλάξουν καθώς από πλαστικά θα γίνουν μεταλλικά, κυρίως στο χώρο του κινητήρα, ενώ και τα νέα «πλαστικά» θα είναι πιο ανθεκτικά στις υψηλές θερμοκρασίες και θα προσφέρουν μειωμένο θόρυβο και κραδασμούς.

Μία τάση που είναι σαφής, είναι ότι τα οχήματα θα αποτελούνται από μια πιο ισορροπημένη χρήση πολλών υλικών στο μέλλον, ενσωματώνοντας πιο ελαφριά υλικά, όπως νάνο-στοιχεία, αλουμίνιο και φύλλα μαγνησίου ***(Εικόνα 25).***Επιπλέον, οι τύποι των υλικών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή αυτοκινήτων θα εξαρτώνται λογικά περισσότερο από τις καινοτομίες των υλικών και όχι από τις καινοτομίες παραγωγής, ως αποτέλεσμα των δραματικών εξελίξεων που έχουν γίνει στην επιστήμη των υλικών σήμερα.



Εικόνα 25. Τα υλικά σε ένα τυπικό αυτοκίνητο-ιστορική εξέλιξη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- GM News Releases, "Gen-IV V8 Marks 50 Years of Small-block Performance" (28 October 2003); "GM Introduces Gen-IV Small-block V8 for Trucks" (28 October 2003); "New Products Strengthen GM Brands for 2005" (27 July 2004).
- GM Public Policy Center, *www.gm.com/company/gmability/sustainability/reports/05/400_products/8_Eighty/482.html.*
- G.S. May, ed., "Henry Ford," *The Automobile Industry, 1896–1920* (New York: Facts on File, 1990), p. 203.
- "Chairman's Message," *Sixteenth Annual Report of the General Motors Corporation* (Year Ended December 31, 1924),
- Vehicle price from: *Ward's Automotive International Yearbook* (Detroit, MI: Ward's Communications, 1955),
- Average weekly median family income from: U.S. Census Bureau

- K. Siegert, *Aluminium*, 80 (7-8) (July–August 2004), pp. 854–859.
- Eric Lundin, *The Tube & Pipe Journal* (13 January 2004), *www.thefabricator.com/Hydroforming/Hydroforming_Article.cfm?ID=805.*
- "Warmed up Aluminum Could Beat Steel to the Draw," *Materials Engineering*, 88 (5) (1979), pp. 52–54.
- P.A. Friedman, "Roll Hemming of Aluminum Closure Panels for Improved Process Robustness" (Presentation at the 2002 TMS Fall Meeting, Columbus, OH, 6–8 October 2002).
- B. Corbett, *Ward's Auto World*, 38 (7) (2002), p. 29.
- "Materials Progress: Forming/Processing," *Advanced Materials & Processes*, 157 (3) (March 2000), p. 19.
- T.M. Lee et al., SAE Technical Paper 2006-01-0987

(Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers, 2006)

- C. Kim, M.G. Konopnicki, and F.G. Lee, *Advances in Superplasticity and Superplastic Forming 2004*, ed. E.M. Taleff, P.E. Krajewski, and P.A. Friedman (Warrendale, PA: TMS, 2004), pp. 77–82.
- AudiWorld, "Pioneering Work in Production: Manufacturing the New Audi A8" (August 2002), *www. audiworld.com/news/02/aluminum/content2.shtml*
- P.E. Krajewski and E.F. Ryntz, U.S. patent 5,948,185 (17 September 1999).
- C.J. Bruggemann, "Hydroforming of Structure Parts for Personal Cars," *International Conference on Hydroforming of Tubes, Extrusions and Sheet Metals* (Frankfurt, Germany: Institute for Metal Forming Technology of the University of Stuttgart, 1999), pp. 353–371.
- A.A. Luo and A.K. Sachdev, SAE Technical Paper 2005-01-1392 (Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers, 2005).
- B. Miller, *Plastics World*, 54 (10) (1996), pp. 39, 40,

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Συγκολλήσεις μετάλλων ,Θ.Α.Διαμαντουδης (Ά έκδοση 2000)

Επιστήμη και τεχνολογία των υλικών, William D. Callister ($5^{η}$ έκδοση) Εκδόσεις Τζιολα

ΔΙΑΔΥΚΤΙΟ

http://automoto.pbworks.com/w/page/48593803/%CE%91%CE%9C%CE%91%CE%9E%CE%A9%CE%9C%CE%91

http://iceal.wikidot.com/ilika

http://www.autozine.org/technical_school/chassis/tech_chassis.htm

http://www.caroto.gr/

http://www.4troxoi.gr/