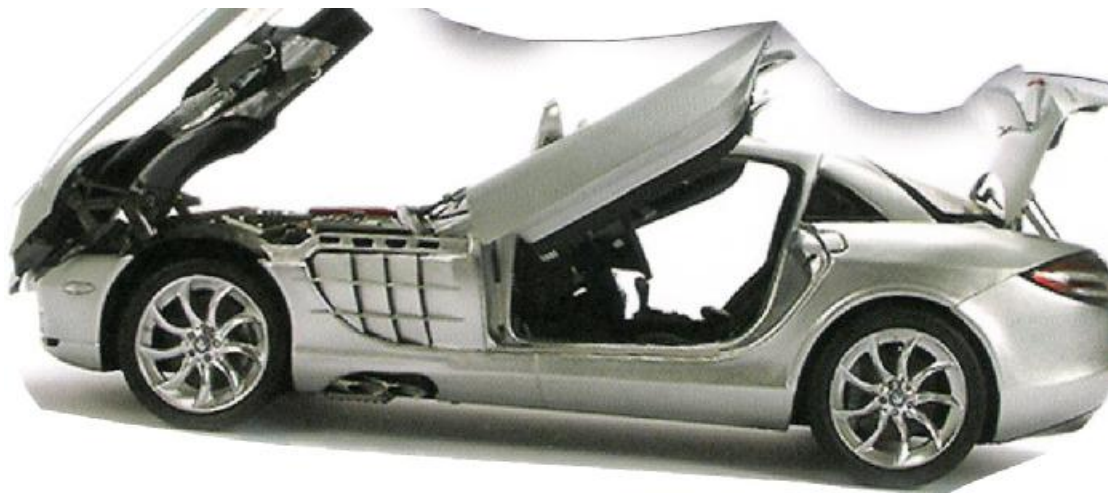


ΑΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ

Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών

Τμήμα Μηχανολογίας



Εναλλακτικές λύσεις υλικών για αμαξώματα
αυτοκινήτων

Εισηγητές : Απατάγγελος Ανδρέας : Καθηγητής Εφαρμογών ΑΤΕΙ

Κανελλάκης Ιωάννης : Καθηγητής Εφαρμογών ΑΤΕΙ

Φοιτητές : Θεοχάρης Αθανάσιος του Παναγιώτη A.M.: 4209 ΠΤΒ´

Μεντζίνης Γεώργιος του Θωμά A.M.: 4337 ΠΤΑ´

Εαρινό Εξάμηνο Σπουδών 2007

12 Ιουνίου 2007

Περίληψη

Οι κυριότεροι σκοποί αυτής της εργασίας είναι να εξετάσει πιθανά υλικά για αμαξώματα αυτοκινήτων, να μελετήσει τις ιδιότητες των ποικίλων υλικών και να εξετάσει τις εξελίξεις σε αυτόν τον τομέα. Συγκεκριμένα, ο στόχος της εργασίας είναι να ερευνήσει νέες εφαρμογές του ατσάλιου στην αυτοκίνηση, συμπεριλαμβανομένων της μικροκατασκευής, της επεξεργασίας και των ιδιοτήτων και να μελετήσει τη χρησιμότητα κραμάτων αλουμινίου σε εφαρμογές στα αμαξώματα.

Το ατσάλι είναι πιθανό να παραμείνει το κυρίαρχο υλικό στην κατασκευή αμαξωμάτων στον ισχυρό τομέα του αυτοκινήτου και τον επόμενο αιώνα. Υπάρχουν πολλοί λόγοι γι' αυτό. Το καθαρό ατσάλι «παρέχει» στους κατασκευαστές αυτοκινήτων τον καλύτερο συνδυασμό κερδοφορίας και παραγωγικότητας, το οποίο σημαίνει ότι το υλικό αυτό συνεχίζει να αποδεικνύει την πολλαπλή χρησιμότητά του, να εξελίσσεται βαθμιαία για να ανταποκριθεί στις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις της αυτοκινητοβιομηχανίας μέσω καινοτόμων προϊόντων και επεξεργασίας και μέσω συνεργαζόμενων επιχειρήσεων. Επιπλέον, το ατσάλι ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις της αγοράς για φυσικές ιδιότητες, για ανακύκλωση, για χαμηλές αρχικές και κατασκευαστικές δαπάνες και για ποιότητα στην επιφάνεια.

Επίσης, έχει μια αποδεδειγμένα επιτυχημένη σειρά εφαρμογών στην κατασκευή πρωτότυπου εξοπλισμού και στην επισκευή μετά τη διάθεση στην αγορά. Έτσι, η τεχνολογία στη κατασκευή ατσάλινων αμαξωμάτων έχει καθιερωθεί και, χωρίς αμφιβολία, θα βελτιωθεί για να μειωθεί το βάρος τους. Παρ' όλα αυτά, είναι απίθανο ότι αυτό θα είναι αρκετό και ότι η αυτοκινητοβιομηχανία θα συνεχίσει να στρέφεται σε εναλλακτικά,

ελαφρύτερα μηχανολογικά υλικά σε αναζήτηση για περαιτέρω μειώσεις βάρους. Προκειμένου να γίνει λόγος για ένα εναλλακτικό μηχανολογικό υλικό που θα μειώσει το βάρος των μηχανοκίνητων οχημάτων, θα πρέπει να εξετάσουμε τα κράματα αλουμινίου. Θα παρουσιάσουμε την τεχνολογία που επιτρέπει τη χρήση του αλουμινίου στη μαζική παραγωγή ελαφρών σκελετών αυτοκινήτων και μερικές από τις εργασίες που έχουν αποδείξει ότι αυτή η τεχνολογία μπορεί να εφαρμοστεί. Χρησιμοποιώντας αλουμίνιο σαν υλικό αμαξώματος στα αυτοκίνητα, θα βοηθήσει να ανταποκριθούμε στις απαιτήσεις της ολοένα και μεγαλύτερης δέσμευσής μας προς το περιβάλλον. Το μικρό βάρος του αλουμινίου ευνοεί την κατασκευή οχημάτων που καταναλώνουν λιγότερα καύσιμα και παράγουν λιγότερα αέρια. Δίνει στους κατασκευαστές αυτοκινήτων μεγαλύτερη ευελιξία στη σχεδίαση και, φυσικά, το αυτοκίνητο το οποίο είναι εξ' ολοκλήρου από αλουμίνιο είναι ανακυκλώσιμο. Στη πραγματικότητα, το ελαφρύ αλουμινένιο αυτοκίνητο λειτουργεί καλύτερα γιατί, με μικρότερο όγκο και χαμηλότερο κέντρο βάρους, αντιδρά πιο γρήγορα και με λιγότερη προσπάθεια από ένα παρομοίου μεγέθους αλλά βαρύτερο αυτοκίνητο. Το αλουμίνιο δεν χρησιμοποιείται πλέον αποκλειστικά σε συλλεκτικά υπεραυτοκίνητα, και με κατοχυρωμένες συστηματικά μοντέρνες μεθόδους κοπής μετάλλων μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη μαζική παραγωγή ασφαλών αλουμινένιων αυτοκινήτων.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</u>	6
<u>Εισαγωγή</u>	6
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</u>	10
<u>Γενικές πληροφορίες για το ασάλι</u>	10
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</u>	11
<u>Γενικές πληροφορίες για το αλουμίνιο</u>	11
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</u>	15
• <u>ΑΤΣΑΛΙ</u>	15
<u>4.1) Σχεδιαστικές απόψεις</u>	15
<u>4.2) Η λειτουργικότητα του ατσαλιού με βάση την ασφάλεια και ανάλυση της αντίδρασής του στη σύγκρουση</u>	15
<u>4.3) Επιλογή υλικού – Ατσάλι ή Αλουμίνιο</u>	16
<u>4.4) Η δυνατότητα ανακύκλωσης του ατσαλιού</u>	18
<u>4.5) Πρόοδοι στα ατσάλινα προϊόντα</u>	19
<u>4.6) « Το υπέρ ελαφρύ ατσαλένιο αμάξωμα αυτοκινήτου (ULSAB)»</u>	20
<u>4.7) Τα ενδιαφέροντα σχεδιαστικά σημεία της εργασίας ULSAB</u>	22
<u>4.8) Τεχνικές φινιρίσματος του αμαξώματος για την εμπόδιση της διάβρωσης</u>	23
<u>4.9) Υψηλής ανθεκτικότητας ασάλι</u>	24
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5</u>	25
• ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ ΓΙΑ ΑΜΑΞΩΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	25
<u>5.1) ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ</u>	25
<u>5.2) Η αποδοχή του αλουμινίου από την βιομηχανία</u>	27
<u>5.3) Πως παράγεται το αλουμίνιο</u>	29
<u>5.4) Ιδιότητες του αλουμινίου</u>	31
<u>5.5) Χρήση του αλουμινίου</u>	34
<u>5.6) Κράματα αλουμινίου</u>	35
<u>5.7) Λιωμένο μέταλλο και δημιουργία</u>	38
<u>5.8) Η αρχιτεκτονική του αλουμινίου</u>	38
<u>5.9) Η τεχνολογία αλουμινένιων οχημάτων AVT από την Alcan</u>	39
<u>5.10) Η συγκόλληση του αλουμινίου</u>	40
<u>5.11) Η ανακύκλωση του αλουμινίου</u>	42
<u>5.12) Αντοχή του αλουμινίου στις εξωτερικές συνθήκες</u>	45
<u>5.13) Πεπιεσμένο κράμα αλουμινίου</u>	50
<u>5.14) Χωροκεντρικό πλαίσιο αυτοκινήτου από κράμα αλουμινίου</u> ..	51

<u>5.15) Πως το αλουμίνιο χρησιμοποιείται στη κατασκευή ενός συμβατικού πλαισίου</u>	53
<u>5.16) Το κόστος του αλουμινίου</u>	55
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6</u>	56
<u>Ελαφριά οχήματα</u>	56
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7</u>	61
<u>Αλουμίνιο vs ατσάλι στη κατασκευή αμαξωμάτων</u>	61
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8</u>	61
<u>Ατσάλι vs αλουμίνιο στη δράση</u>	61
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9</u>	64
<u>Τα νέα υλικά στη βιομηχανική παραγωγή</u>	64
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10</u>	65
<u>Ανακυκλώνοντας παλιά οχήματα</u>	65
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11</u>	67
<u>Συμπεράσματα</u>	67

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

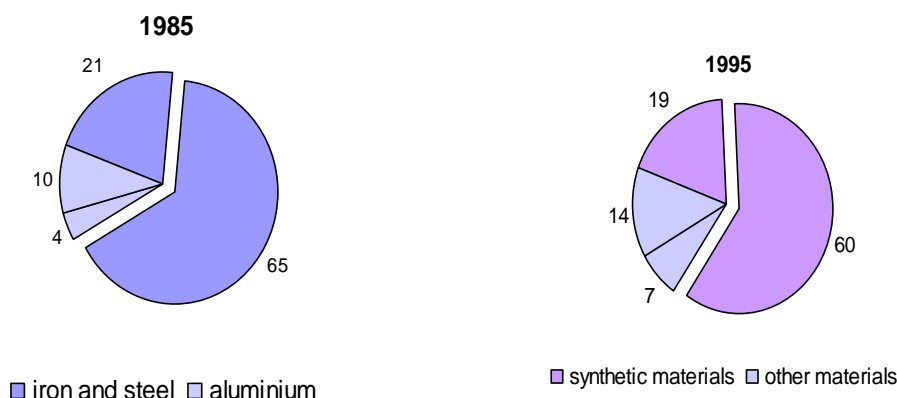
Εισαγωγή

Είναι ζωτικής σημασίας η ανάγκη να προστατεύσουμε τις πηγές καυσίμων και να μειώσουμε τη μόλυνση του περιβάλλοντος. Κάθε προσωπικό αυτοκίνητο ή κάθε μηχανοκίνητο όχημα ευθύνονται σε σημαντικό βαθμό για τη χρήση καύσιμης ύλης και για την προκύπτουσα μόλυνση από τις εκπομπές αερίων. Η συνείδηση του καταναλωτή και η κυβερνητική νομοθεσία στον εκβιομηχανισμένο κόσμο ασκεί μεγάλη πίεση στην αυτοκινητοβιομηχανία για μείωση της κατανάλωσης καυσίμων και των εκπομπών αερίων.

Περισσότερη ενέργεια καταναλώνεται κατά τη χρήση του οχήματος παρά στη κατασκευή, συμπεριλαμβανομένης της παραγωγής των υλικών. Τη μεγαλύτερη επιρροή στην ενεργειακή χρήση κατά τη λειτουργία ενός οχήματος ασκεί το βάρος του το οποίο πρωταρχικά επηρεάζει την επιτάχυνση σε κανονική χρήση. Ενώ μεγάλη πρόοδος έχει γίνει στην αεροδυναμική του αυτοκινήτου και στην γραμμή οδηγικής απόδοσής του, το βάρος του αυτοκινήτου συνεχίζει να αυξάνεται λόγω βελτιωμένων ειδικοτήτων και ασφαλών χαρακτηριστικών. Στη πραγματικότητα, τα οχήματα γίνονται βαρύτερα με κάθε αλλαγή στο μοντέλο σαν συνέπεια των αυξανόμενων απαιτήσεων για ασφάλεια, περιβαλλοντική συμβατότητα και εκπομπές αερίων και εξαιτίας της αυξανόμενης άνεσης. Τα ακόλουθα μέτρα, τα οποία σχετίζονται με δομικά υλικά, μπορούν να μειώσουν τη τάση για βαρύτερα οχήματα.

Ο πιο πιθανός τομέας για περαιτέρω βελτίωση στην οικονομία καυσίμων και στις εκπομπές αερίων είναι το βάρος του αμαξώματος.

Το βάρος του οχήματος, ή ο όγκος, έχει δύο κύριες συνέπειες στη δύναμη που απαιτείται για να κατευθύνει το όχημα. Πρώτον, να ξεπεραστεί η αντίσταση της κίνησης ώστε να επιτευχθεί η σταθερή ταχύτητα και δεύτερον να αυξηθεί η επιτάχυνση. Αφού η οδήγηση επιβατηγού αυτοκινήτου συνεπάγεται ένα αξιόλογο διάστημα σύντομης λειτουργίας, ο όγκος του οχήματος συμβάλλει σημαντικά στη κατανάλωση καυσίμων. Φιλόδοξα προγράμματα μείωσης του βάρους για τα σύγχρονα (ή τότε σύγχρονα) οχήματα από πολλούς κατασκευαστές κατά τη διάρκεια ετών συχνά δεν απέδωσαν τα προσδοκώμενα αποτελέσματα. Αυτό μπορεί να αποδειχθεί δύσκολο και ακριβό αν δεν επιχειρηθεί στην αρχή ενός καινούριου προγράμματος αυτοκίνησης. Ο μέσος όρος του βάρους των οχημάτων, αντί να μειωθεί τα τελευταία χρόνια, έχει στη πραγματικότητα αυξηθεί.



Εικόνα 1. Αριστερά : Η συμβολή των ποικίλων υλικών στο συνολικό βάρος ενός επιβατηγού αυτοκινήτου μεσαίας κατηγορίας. Δεξιά: Πρόβλεψη των αλλαγών στην παραπάνω κατανομή κατά τα επόμενα έτη. Ένα όμοια εξοπλισμένο όχημα θα είναι κατά προσέγγιση 10% ελαφρύτερο.

Όπως ήδη γνωρίζουμε, η νομοθεσία για τις εκπομπές (αερίων) σε συνδυασμό με τις απαιτήσεις των καταναλωτών έχουν οδηγήσει σε όλο και περισσότερο δυνατά, υπερσύγχρονα και συνεπώς βαρύτερα αυτοκίνητα τα οποία εκ φύσεως απαιτούν περισσότερη ενέργεια για να τα κατευθύνει. Ο εξοπλισμός που παρέχει ένα πιο άνετο περιβάλλον οδήγησης περιλαμβάνει: κλιματισμό, αγωνιστικά καθίσματα, συστήματα πολύμέσων ψυχαγωγίας, κεντρικό κλείδωμα, αγωνιστική υποβοηθούμενη διεύθυνση, ηλεκτρικά παράθυρα, ηλιοροφή, πτυσσόμενη οροφή, ηλεκτρικά ρυθμιζόμενοι καθρέφτες.

Μερικά από αυτά τα χαρακτηριστικά ενισχύουν την ασφάλεια και πολλά άλλα ειδικά χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την ασφάλεια, εκ των οποίων μερικά απορρέουν από νομοθετικές απαιτήσεις, έχουν προστεθεί:

1. αντικλεπτικό σύστημα και πλευρικές μπάρες ασφαλείας
2. αντιολισθητικός/ελκτικός έλεγχος, αερόσακοι
3. προενταντήρες ζωνών ασφαλείας

Έτσι, όχι ξαφνικά, με πολλά από αυτά τα πρόσθετα χαρακτηριστικά να πλαισιώνουν τα σύγχρονα επιβατηγά αυτοκίνητα η μείωση της κατανάλωσης καυσίμων έχει συχνά δοκιμαστεί. Εφαρμόζοντας ένα γενικό κανόνα, για ένα μεσαίου μεγέθους συμβατικό επιβατηγό αυτοκίνητο, μια μείωση βάρους των 100kg, δίνει αποτελέσματα μείωσης καυσίμων σε 0,3 - 0,4lt/100km βάσει τη μέθοδο υπολογισμού της Euromix, συνολικά γύρω στα 4% με 5%, αν και οι στατιστικές δείχνουν ότι αυτό είναι υπεραισιόδοξο και γύρω στα 2,5% συνολικά με μια πιο ακριβή εκτίμηση. Ο παρακάτω πίνακας δείχνει, ότι στα πλαίσια της αποδεκτής δύναμης των φύλλων, οι γυαλιστερές, ισχυρές

πλαστικές ίνες και το αλουμίνιο παρέχουν πολύ καλή απόδοση και αντοχή σε όγκο ανά μονάδα επιφανείας. Αξιοσημείωτο είναι τα αλουμινένια φύλλα του αμαξώματος, αν και είναι πολύ λεπτά, είναι τα 2/3 του όγκου ανά μονάδα επιφανείας των αντίστοιχων ατσάλινων.

Υλικό	Πάχος(mm)	Πυκνότητα(g/cm ³)	Όγκος ανά μονάδα επιφανείας	
			Kg/m ³	Αναλογία σε ατσάλι
Φύλλο ατσαλιού	0.7	7.8	5.46	1.00
Γυαλιστερές ισχυρές πλαστικές ίνες	2.5	1.7	4.25	0.78
Αλουμίνιο	1.3	2.7	3.51	0.64

Εικόνα 2: Ιδιότητες των υλικών των αμαξωμάτων των επιβατηγών αυτοκινήτων

Οι κατασκευαστές κάνουν αξιοσημείωτες προσπάθειες να μειώσουν το βάρος των οχημάτων. Επομένως, τα υψηλής απόδοσης επιβατηγά αυτοκίνητα του μέλλοντος θα είναι ελαφρύτερα από τα παρόντα σχέδια, και θα επιτευχθεί μια αρκετά σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας. Η μείωση του βάρους βασίζεται σε τρεις βασικές μεθόδους:

1. βελτιωμένη σχεδίαση του αμαξώματος χρησιμο-ποιώντας προηγμένες τεχνικές μέσω υπολογιστών και

κατασκευαστικές τεχνικές που να βελτιώνουν τη διανομή φορτίου και να ελαχιστοποιούν τη χρήση άχρηστων υλικών.

2. αντικατάσταση υλικών, όπου εναλλακτικά ελαφρύ-τερα και/ή δυνατότερα υλικά χρησιμοποιούνται πιο εκτεταμένα, όπως μεγάλης αντοχής ατσάλι, αλουμίνιο (και ίσως μαγνήσιο και μια ποικιλία από πλαστικό και σύνθετων)
3. καλύτερη σχεδίαση οχημάτων και αποθηκευτικών χώρων για την αναβάθμιση του χρήσιμου χώρου επιβατών και αποσκευών μέσα σε ένα γενικά πιο περιορισμένο σχήμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Γενικές πληροφορίες για το ατσάλι

Το ατσάλι, το παραδοσιακό υλικό αμαξωμάτων και πλαισίων επιβατηγών αυτοκινήτων πέρασε μια ταραχώδη φάση πρόσφατα – στο πλαίσιο των πιθανοτήτων που έχει για συνέχιση της κυριαρχίας του στην επικρατούσα μαζική παραγωγή οχημάτων. Νέα και εξελιγμένα υλικά αμαξωμάτων, πρωταρχικά το αλουμίνιο, και καινοτόμες κατασκευαστικές τεχνικές έχουν τύχει αξιοσημείωτης προσοχής λόγω της συνεχούς ανάγκης για επάρκεια καυσίμων και για ανακύκλωση των μηχανικών εξαρτημάτων και υλικών. Η βιομηχανία ατσαλιού έχει αντα-ποκριθεί επενδύοντας σε προηγμένες τεχνικές σχεδίασης και σε νέα υψηλής αντοχής κράματα για να αποδείξει τη δυνατότητα μείωσης του βάρους των παραδοσιακών ατσαλένιων αμαξωμάτων.

Το ατσάλι έχει το πλεονέκτημα να έχει σχετικά χαμηλό κόστος, να είναι από τα υλικά μαζικής παραγωγής αμαξωμάτων με ευρεία γνώση των μηχανικών ιδιοτήτων του, να έχει διαπλαστικές

και συνδετικές δυνατότητες και ιδιαίτερη συμπεριφορά κατά τη διάρκεια ελέγχου του σε σύγκρουση.

Βάσει της έρευνας και της εργασίας Ultra-Light Steel Auto Body (ULSAB), στη κατασκευή αμαξωμάτων, πρέπει να αξιολογηθούν τα νέα σχέδια για το βάρος, τη παραγωγή, την ακαμψία, το κόστος και άλλα κριτήρια λειτουργίας. Η αρχική φάση σχεδίασης της εργασίας ULSAB, την οποία έχει αναλάβει η γερμανική μηχανο-λογική εταιρεία Porsche, κατέληξε σε μια καινούρια ιδέα ατσάλινου σκελετού ο οποίος αναμένεται να είναι γύρω στο 25% ψηλότερος, πιο αλύγιστος, φθηνότερος και με λιγότερα κομμάτια από τα τρέχοντα τυπικά, μεσαίου μεγέθους αυτοκίνητα. Εφόσον ο σκελετός αντιπρο-σωπεύει τυπικά το 20% του βάρους ενός ολοκληρωμένου οχήματος, αυτό μεταφράζεται σε μια γενική μείωση του βάρους από 5% έως 6%.

Η αρχική φάση της εργασίας ULSAB εντόπισε πολλές εξελιγμένες κατασκευαστικές τεχνικές και καινούρια υλικά απαραίτητα για να επιτευχθεί μια τέτοια βελτίωση, όπως η χρήση ειδικών ατσάλινων, πρωτοποριακά συγκολλημένων με τεχνικές οι οποίες περιλαμβάνουν τη χρήση ακτίνων λέιζερ και νερού σε συνδυασμό των δύο και δομικών συνδέσμων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Γενικές πληροφορίες για το αλουμίνιο

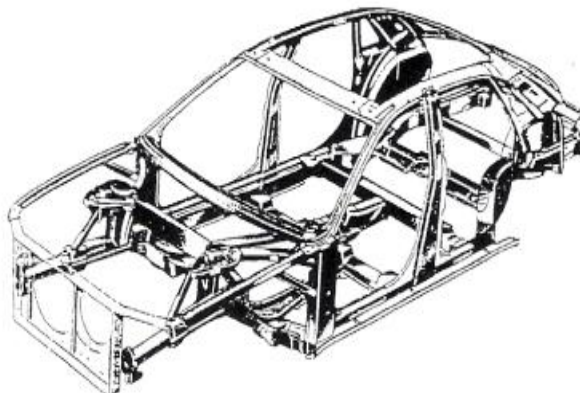
Το πρωταρχικό πλεονέκτημα του αλουμινίου είναι το μικρό βάρος του, σε σύγκριση με το ατσάλι, αν και πρέπει να αναμιχθεί (με μαγνήσιο και σιλικόνη μεταξύ άλλων) και να υποστεί θερμική κατεργασία για να αποκτήσει επαρκή αντοχή. Είναι, επιπλέον, πιο εύκολα ανακυκλώσιμο και έχει μεγαλύτερη αντοχή στη διάβρωση από τα περισσότερα μέταλλα. Τα κυριότερα

μειονεκτήματά του, επίσης σε σχέση με το ασάλι, είναι μικρότερη ελαστικότητα (απαιτεί παχύτερο σκελετό για αντίσταση σε βαθούλωμα), μικρότερη ικανότητα ψυχρής διαμόρφωσης (το οποίο περιορίζει τη δυνατότητα διαμόρφωσής του και έχει συνέπειες στην απόσβεση της ενέργειας κατά τη διάρκεια μιας σύγκρουσης), έλλειψη ορίου καταπόνησης και, ίσως το πιο σημαντικό, είναι πολύ πιο ακριβό να παραχθεί.

Η ζωτική μείωση του βάρους για ένα ολοκληρωτικά κατασκευασμένο από αλουμίνιο αμάξωμα επιβατηγού αυτοκινήτου βασισμένη στην κατασκευή αεροναυτικών πλαισίων, είναι μεταξύ 30% και 45% του παραδοσιακού ασάλινου. Παρ' όλα αυτά, με την πρόσφατη πίεση της βιομηχανίας σιδήρου και ατσαλιού να επιδείξει τα τελευταία υψηλής αντοχής μέταλλα, τις προηγμένες τεχνικές κατασκευής και τα βελτιωμένα σχέδια αμαξωμάτων, αυτή η μείωση είναι πιθανό να ανατραπεί στο μέλλον. Αν οι καινούριοι σκελετοί γίνουν 25% ελαφρύτεροι απ' ό,τι τώρα, το πλεονέκτημα του αλουμινίου μπορεί πιθανώς να πέσει στο 7% με 27%.

Ένα από τα κυριότερα μειονεκτήματα του αλουμινίου, αναφορικά με το ασάλι, είναι η τιμή του. Είναι από τρεις έως πέντε φορές ακριβότερο από το ασάλι.

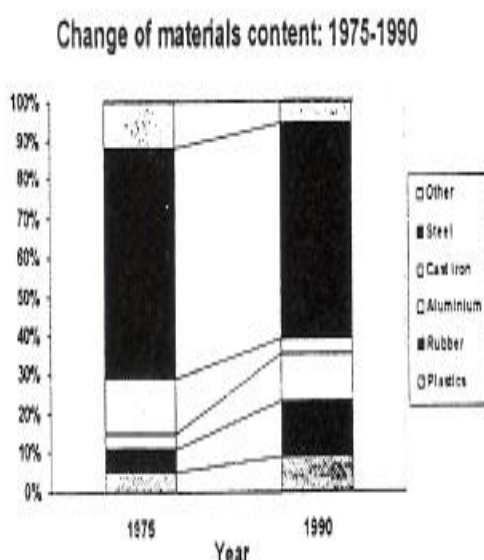
Άλλα θέματα σχετικά με τη χρήση του αλουμινίου στη κατασκευή αμαξωμάτων είναι η δυνατότητα διαμόρφωσής του. Η βιομηχανία σιδήρου και ατσαλιού ισχυρίζεται ότι μια πεπαισμένη αλουμινένια κατασκευή θα απαιτούσε 5% με 10% περισσότερες συμπίεσεις, εξαιτίας της μικρής δυνατότητας διάπλασης του υλικού (μικρότερη ελαστικότητα και ικανότητα ψυχρής διαμόρφωσης), και ότι το εναλλακτικό, ένα χωροκεντρικό πλαίσιο σαν και αυτό που χρησιμοποιήθηκε στο A8 δεν είναι κατάλληλο για μεγάλης έκτασης και συχνότητας παραγωγικής διαδικασίας.



Εικόνα 3: Αλουμινένιος σκελετός για το Audi A8

Οι υποστηρικτές του αλουμινίου λένε ότι, δίνοντας προσοχή στη λεπτομερή σχεδίαση, φύλλα με αποδεκτή μορφή και λειτουργία είναι πιθανά, και ότι αυτά τα εναλλακτικά έχουν τη δυνατότητα να συγκολληθούν παρα-δοσιακά ή με νέες μεθόδους αερίων όπως π.χ. με κολλώδεις συνδέσμους, μηχανικούς συνδέσμους και ηλεκτροπόντα (συνδυάζοντας τους κολλώδεις συνδέσμους και την ηλεκτροπόντα για την αποφυγή της αστοχίας της ένωσης δια μέσου της αποφλοιώσης μερίδας του υλικού) επιτρέπουν υψηλή κατασκευαστική στιβαρότητα και σχετικά μικρό κόστος κατασκευής. Οι χαμηλότερες στερεότυπες τιμές ελαστικότητας του αλουμινίου έχουν ένα πλεονέκτημα στην NVH (Θόρυβος Δόνηση και Βιαιότητα). Τα αλουμινένια φύλλα αμαξωμάτων αυξάνουν την αρμονική συχνότητα της κατασκευής τους και ένα ολοκληρωτικά ελαφρύτερο αυτοκίνητο αυξάνει τις μοντελικές συχνότητες, βελτιώνοντας περαιτέρω τη ποιότητα της NVH. Το ερώτημα για την απόδοση του αλουμινίου σε συγκρούσεις οχημάτων είναι κάπως αμφισβητήσιμο. Η διαφωνία συνεχίζεται

μεταξύ της βιομηχανίας σιδήρου και της βιομηχανίας αλουμινίου όσον αφορά την απόδοσή του σε πραγματικές συνθήκες πρόσκρουσης. Αν και αναφέρεται ότι το αλουμίνιο απορροφά περισσότερη ενέργεια σε μια ισοδύναμη βάση, το μικρότερο βάρος του ακυρώνει αυτό το πλεονέκτημα, και το ερώτημα γιατί η κατασκευή απέτυχε να αντιμετωπίσει τη σύγκρουση είναι επίσης σημαντικό. Το αλουμίνιο αντιδρά πολύ καλά σε οξείες συγκρούσεις όπως και το ασάλι. Ωστόσο, όταν συνδυάζεται με την αποτυχία στο λύγισμα το αλουμίνιο αντιδρά λιγότερο καλά απ' ό,τι το ασάλι εξαιτίας της μικρότερης αντίδρασής του στη ψυχρή διαμόρφωση. Ένα άλλο θέμα είναι η έλλειψη ορίου καταπόνησης του αλουμινίου το οποίο απαιτεί συγκριτικούς παράγοντες και δομές ώστε να δοκιμαστεί πιο ειδικά και αναλυτικότερα από το ασάλι πράγμα το οποίο προσθέτει ένα επιπλέον κόστος στο κατασκευασμένο από αλουμίνιο αμάξι.



Αλλαγές στα υλικά αυτοκινήτων: 1975 – 1990 δείχνει τις αλλαγές στα υλικά των τυπικών επιβατηγών αυτοκινήτων από το 1975 έως το 1990.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

- **ΑΤΣΑΛΙ**

4.1) Σχεδιαστικές απόψεις

Το ατσάλινο χωροκεντρικό πλαίσιο αμαξώματος παρέχει δύναμη, ακαμψία και παθητική ασφάλεια με τη βέλτιστη χρήση των υλικών. Οι φυσικές ιδιότητες και η σταθερότητα του καθαρού ατσαλιού, συνδυασμένες με αυτοματοποιημένη παραγωγή αυτοκινήτων σημαίνει ότι η χωροκεντρική κατασκευή έχει γίνει και θα συνεχίσει να είναι το καλύτερο εμπορικό επιχείρημα για μαζική παραγωγή. Οι χωροκεντρικές κατασκευές από ατσάλι ή αλουμίνιο είναι καταλληλότερες για μικρότερη παραγωγή. Οι οικονομικές απαιτήσεις σε μηχανολογικό εξοπλισμό είναι μικρότερες και λιγοστά μέρη απαιτούνται σε σύγκριση με το χωροκεντρικό.

4.2) Η λειτουργικότητα του ατσαλιού με βάση την ασφάλεια και ανάλυση της αντίδρασής του στη σύγκρουση

Δοκιμασίες σε στρογγυλές κατασκευές με συνδέσμους συγκολλήσεως από ατσάλι των 1,2 mm και από αλουμίνιο των 2mm οι οποίες έγιναν στο Τεχνολογικό Κέντρο Ατσαλιού στην Ουαλία έχουν αποδείξει την ανώτερη σχεδιαστική ευελιξία των ατσάλινων κατασκευών. Στιγμιαίες δοκιμασίες ταχυτήτων πάνω από 30 m/h γίνονταν πιο συχνά από τις ανάλογες περιορισμένες στα 16 m/h σύμφωνα με την Alcan.

Διπλές στρογγυλές και εξαγωνικές ασάλινες κατασκευές, οι οποίες εκτέθηκαν σε σταθερές, αποτελεσματικές ενεργειακές μεθόδους κατάρρευσης αλλά και σε υψηλές μη σταθερές μεθόδους κατάρρευσης, οι οποίες τις οδήγησαν στη γνωστή κάμψη του Euler, είχαν συγκριθεί με τις κατασκευές από κράμα αλουμινίου οι οποίες κατατάσσονται στην 5754 βαθμίδα. Η εικόνα 4 δείχνει το αποτέλεσμα της μιας από αυτές τις δοκιμασίες στα 30 m/h.



Εικόνα 4. αλουμίνιο ασάλι

Η αποτυχία της πρώτης πόντας συγκολλήσεως γύρω από τη τροχιά της αλουμινένιας κατασκευής συνέβαλε σ' αυτήν την αστάθεια. Η αντίσταση της πόντας συγκολλήσεως στο αλουμίνιο είναι πιο αδύναμη από αυτή πάνω σε ασάλι, η οποία καθαρότατα έχει συνέπειες από τη άποψη απόδοσης σε σύγκρουση των αλουμινένιων κατασκευών. Η μεγαλύτερη σχεδιαστική ευελιξία του ατσαλιού σημαίνει επίσης ότι ένα διπλό, στρογγυλό σχέδιο στο οποίο έχουν συγχωνευθεί λιγότερα υλικά από ότι σε ένα εξαγωνικό σχέδιο, θα γίνει πιο λεπτό βοηθώντας ταυτόχρονα και τα δύο σχέδια και τη παραγωγή να καταπολεμήσουν το σύνολο των περιορισμών.

4.3) Επιλογή υλικού – Ατσάλι ή Αλουμίνιο

Μια ποικιλία μετάλλων χρησιμοποιείται συνήθως στην ΒΙW, παρέχοντας πολλά ειδικά τεχνικά χαρακτηριστικά τα οποία συνοψίζονται στο παρακάτω πίνακα (εικ. 5).

Η καινοτομία στη τεχνολογία της παραγωγής ατσαλιού είναι τέτοια, που η πλειοψηφία των χρησιμοποιούμενων μετάλλων στην σημερινή ΒΙW δεν ήταν διαθέσιμη πέντε με δέκα χρόνια πριν. Πρόοδοι σε υψηλής ανθεκτικότητας ατσάλι έχουν γίνει με την αντικειμενική μετακίνηση σε υψηλότερης ανθεκτικότητας και διαμόρφωσης επίπεδα. Οι 5000 και 6000 σειρές κραμάτων αλουμινίου, οι οποίες είναι διαθέσιμες για τη κατασκευή φύλλων αμαξωμάτων και κατασκευαστικών στοιχείων, κυμαίνονται μεταξύ ενός στενού φάσματος συγκρινόμενου με το ψυχρά διαμορφωμένο καθαρό ατσάλι.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ	ΚΕΡΔΟΣ
<ul style="list-style-type: none"> • Ισορροπία αντοχής και διαμόρφωσης • Υψηλότερη δυνατότητα διαμόρφωσης, ειδικά πολύ καλή ικανότητα όλκης • Ευκολότερος χειρισμός • Καλύτερη ικανότητα συγκόλλησης με πόντες - πολύ καλή δυνατότητα μηχανικής πρόσδεσης • Προφανές όριο καταπόνησης • Λιγότερα προβλήματα γαλβανικής διάβρωσης • Ευκολότερο βάψιμο αλουμινένιων και ατσαλένιων αμαξωμάτων 	<ul style="list-style-type: none"> • Σχεδιαστική ευελιξία • Σχεδιαστική ευελιξία • Υψηλής ποιότητας κομμάτια, λιγότερα έξοδα • Υψηλής ποιότητας κομμάτια, λιγότερα έξοδα • Σχεδιαστική ευκολία • Σχεδιαστική ευκολία • Λιγότερα έξοδα

Εικόνα 5. Τα πλεονεκτήματα του ατσαλιού για τη παραγωγή αμαξωμάτων

Τα κράματα αλουμινίου κατέχουν μια κατώτερη ισορροπία δυνάμεων και διαμόρφωσης και αυτό το κενό στην απόδοση θα διευρυνθεί με την ανάπτυξη των βελτιωμένων κατηγοριών όπως των υψηλά ανθεκτικών IF ατσαλιών.

Η ανθεκτικότητα από άποψη αντίστασης σε κυκλικές καταπονήσεις είναι ένας άλλος τομέας στον οποίο στην πράξη τα κράματα εκτίθενται στα όριά τους.

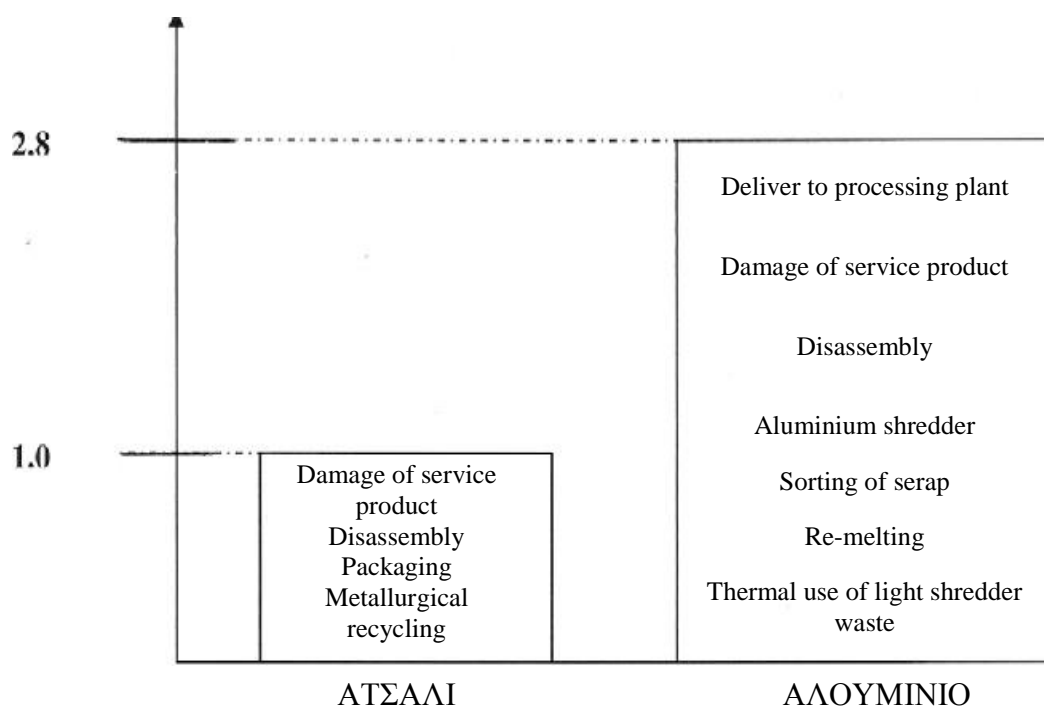
Η ευκολία στον χειρισμό, η αντίσταση της συγκόλλησης και η επισκευή των ζημιών του οχήματος είναι, επίσης, πλεονεκτήματα του ατσαλιού ενάντια στα εναλλακτικά είδη άλλων υλικών.

4.4) Η δυνατότητα ανακύκλωσης του ατσαλιού

Θα πρέπει να εξεταστεί το θέμα των αποβλήτων προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι επιπτώσεις στο περιβάλλον. Η αντικατάσταση ενός φύλλου ατσαλιού, το οποίο μπορεί να ανακυκλωθεί με μικρό κόστος, από ένα ελαφρύτερο υλικό του οποίου, όμως, η ανακύκλωση κοστίζει πιο ακριβά, δεν προσφέρει κανένα όφελος στο περιβάλλον.

Αλλαγές στο μείγμα του υλικού δεν θα επηρεάσουν σημαντικά την ανακύκλωση του ατσαλιού γιατί μπορεί εύκολα να διαχωριστεί μαγνητικά από όλα τα άλλα υλικά στο αυτοκίνητο. Επιπλέον, ένα κομμάτι μπορεί να ανακυκλώνεται επ' άπειρον σε μια σειρά υψηλής ποιότητας προϊόντων, συμπεριλαμβανομένου ενός φύλλου, μέρους του αμαξώματος ενός αυτοκινήτου.

Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις που παρουσιάζονται στο σχέδιο της εικόνας 6, το κόστος της ανακύκλωσης ενός αλουμινένιου αμαξώματος είναι σχεδόν τρεις φορές υψηλότερο από το αντίστοιχο ενός ατσαλένιου.



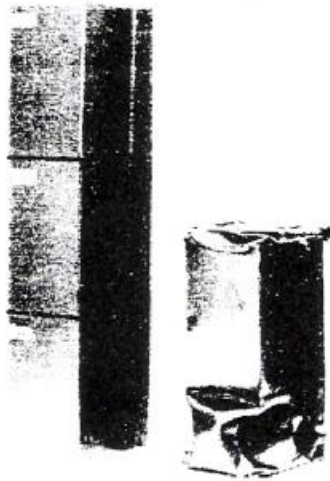
Εικόνα 6. Εκτίμηση εξόδων για την ανακύκλωση ατσαλένιου και αλουμινένιου αμαξώματος

4.5) Πρόοδοι στα ατσάλινα προϊόντα

Η βιομηχανία ατσαλιού παγκοσμίως έχει κάνει σημαντικές προόδους στη παραγωγή, στη τεχνολογική επεξεργασία και στην καλύτερη αξιοποίηση του ατσαλιού. Οι τεχνολογικές εξελίξεις είναι πιθανό να συγκρατήσουν το κόστος του ατσαλιού. Η συνεργασία μεταξύ των κατασκευαστών αυτοκινήτων έχει βοηθήσει στη μείωση του βάρους και του κόστους και στην εξέλιξη νέων μοντέλων με μεγαλύτερη έμφαση στο βελτιωμένο σχέδιο και στην αξιοποίηση.

Η τεχνολογία συγκόλλησης με λέιζερ βρίσκει ευρύτερη εφαρμογή και τα οφέλη των προσαρμοσμένων, κενών, συγκολλημένων με λέιζερ έχουν ευρέως αναφερθεί. Μια ενδιαφέρουσα προέκταση αυτής της τεχνικής είναι η εφαρμογή της συγκόλλησης με λέιζερ στο σύνολο των κατεστραμμένων μερών. Η εικόνα 7 δείχνει το αποτέλεσμα της σύγκρουσης ενός κλειστού

από πάνω κομματιού το οποίο εμπεριέχει τρία ελαφρά είδη ατσαλιών των 0,7 mm, 1.6 mm και των 1,2 mm τα οποία είναι συγκολλημένα με λέιζερ. Ενώ το πιο λεπτό κομμάτι λύγισε κάτω από την πίεση που δέχτηκε σε μια δοκιμασία και το κομμάτι των 1,2 mm κατέρρευσε με ελεγχόμενο τρόπο, το κεντρικό κουτί, το οποίο αποτελεί ένα τμήμα διαβίβασης, έμεινε στη πραγματικότητα ανέπαφο.



Εικόνα 7. Στρογγυλά, κλειστά από πάνω, συγκολλημένα με λέιζερ τμήματα πριν και μετά από σύγκρουση

4.6) « Το υπέρ ελαφρύ ατσάλενιο αμάξωμα αυτοκινήτου (ULSAB)»

Στην επίτευξη των στόχων, το υπέρ ελαφρύ ατσάλενιο αμάξωμα, συχνά επιτυχημένα, εξισορροπεί τις απαιτήσεις για ασφάλεια, ακαμψία, κόστος και μείωση βάρους.

Μικρό βάρος. Το σύνθετο, σύνηθες βάρος των αμαξωμάτων αυτών των αντιπροσωπευτικών οχημάτων είναι

271kg, περί το 1/3 βαρύτερα από αυτό το υπέρ ελαφρύ ατσαλένιο αμάξωμα, το σχεδιασμένο από την Πόρσε, το οποίο ζυγίζει 205kg – βλέπε εικόνα 8.

Χαμηλό κόστος. Μια ανάλυση της ανεξάρτητης εταιρείας έρευνας κόστους IBIS, εκτιμά ότι αυτό το ελαφρύ αμάξωμα θα κόστιζε γύρω στα 154 δολάρια (14%) λιγότερο για να κατασκευαστεί από ένα αμάξωμα σχεδιασμένο σύμφωνα με τα τρέχοντα συμβατικά σχέδια. Η εξοικονόμηση χρημάτων απορρέει από ένα συνδυασμό ενός πιο καινοτόμου σχεδίου, λιγότερων κομματιών και πιο αποδοτικής παραγωγής.

	Αναφορά	USLAB	Στόχος	Διαφορά
Μάζα (kg)	271	205	200	-66
Συστροφική ακαμψία (Nm/deg)	11531	19056	13000	+7525
Ακαμψία (Nm/deg)	11902	12529	12200	+627
First BIW Mode(Hz)	38	51	40	+13
Κόστος (US)	1116	962	-	-154

Εικόνα 8. Σύνοψη απόδοσης

Αποδοτικό σχέδιο. Ενώ η μείωση του βάρους ήταν ο κύριος στόχος της εργασίας «υπέρ ελαφρύ ατσαλένιο αμάξωμα αυτοκινήτου», ήρθε, επίσης, αντιμέτωπη με φιλόδοξους στόχους για κατασκευαστική απόδοση επιτυγχάνοντας ένα πολύ άκαμπτο

αμάξωμα με μικρό όγκο. Επειδή η αύξηση του όγκου του αμαξώματος είναι εύκολος αλλά συχνά μη αποδοτικός τρόπος εξασφάλισης ακαμψίας και ασφάλειας, η κατάκτηση υψηλής κατασκευαστικής απόδοσης μπορεί να είναι ένας άπιαστος στόχος για του κατασκευαστές οχημάτων.

Ασφάλεια. Η εργασία «υπέρ ελαφρύ ατσαλένιο αμάξωμα (ULSAB)» έλαβε υπόψη μια ποικιλία εθνικών κριτηρίων για απόδοση στη σύγκρουση. Χρησιμοποιώντας προηγμένες τεχνικές μίμησης, η Porsche Engineering επιβεβαίωσε τη δυναμική της εργασίας ULSAB για την προστασία των επιβατών σε εμπρόσθιες, οπίσθιες και πλάγιες συγκρούσεις. Οι δοκιμασίες εξομοίωσης εμπρόσθιας και οπίσθιας σύγκρουσης πραγματοποιήθηκαν στα 35 m/h.

4.7) Τα ενδιαφέροντα σχεδιαστικά σημεία της εργασίας ULSAB

Ένας αριθμός κατασκευαστικών στοιχείων, τα οποία παραδοσιακά θα κατασκευάζονταν από μεταλλικά κομμάτια φύλλων, αντικαταστάθηκαν από κομμάτια υγροδιαμορφωμένων σωλήνων. Αυτό απαιτεί πολύ στενό έλεγχο κατά τον σχεδιασμό της περιμέτρου τμηματικά αλλά και αλλαγές όπως, επίσης, και μερικά μοναδικά συνδετικά σχέδια. Για να προσαρμοστούν άλλα εξαρτήματα της BIW στον αγωγό απαιτείται μια μονόπλευρη μέθοδος της συγκόλλησης με λείζερ.

Για λόγους κατασκευαστικής αποτελεσματικότητας, έγινε μια μη παραδοσιακή προσέγγιση αυτής της ένωσης με τη μεταφορά του χαμηλότερου κομματιού δια μέσου και του εσωτερικού και του εξωτερικού στύλου δημιουργώντας μια τρύπα.

Αυτό μπορεί να είναι αντίθετο στη διαίσθηση, αλλά, στη πραγματικότητα, δημιουργεί ένα μεγάλο κέρδος ακαμψίας της κατασκευής. Αυτό συμβαίνει επειδή το κέντρο μερικών ενώσεων γίνεται μια αποτυχημένη κατασκευαστικά περιοχή η οποία μπορεί να αφαιρεθεί.

Με σκοπό να μειωθεί ο υπολογισμός των κατασκευαστικών μερών μέσω της απομάκρυνσης των ενισχύσεων, τη μείωση της συνάθροισης των ενώσεων και την αύξηση της κατασκευαστικής αποτελεσματικότητας, ένας αριθμός των προσαρμοσμένων κενών κομματιών χρησιμοποιείται κατά τη σχεδίαση. Για παράδειγμα, οι εμπρόσθιες και οπίσθιες γραμμές, οι κυρτοί στύλοι «Α» και «Β», οι στεγασμένοι εμπρόσθιοι τροχοί και τα εσωτερικά φτερά.

4.8) Τεχνικές φινιρίσματος του αμαξώματος για την εμπόδιση της διάβρωσης.

Όχι μόνο το ασάλι αλλά και τα κράματα αλουμινίου και ακόμα το ανοξείδωτο ασάλι χρειάζονται τη κατάλληλη προστασία. Ειδική προσοχή στο σχεδιασμό των ενώσεων και στον εξαερισμό των μελών του κουτιού, έχει σαν αποτέλεσμα μεγάλο κέρδος σε επακόλουθες επισκευές του οχήματος.

Σοβαρή διάβρωση του αμαξώματος είναι γενικά αποδεκτό να ξεκινήσει από το εσωτερικό μη προστατευόμενων περιοχών του μετάλλου και μετά προχωρά προς τα έξω στον φλοιό της βαφής όπου δημιουργούνται και φουσαλίδες. Δύο τεχνικές οι οποίες χρησιμοποιούνται για να προστατέψουν τις εσωτερικές επιφάνειες είναι ο ψεκασμός με κερί και η θυσιαστική προστασία. Η τελευταία εμπεριέχει τη χρήση ενός στρώματος χρώματος, όπως ο

ψευδάργυρος (πιο αρνητικός στις ηλεκτροχημικές σειρές από τον σίδηρο), στην επιφάνεια του ατσαλιού, προωθώντας συνεχώς την καθοδική δράση και προστατεύοντας το ατσάλι θυσιάζοντας τον ψευδάργυρο.

Ο ψεκασμός με πετρέλαιο ή με κερί είναι μια πολύ χρήσιμη τεχνική, ειδικά όταν το αμάξωμα έχει υποστεί μια ηλεκτροχημική ψέκαση με αστάρι.

Εκτός από τη διάβρωση με οξυγόνο, το πρόβλημα της διάβρωσης με ρωγμές είναι σημαντικό στα αυτοκίνητα με μια πολυπλοκότητα και ποικιλία από ηλεκτροπονταρισμένες φλάντζες. Ένα άλλο μέσο επίθεσης, είναι η στοχοποίηση της διάβρωσης, η οποία προκαλείται από κάποιο σπάσιμο ή ρήγμα της επίστρωσης του χρώματος με ψιλή άμμο από πέτρες. Τέλος, η γαλβανική διάβρωση, η οποία προκαλείται από μέταλλο σε μέταλλο μέσω της επαφής τους, ευρέως γνωστή στις ηλεκτροχημικές σειρές, είναι ένας άλλος κοινός εχθρός.

Σχεδιασμός ενώσεων για τη αποφυγή της διάβρωσης. Η αποφυγή της διάβρωσης με ρωγμή αλλά και της γαλβανικής διάβρωσης είναι απαραίτητη στον σχεδιασμό των ενώσεων. Οι ρωγμές πρέπει είτε να εξαλειφθούν είτε να καλυφθούν και η μόνωση πρέπει να παρέχεται σε καθένα διαφορετικό μέταλλο ξεχωριστά, με προτίμηση η επιφανειακή περιοχή του καθοδικού μετάλλου να είναι μικρότερη από αυτή του ανοδικού.

4.9) Υψηλής ανθεκτικότητας ατσάλι

Όπως με τα κράματα αλουμινίου, έτσι και με το ατσάλι : σωστή επιλογή ενός κράματος για μια σειρά σχεδίων και οι συνθήκες φόρτισης μπορούν να έχουν σαν αποτέλεσμα την

σημαντική αύξηση δύναμης χωρίς να αλλοιώνει τη κατασκευαστική ακαμψία. Με την τωρινή ανάπτυξη των υψηλής ανθεκτικότητας ατσαλιών σε μορφή φύλλων, οι επιλογές για υψηλής ανθεκτικότητας κομμάτια είναι πάρα πολλές.

Για την αναλογία των αυτοκινήτων στο Ηνωμένο Βασίλειο περίπου 10% (200 kg ανά αυτοκίνητο) του ατσαλιού είναι υψηλά πιεσμένο και ανθεκτικό κράμα.

Σε μια ευθεία εναλλακτική βάση, έχει προταθεί ότι τα υλικά θα προσφέρουν μείωση του πάχους των φύλλων κατά 15 -35% για παρόμοια διαμόρφωση, με συνολική ποινή κόστους γύρω στο 20%.

Στα λεγόμενα διπλής όψεως ατσάλια, η ανθεκτικότητα επαυξάνεται με μεταφερόμενη σκληρότητα εξαιτίας της θερμότητας και κατόπιν του σβησίματος.

Τεχνικές πίεσης. Ο βαθμός της μείωσης του πάχους των φύλλων είναι κάπως περιορισμένη από τα σημάδια ζάρωσης τα οποία μπορούν να εμφανιστούν κατά τη διάρκεια της πίεσης.

Η σκλήρυνση είναι, επίσης, ένα σημαντικό στοιχείο στην αύξηση της αντοχής για μερικά HS ατσάλια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

• ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ ΓΙΑ ΑΜΑΞΩΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

5.1) ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Σε αντίθεση με τον χαλκό, τον χρυσό και τον σίδηρο, το **αλουμίνιο** δεν υπάρχει στην φύση σε απλές χημικές ενώσεις

εύκολα διασπάσιμες, έτσι η απομόνωση του μετάλλου αυτού καθυστέρησε ιδιαίτερα. Η ανακάλυψή του αλλά και η παραγωγή του, έγινε δυνατή μόνον μετά την ανακάλυψη και ευρεία χρήση του ηλεκτρισμού και μόνον όταν η χημεία αποχωρίστηκε από το φάντασμα της αλχημείας.

Αν και το αλουμίνιο δεν έγινε γνωστό παρά μόνο στις αρχές του 19ου αιώνα, παρόλα αυτά χρησιμοποιήθηκε από την αρχαιότητα με την μορφή του αργίλου σαν πρώτη ύλη για την κατασκευή αγγείων, άλατα περιέχοντα αλουμίνιο για βαφές και φαρμακευτικά παρασκευάσματα. Οι αρχαίοι Κινέζοι, οι Αιγύπτιοι, οι Έλληνες και οι Ρωμαίοι, χρησιμοποίησαν το αλουμίνιο στις φυσικές του ενώσεις χωρίς κατά πάσα πιθανότητα να έχουν πλήρη γνώση της ύπαρξης ενός μετάλλου που έδινε τις ειδικές αυτές ιδιότητες στις δημιουργίες τους.

Στον μεσαίωνα οι επιστήμονες - αλχημιστές της εποχής, υποπτεύθηκαν την ύπαρξη ενός μετάλλου στον κοινό και τόσο φτηνό άργιλο, που θα τους έδινε την πολυπόθητη λύση δημιουργίας χρυσού με την μετάλλαξή του.

Έπρεπε να φτάσει το 1761 για να προταθεί πρώτη φορά στην Ιστορία το όνομα "**alume**" από τον de Morveau, ως η βάση του "**alum**", δηλαδή του μετάλλου που δεν υπήρχε ακόμη στην καθαρή του μορφή. Αργότερα, το 1807, ο Sir Humphrey Davy πρότεινε το όνομα "**aluminium**" για το μέταλλο, αν και λίγο αργότερα συμφώνησε με το όνομα "**aluminum**", όρος που χρησιμοποιείται και σήμερα ακόμα για το αλουμίνιο στην βόρεια Αμερική.

Λίγο αργότερα το όνομα "**aluminium**" (**αλουμίνιο**) καθιερώθηκε για να μην διαφέρει το όνομα του νέου μετάλλου από

τα άλλα καθιερωμένα ονόματα των φυσικών στοιχείων που έχουν κατάληξη σε "-ium". Η διεθνής, λοιπόν, χημική ονομασία του νέου μετάλλου είναι "αλουμίνιο" μέχρι και τις μέρες μας. Το ίδιο ίσχυσε και στις ΗΠΑ μέχρι το 1925, όταν η Αμερικανική Εταιρία Χημείας αποφάσισε να αλλάξει το όνομα ξανά σε "**aluminum**", έτσι ακόμα και σήμερα οι Αμερικάνοι χρησιμοποιούν αυτή την ονομασία, σε αντίθεση με τον υπόλοιπο κόσμο.

Ο Hans Christian Oersted ήταν ο πρώτος επιστήμονας που παρήγαγε καθαρό αλουμίνιο το 1825, με την χρήση χλωριδίου του αλουμινίου ($AlCl_3$) και αμάλαμα ποτάσας, ένα κράμα δηλαδή ποτάσας και ψευδαργύρου. Ο Oersted ανεβάζοντας την θερμοκρασία του μίγματος, σε κατάσταση χαμηλής πίεσης πέτυχε την απομάκρυνση του ψευδαργύρου, το εναπομείναν δε υλικό ήταν το αλουμίνιο. Έτσι γεννήθηκε το μέταλλο που άλλαξε την ιστορία και οδήγησε τον άνθρωπο στο φεγγάρι, δίνοντάς του παράλληλα την δυνατότητα να μπορεί να εκσφενδονίζει πυραύλους μαζικής καταστροφής κατά του εαυτού του.

Η ανακάλυψη αυτή δεν δημιούργησε παρά "ένα πολύτιμο" μέταλλο, μια και ήταν πολύ δύσκολη και ακριβή η παραγωγή του. Όντως για αρκετά χρόνια το αλουμίνιο θεωρούνταν πολύτιμο μέταλλο, που χρησιμοποιούσαν μόνον πάμπλουτοι για την κατασκευή των πιάτων τους ως πούμε, κάτι σαν πιάτα από χρυσάφι θα λέγαμε. Σε προσεχές τεύχος θα δούμε την ανάπτυξη του μετάλλου και την κατάκτηση της βιομηχανίας από το πιο διαδεδομένο μέταλλο στην φύση, το αλουμίνιο.

5.2) Η αποδοχή του αλουμινίου από την βιομηχανία

Το αλουμίνιο άρχισε να δημιουργεί την δική του αγορά καθώς η παραγωγή του στις αρχές του 19ου αιώνα έβγαλε το μέταλλο αυτό από τους πίνακες των πολυτίμων μετάλλων. Τότε, λοιπόν, στις αρχές του αιώνα η παραγωγή έφτασε σε μερικούς χιλιάδες τόνους.

Οι πρώτες χρήσεις του αλουμινίου σε βιομηχανικές εφαρμογές ξεκίνησαν:

- 1908, με την παραγωγή καλωδίων μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας υψηλής τάσης
- 1910, με την παραγωγή καλωδίων για χρήση σε υπόγειες γραμμές μεταφοράς ηλεκτρική ενέργειας, μονωμένες με μολύβι και χαρτί. Χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά στην Βοστώνη.
- 1912, με την παραγωγή κουπαστών εσωτερικών χώρων από αλουμίνιο για το επιβατικό πλοίο AQUITANA
- 1917, με την παραγωγή καλωδίου για μετασχηματιστές ηλεκτρικής ενέργειας.
- 1920, με την παραγωγή μηχανικών μερών για μηχανές.

Η πρώτη μονάδα παραγωγής πρωτόχυτου αλουμινίου σε βιομηχανικές ποσότητες δημιουργήθηκε στον Καναδά από την Northern Aluminium Company, που αργότερα έγινε η γνωστή σε όλους Alcoa. Η μονάδα παρήγαγε έναν τόνο αλουμινίου την ημέρα από το 1901, όταν ξεκίνησε παραγωγή. Η πατρίδα της πρώτης αυτή μονάδας ήταν το Shawinigan Falls Quibec, κοντά στον ποταμό Saint Maurice, ιδανική τοποθεσία για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας. Το 1925, καθώς η ζήτηση για αλουμίνιο αυξάνονταν, η Alcan αύξησε την παραγωγή της κατασκευάζοντας

νέα μονάδα παραγωγής αλουμινίου και ηλεκτρικής ενέργειας στην πόλη Arvida της ίδιας Καναδικής πολιτείας.

Η ιστορία της Alcan ήταν παράλληλη με την ιστορία παραγωγής πρωτόχυτου αλουμινίου στις ΗΠΑ από την Alcoa και αργότερα από άλλες Ευρωπαϊκές εταιρίες. Η άνοδος της κατανάλωσης αλουμινίου σήμανε την μείωση κατανάλωσης χαλκού.

5.3) Πως παράγεται το αλουμίνιο

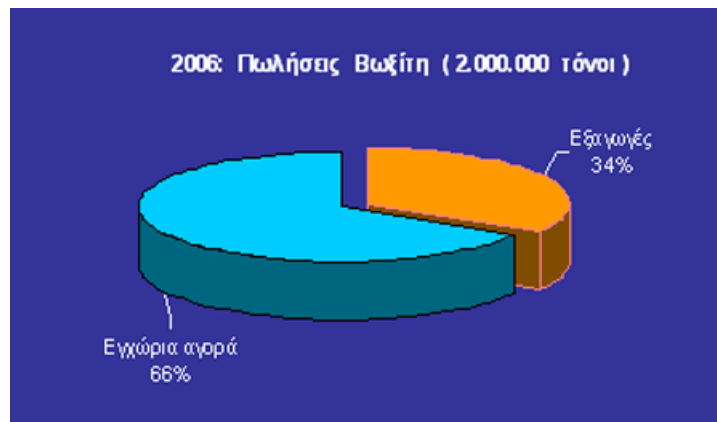


Το **αλουμίνιο ή αργίλιο** είναι το τρίτο κατά σειρά στοιχείο μετά το οξυγόνο και το πυρίτιο που συναντάται στον φλοιό της γης. Το αλουμίνιο προέρχεται από το ορυκτό **βωξίτης** που μετά από την εξόρυξή του μετατρέπεται σε αλουμίνα και στην συνέχεια με ηλεκτρόλυση μετατρέπεται σε μέταλλο αλουμίνιο.

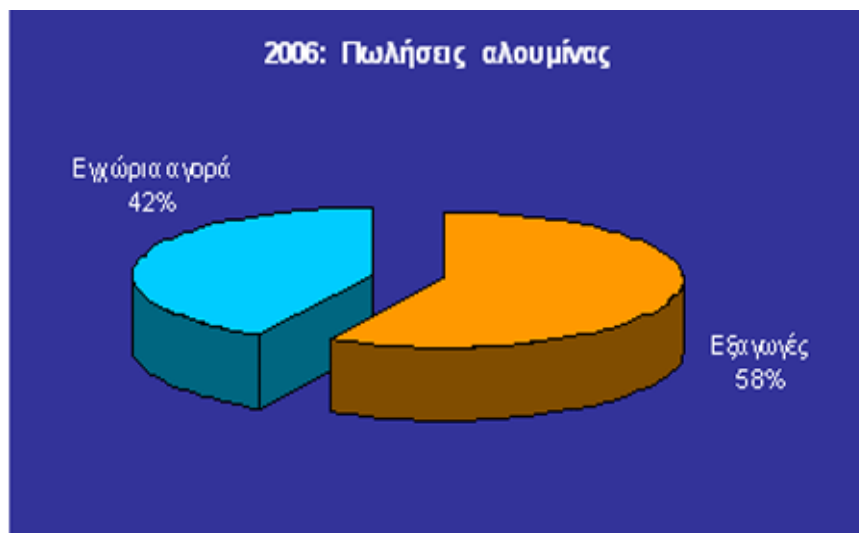


Οι χαρακτηριστικές ιδιότητες του αλουμινίου και των κραμάτων του, καθώς και η υψηλή τεχνολογία επεξεργασίας του εξηγούν το σημερινό ευρύ φάσμα εφαρμογών του.

Η Ελλάδα κατέχει παγκοσμίως την **8η θέση** των περιοχών με τα μεγαλύτερα αποθέματα βωξίτη και πρακτικά είναι η **μόνη βωξιτοπαραγωγός χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης** με ετήσια παραγωγή πάνω από **2 εκατ.τόνους**.



Η αλουμίνα είναι το **βασικό ενδιάμεσο προϊόν** της μεταλλουργίας του αλουμινίου. Για την παραγωγή 1 τόνου αλουμίνας απαιτούνται 2 τόνοι βωξίτη. Στην χώρα μας παραγωγή αλουμίνας γίνεται από την **Αλουμίον της Ελλάδος** η μονάδα της οποίας έχει ετήσια δυναμικότητα **735.000 τόνων** περίπου.



Σήμερα, η παραγωγή αλουμινίου ακολουθεί σε γενικές γραμμές την ακόλουθη διαδικασία:

Πρώτα, ο βωξίτης εξορύσσεται από το κοίτασμα (συνήθως επιφανειακό). Στη συνέχεια πλένεται, θρυμματίζεται και διαλύεται σε πυκνό διάλυμα καυστικού νατρίου σε υψηλή θερμοκρασία και πίεση. Με αυτό τον τρόπο, οι ακαθαρσίες στο βωξίτ/ (κυρίως οξειδία του σιδήρου και του πυριτίου) απομακρύνονται και μένει στο διάλυμα το καυστικό νάτριο με το

οξειδίο του αργιλίου. Στ/ συνέχεια, απομακρύνεται και το καυστικό νάτριο και μένει μόνο το ένυδρο οξειδίο του αργιλίου, το οποίο πυρώνεται στους 1100°C έτσι ώστε να απομακρυνθεί το νερό.

Ακολουθεί η ηλεκτρόλυση. Το οξειδίο του αργιλίου διαλύεται σε τήγμα κρυσθλίθου το οποίο βρίσκεται σε ηλεκτρολυτικό κελί με άνοδο ένα ηλεκτρόδιο άνθρακα και κάθοδο την επένδυση του κελιού από άνθρακα. Στη συνέχεια διαβιβάζεται μέσα από αυτό συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα χαμηλής τάσης αλλά εξαιρετικά υψηλής έντασης (περίπου 150000 Ampere). Το τηγμένο αλουμίνιο συλλέγεται από το βυθό του κελιού.

Η ηλεκτρόλυση είναι μια διεργασία η οποία είναι εξαιρετικά ηλεκτροβόρα. Ένα τυπικό εργοστάσιο παραγωγής αλουμινίου καταναλώνει ρεύμα όσο μια μικρή πόλη. Ενδεχόμενη διακοπή ρεύματος για παραπάνω από 4 ώρες σημαίνει στερεοποίηση των τηγμάτων στα λουτρά και, συνεπώς, καταστροφή τους. Γι' αυτό το λόγο, τα περισσότερα εργοστάσια είτε παράγουν επιτόπου την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνουν, είτε συνδέονται με παραπάνω απο μία πηγές ενέργειας (έχουν δηλαδή απευθείας διεθνείς συνδέσεις).

Εκτός από το βωξίτη, το αργίλιο βρίσκεται στη φύση στα ορυκτά της αργίλου και στους κρυστάλλους του ρουμπινιού, του ζαφειριού και του κορουνδίου. Μεγάλος αριθμός βιομηχανικών και άλλων ορυκτών περιέχει αργίλιο.

5.4) Ιδιότητες του αλουμινίου

Αλουμίνιο: Το υλικό του 21ου αιώνα. Οι χημικές και φυσικές ιδιότητες του αλουμινίου το καθιστούν μία από τις πλέον χρήσιμες βιομηχανικές πρώτες ύλες, που χαρακτήρισαν μεγάλα

βήματα της ανθρωπότητας το δεύτερο μισό του 20^{ου} αιώνα, όπως η κατάκτηση του διαστήματος.

Το έχουν ονομάσει "μαγικό" μέταλλο, "θαυματουργό" μέταλλο, λόγω του εξαιρετικά μεγάλου εύρους δυνατοτήτων, ιδιοτήτων, φυσικών χημικών και μηχανικών χαρακτηριστικών που επιδεικνύουν τα τόσα κράματα αλουμινίου. Συνοπτικά :

- Χαμηλό ειδικό βάρος. Μόλις το 1/3 εκείνου του σιδήρου.
- Διαμορφώνεται, ελάσσεται, εξελάσσεται, διελάσσεται, συγκολλάται, συνεπώς αποτελεί ιδανικό μέταλλο κατασκευών. Το μέτρο ελαστικότητας του (70.000 MPa) είναι 3 φορές χαμηλότερο από εκείνο του σιδήρου. Σε δεδομένη κατάσταση φόρτισης, μία κατασκευή από αλουμίνιο παρουσιάζει 3 φορές μεγαλύτερη ελαστική επιμήκυνση απ' ό,τι μία σιδερένια.
- Το αλουμίνιο και τα περισσότερα κράματά του είναι ανθεκτικό έως πολύ ανθεκτικό σε πολλές μορφές διάβρωσης. Λόγω της μεγάλης χημικής συνάφειας με το οξυγόνο, η φυσική επιφάνεια του μετάλλου είναι μόνιμα καλυμμένη με στρώμα οξειδίου του αργιλίου, που αποτελεί ένα πολύ αποτελεσματικό εμπόδιο εξάπλωσης της διάβρωσης. Αυτή η ιδιότητα, το κάνει τόσο δημοφιλές στη Δόμηση, στη Ναυπηγική, στη γενικότερη βιομηχανία κατασκευής μεταφορικών μέσων (Αυτοκίνητα, Τραίνα, Αεροπλάνα). Το μειωμένο έως μηδενικό κόστος συντηρήσεως σε συνδυασμό με το χαμηλό ειδικό βάρος επηρεάζουν θετικά την επιλογή του αλουμινίου.
- Το αλουμίνιο είναι πολύ καλός αγωγός του ηλεκτρισμού .

- Δεν μαγνητίζεται και δεν καίγεται, ιδιότητες που θεωρούνται πολύ ουσιώδεις για ειδικές εφαρμογές, όπως Τεχνολογία Ηλεκτρονικών και κατασκευές θαλάσσης (πλατφόρμες άντλησης πετρελαίου).
- Δεν είναι τοξικό, είναι αδιαπέραστο για διάφορα περιβάλλοντα μέσα, ιδιότητες που το καθιέρωσαν βασική πρώτη ύλη για τις συσκευασίες γενικά, αλλά και τις εύκαμπτες συσκευασίες τροφίμων.
- Υψηλή ανακλαστικότητα, πολύ καλή θερμική αγωγιμότητα (σχεδόν διπλάσια του σιδήρου). Ιδιότητες πολύ χρήσιμες για τη Δόμηση, τις μονώσεις, τη βιομηχανία παραγωγής θερμικών εναλλακτών γενικά.

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΘΑΡΟΥ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ		
	Στοιχεία	Μον. μέτρ.
Ατομικό βάρος	26,98	
Πυκνότητα (20 °C)	2,6898	gr/cm ³
Σημείο Τήξη	660,2	°C
Γραμμική διαστολή (0-100 °C)	23,5X10 ⁻⁶	(m/m)/°C
Ηλεκτρική Αντίσταση (20 °C)	2,69	μΩcm
Μέτρο Ελαστικότητας (E)	68,3	GPa
Μέτρο Στρέψης (G)	25,5	GPa
Συντελεστής Poisson	0,34	

5.5) Χρήση του αλουμινίου

Το αλουμίνιο δίκαια χαρακτηρίζεται σαν το "πράσινο" μέταλλο που ικανοποιεί ταυτόχρονα τις τεχνολογικές αλλά και οικολογικές απαιτήσεις σαν ένα σύγχρονο υλικό.

Το βαρύ περιβαλλοντικό κόστος που επισύρει η ανεξέλεγκτη τεχνολογική ανάπτυξη, με αποκορύφωμα το φαινόμενο του θερμοκηπίου, απαιτεί λύσεις που να εξασφαλίζουν την βιωσιμότητα του πλανήτη μας.

Η διεθνής παραγωγή αλουμινίου είναι από τους βασικούς πρωταγωνιστές στην προσπάθεια για την εξεύρεση αιεφόρων λύσεων. Πρακτικά αυτό μεταφράζεται σε συνεχή προσπάθεια για:

- μείωση ενέργειας στην παραγωγική διεργασία
- περιορισμό και έλεγχο εκπομπών ρύπων
- βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος

Η χρήση προϊόντων από αλουμίνιο έχει σημαντική θετική οικολογική επίπτωση λόγω της σημαντικής εξοικονόμησης ενέργειας που επιτυγχάνει.

Στις **μεταφορές** το αλουμίνιο βρίσκει συνεχώς αυξανόμενη εφαρμογή στην κατασκευή τραίνων, αυτοκινήτων, φορτηγών, βυτίων και επιβατηγών πλοίων (π.χ. fast ferries) λόγω του συνδυασμού χαμηλού βάρους και στιβαρότητας κατασκευής που προσφέρει.

Ειδικά στην **αυτοκινητοβιομηχανία** η ελάττωση του βάρους συνεπάγεται μειωμένη κατανάλωση καυσίμου καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του αυτοκινήτου. Έτσι, για κάθε 100 κιλά που

μειώνεται το βάρος ενός αυτοκινήτου μεσαίου κυβισμού λόγω χρήσης αλουμινίου αντί χάλυβα, προκύπτει μείωση εκπομπής καυσαερίων ποσότητας 2 τόνων για όλη τη διάρκεια ζωής του αυτοκινήτου, ενώ στον ίδιο χρόνο η αναμενόμενη οικονομία καυσίμου είναι 900 λίτρα βενζίνης.

5.6) Κράματα αλουμινίου

Το αλουμίνιο διατίθεται σε μεγάλη ποικιλία κραμάτων. Η επιλογή του κατάλληλου κράματος γίνεται ανάλογα με την χρήση του τελικού προϊόντος και τις ιδιαίτερες απαιτήσεις, καθώς και από την μέθοδο της παραγωγικής επεξεργασίας. Η δυνατότητα που έχει το αλουμίνιο, να επιτυγχάνει διαφορετικές ιδιότητες προκειμένου να καλύψει τις ειδικές απαιτήσεις κάθε προϊόντος, οφείλεται στο γεγονός της εύκολης κραματοποίησής του. Με την προσθήκη μικρών ποσοτήτων κραματοποιών (χημικών) στοιχείων (π.χ. χαλκός, μαγνήσιο, πυρίτιο, μαγγάνιο, ψευδάργυρος κλπ), μπορούμε να επιτύχουμε πρώτη ύλη αλουμινίου με τις επιθυμητές και κατάλληλες ιδιότητες για κάθε τύπο προϊόντος.

Τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή των τυπικών βιομηχανικών κραμάτων αλουμινίου είναι :

1. Ο Χαλκός (Cu)
2. Το Μαγγάνιο (Mn)
3. Το Πυρίτιο (Si)
4. Το Μαγνήσιο (Mg)

5. Ο Ψευδάργυρος (Zn)

6. Ο Σίδηρος (Fe)

Γενικά, για τη συνήθη παραγωγή των κραμάτων αλουμινίου, ακολουθείται η μεθοδολογία της τήξης, της κραματοποίησης με προσθήκη στοιχείων, και της χύτευσης.

Το παραγόμενο διεθνώς αλουμίνιο, χωρίζεται σε 2 μεγάλες κατηγορίες:

A. Το αλουμίνιο κατεργασίας (wrought) που με έλαση ή διέλαση ή άλλη μηχανική κατεργασία οδηγεί στα τελικά προϊόντα. Ο κύριος ρόλος των προσθηκών είναι η ενίσχυση της σκληρότητας (αντοχής σε θραύση).

B. Το χυτό αλουμίνιο, που χρησιμοποιείται για την κατευθείαν παραγωγή τεμαχίων τελικών προϊόντων (χυτόπρεσσες). Η κατηγορία αυτή χρησιμοποιεί μεγαλύτερο ποσοστό προσθηκών από την προηγούμενη με βασικότερο στόχο την ευκολότερη χύτευση της τελικής μορφής.

Οι τελικές ιδιότητες κάθε προϊόντος που θα παραχθεί από αλουμίνιο, επιτυγχάνονται με την επιλογή του κατάλληλου κράματος αλουμινίου, την μέθοδο επεξεργασίας του (μηχανική πλαστική διαμόρφωση ή χύτευση) και τις θερμικές κατεργασίες (βαφή, τεχνητή γήρανση, ανόπτηση κλπ) που θα υποστεί.

5.6.1) Οι κατηγορίες των κραμάτων

Το αλουμίνιο και τα κράματά του - είτε πρωτόχυτο είτε δευτερόχυτο - διαιρούνται σε δύο κύριες κατηγορίες :

- Αλουμίνιο ή κράματα αλουμινίου για μηχανική πλαστική διαμόρφωση (παραγωγή προϊόντων έλασης, διέλασης, ολκής, κλπ).
- Αλουμίνιο ή κράματα αλουμινίου για χρήση σε χυτήρια (παραγωγή χυτών αντικειμένων).

Τα κράματα για μηχανική πλαστική διαμόρφωση: το αλουμίνιο και τα κράματά του που προορίζονται για μηχανική πλαστική διαμόρφωση (έλαση, διέλαση, ολκή, σφυρηλασία κλπ) προσδιορίζονται από το Ευρωπαϊκό πρότυπο EN 573 και προσδιορίζονται από τη χημική τους σύσταση βάσει ενός διεθνώς αποδεκτού συστήματος που χρησιμοποιεί τέσσερις αριθμούς. Το πρώτο από τα τέσσερα ψηφία δείχνει την ομάδα κράματος σύμφωνα με το, σε μεγαλύτερη αναλογία ευρισκόμενο, κραματοποιό στοιχείο.

Τα κράματα για μηχανική επεξεργασία χωρίζονται σε:

- Θερμοσκληρυνόμενα
- μη θερμοσκληρυνόμενα.

Κράματα θερμοσκληρυνόμενα

Τα κράματα αυτά αποκτούν τις μηχανικές αντοχές μετά από θερμική επεξεργασία.

Κράματα μη θερμοσκληρυνόμενα

Τα κράματα αυτά αποκτούν τις μηχανικές αντοχές τους ανάλογα με το βαθμό της μηχανικής κατεργασίας που υφίστανται.

5.7) Λιωμένο μέταλλο και δημιουργία

Πριν μπει σε καλούπι για να μορφοποιηθεί, το λιωμένο αλουμίνιο επεξεργάζεται για να διασφαλιστεί η καθαρότητα και η αγνότητα. Συστατικά κραμάτων συνήθως προστίθενται για να αυξηθεί η ανθεκτικότητα ή να προσδοθούν ειδικά χαρακτηριστικά. Παραδοσιακά, το μέταλλο, τότε, ρίχνεται σε καλούπια διαφόρων σχημάτων, μεγεθών και συνθέσεων για έναν αριθμό χρήσεων.

Με μια εναλλακτική τεχνική, το λιωμένο μέταλλο χύνεται κατευθείαν σε μια ημιτελειωμένη μορφή, παρακάμπτοντας το στάδιο των καλουπιών. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται ευρέως για φύλλα και ελάσματα, και συγκεκριμένα για ράβδους, οι οποίες εν συνεχεία παίρνουν διάφορες μορφές για ηλεκτρικά και μηχανικά καλώδια.

5.8) Η αρχιτεκτονική του αλουμινίου

Η υπάρχουσα αρχιτεκτονική ατσάλινων κατασκευών αμαξωμάτων για μαζική παραγωγή είναι τα σταμπαραρισμένα φύλλα. Αυτή η μορφή κατασκευής ταιριάζει εξαιρετικά σε μαζική παραγωγή χρησιμοποιώντας φύλλα αλουμινίου με παρόμοιες τεχνικές επεξεργασίας. Αλλά το αλουμίνιο μπορεί ικανοποιητικά και οικονομικά να σχηματιστεί σε μια απεριόριστη ποικιλία σχημάτων και αυτό έχει οδηγήσει σε μια νεότερη τεχνολογία για το σχηματισμό αλουμινίου.

Για την εσωτερική κατασκευή του αμαξώματος, η απόδοσή που απαιτείται από το υλικό περιλαμβάνει τη δυνατότητα να αποτελεί τμήμα των εξαρτημάτων μαζί με την ικανότητα να ανταποκρίνεται στους σχεδιαστικούς όρους για ακαμψία, ανθεκτικότητα, αντοχή στην καταπόνηση, ανθεκτικότητα στη

διάβρωση και ακεραιότητα σε περίπτωση σύγκρουσης με καλή απορρόφηση ενέργειας και φυσικά τη δυνατότητα να μπορεί να ανακυκλωθεί στο τέλος της ζωής του οχήματος.

Για τα εξωτερικά μέρη του αμαξώματος, οι απαιτήσεις για απόδοση διαφέρουν λίγο με έμφαση στη κατασκευή και περιλαμβάνουν καλή αντίσταση στη πίεση. Τα άκαμπτα κράματα αλουμινίου – χαλκού 2xxx και αλουμινίου – μαγνησίου – σιλκόνης 6xxx έχουν επιτυχώς χρησιμοποιηθεί για εξωτερικές επιφανειακές εφαρμογές για κάποιο διάστημα, όπως έχουν χρησιμοποιηθεί οι σειρές 5xxx και 3xxx.

5.9) Η τεχνολογία αλουμινίων οχημάτων AVT από την Alcan

Η Alcan έχει επενδύσει πολλά χρόνια και σημαντικούς πόρους στην ανάπτυξη της κατοχυρωμένης Τεχνολογίας Οχημάτων από Αλουμίνιο, η οποία συνεχίζει να επεξεργάζεται και να βελτιώνεται. Η αποτελεσματικότητα αυτής της τεχνολογίας έχει επιτυχώς αποδειχθεί από πολυάριθμα προγράμματα κατασκευαστών παγκοσμίως, καταλήγοντας στο ότι, τα μοντέλα αλουμινίου που είναι κατασκευασμένα σύμφωνα με τις ίδιες ακριβώς σχεδιαστικές μεθόδους όπως τα υπάρχοντα ατσάλινα, έχουν εντυπωσιακά μικρότερο βάρος έως και 50% του βάρους του αμαξώματος χωρίς συμβιβασμούς που να επηρεάζουν την απόδοση ή την ασφάλεια.

5.10) Η συγκόλληση του αλουμινίου

Το αλουμίνιο θεωρείται ένα από τα ευκολότερα μέταλλα για συγκόλληση, μόνο που τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του απαιτούν διαφορετική πρακτική από όσα είναι γνωστά για τη συγκόλληση σιδήρου.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του αλουμινίου είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη του χάλυβα, με αποτέλεσμα να απαιτείται μεγαλύτερη ισχύς μηχανημάτων για την τυπική συγκόλληση αντιστάσεως.

Η θερμική αγωγιμότητα του αλουμινίου είναι επίσης μεγαλύτερη εκείνης του χάλυβα, επομένως χρειάζεται περισσότερη θερμική ενέργεια για τη συγκόλληση.

Είναι γνωστό ότι η ελεύθερη επιφάνεια του αλουμινίου καλύπτεται από ένα λεπτό στρώμα οξειδίου του αλουμινίου, που του παρέχει και παθητική προστασία οξείδωσης.

Αυτό το στρώμα οξειδίου, πρέπει να αφαιρείται με βούρτσισμα, λίγο τη συγκόλληση του μετάλλου.

Ο συντελεστής γραμμικής διαστολής του αλουμινίου είναι διπλάσιος εκείνου του χάλυβα, γεγονός που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη.

Το λειωμένο αλουμίνιο μπορεί να απορροφήσει υδρογόνο, γεγονός που ίσως δημιουργήσει πόρους στην κόλληση. Η καλή προετοιμασία της επιφάνειας του μετάλλου (καθαρισμός από ενώσεις που μπορεί να εκλύουν υδρογόνο, π.χ. απολίπανση) προστατεύει την ποιότητα της κόλλησης.

Οι 2 βασικότερες μέθοδοι συγκόλλησης αλουμινίου είναι :

- Μέθοδος TIG (Tungsten Inert Gas)
- Μέθοδος MIG (Metal Inert Gas)

Και οι 2 μέθοδοι, μπορούν να εφαρμοσθούν είτε χειροκίνητα, είτε με αυτόματες διατάξεις (ρομπότ).

Με την ανάπτυξη αυτομάτων διατάξεων συγκολλήσεως, μπορούμε σήμερα να διαχειρισθούμε με συγκόλληση, πάχη αλουμινίου από 0,5 έως και πάνω από 75 χιλιοστά.

Μέθοδος TIG

Το τόξο συγκόλλησης, προέρχεται από πηγή εναλλασσόμενου ρεύματος και εφαρμόζεται μεταξύ του αλουμινίου για κόλληση και ενός ηλεκτροδίου από τουνγκστένιο. Εφόσον απαιτείται, χρησιμοποιείται και υλικό πλήρωσης (filler rod). Για συγκόλληση μικρών τεμαχίων, λειώνει το αλουμίνιο στην περιοχή της κόλλησης και χρησιμοποιείται σαν συνδετικό υλικό. Πρόσθετο υλικό προστασίας της κόλλησης από οξείδωση (όπως ο βόρακας στην τυπική συγκόλληση) δεν χρειάζεται γιατί όλη η κόλληση προστατεύεται από αδρανές αέριο. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται συνήθως σε κολλήσεις όπου η πρόσβαση είναι εφικτή μόνο από τη μία πλευρά (κλειστά προφίλ, σωλήνες κλπ.)

Μέθοδος MIG

Το τόξο συγκόλλησης προέρχεται από πηγή συνεχούς ρεύματος, ανεστραμμένης πολικότητας (με το ηλεκτρόδιο θετικό) και εφαρμόζεται μεταξύ του αλουμινίου και του μετάλλου πλήρωσεως (filler metal). Το ηλεκτρόδιο-μέταλλο πλήρωσεως, έχει

μορφή τυλιγμένου σύρματος που αυτόματα ξετυλίγεται, προωθείται και συντηρεί το τόξο. Και στη μέθοδο MIG, η κόλληση περιλούεται με αδρανές αέριο και προστατεύεται από οξείδωση. Οι μεγάλες αυτόματες μηχανές συγκόλλησης είναι τύπου MIG.

Η συγκόλληση με **laser beam**, χρησιμοποιείται σε εφαρμογές ηλεκτρονικών και όπου το πάχος του προς συγκόλληση μετάλλου είναι μικρό.

Stud welding , ultrasonic welding (foil), friction welding, cold pressure welding, hot pressure welding, brazing, είναι μέθοδοι συγκολλησεως που εφαρμόζονται κατά περίπτωση για το αλουμίνιο.

5.11) Η ανακύκλωση του αλουμινίου

Πρέπει ιδιαίτερα να τονιστεί η **δυνατότητα ανακύκλωσης** του αλουμινίου. Το αλουμίνιο, όπου και σε όποια μορφή και αν ευρίσκεται, μετά την χρήση των προϊόντων **συλλέγεται και επαναχυτεύεται** για την δημιουργία μετάλλου με ιδιότητες εφάμιλλες αυτών του πρωτόχυτου.

Σε μια σύγχρονη κοινωνία όπου η εξοικονόμηση πλουτοπαραγωγικών πόρων και η προστασία του περιβάλλοντος αποκτούν όλο και μεγαλύτερη σημασία θα έπρεπε κανείς να τονίσει, ιδιαίτερα, τα **οικολογικά πλεονεκτήματα** του αλουμινίου. Ένα από αυτά είναι η δυνατότητά του για ανακύκλωση.

Το αλουμίνιο είναι **ιδανικό υλικό για ανακύκλωση** γιατί:

- Μπορεί να διαχωριστεί εύκολα από τα άλλα υλικά και έτσι η διαλογή του δεν απαιτεί υψηλό κόστος.

- Η ανακύκλωση του αλουμινίου είναι μια διαδικασία που μπορεί να επαναλαμβάνεται συνεχώς.
- Για την παραγωγή του μετάλλου που προέρχεται από την επαναχύτευση μεταχειρισμένων προϊόντων και απορριμάτων από αλουμίνιο (scrap) απαιτείται μόνον το 5% της ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή πρωτόχυτου μετάλλου, δηλαδή εκείνου που παράγεται από τον βωξίτη.

Από την πλευρά της βιομηχανίας του αλουμινίου, υπάρχουν σοβαροί λόγοι για την ανακύκλωση.

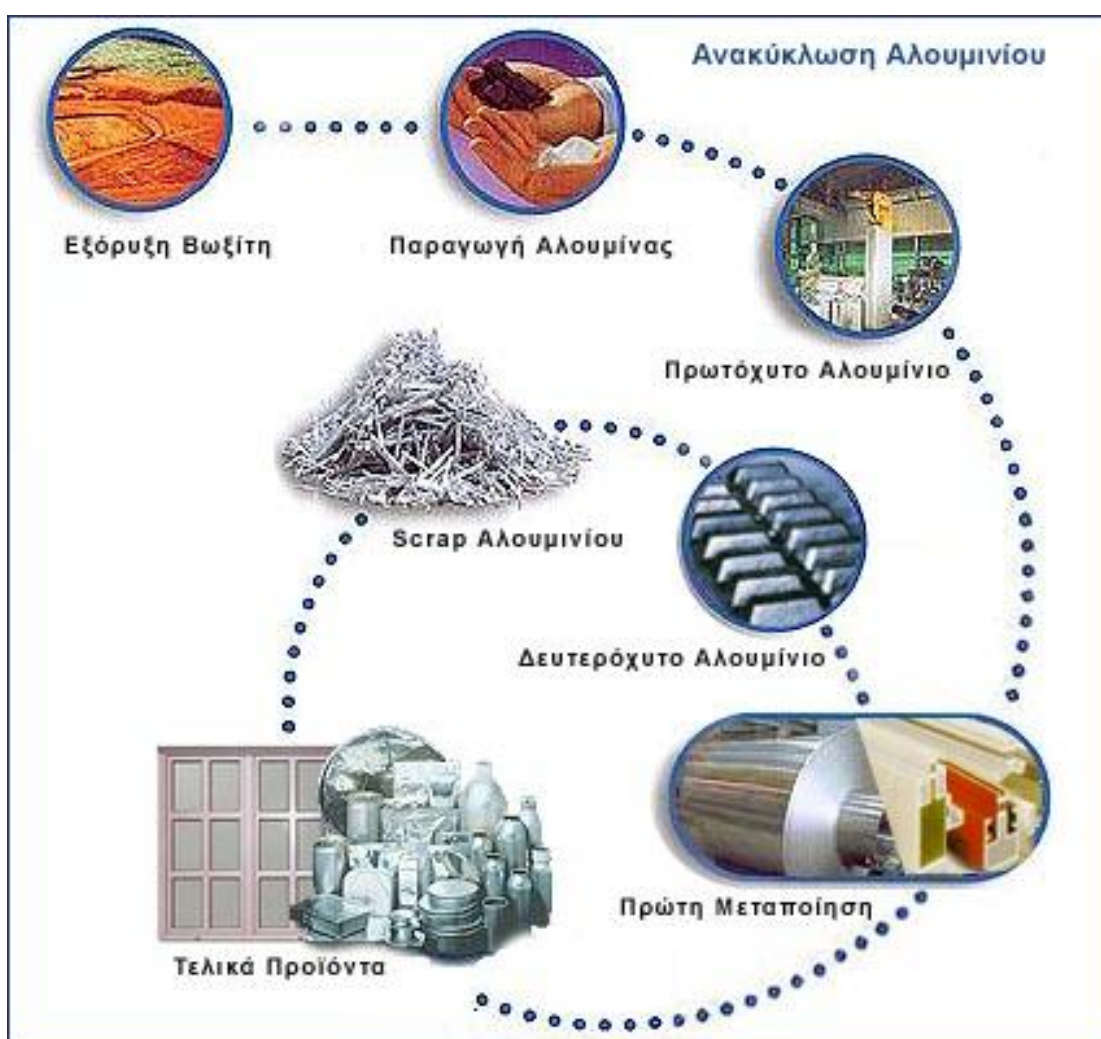
- Η βιομηχανία είναι δεσμευμένη και επιθυμεί να κάνει όλες τις απαραίτητες ενέργειες για την προστασία του περιβάλλοντος. Μία από αυτές είναι η ανακύκλωση του αλουμινίου.
- Η ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή του δευτερόχυτου αλουμινίου είναι μόνο το 5% της αντίστοιχης ενέργειας που απαιτείται για το πρωτόχυτο.
- Τα μεταχειρισμένα προϊόντα και τα απορρίματα αλουμινίου (scrap) αποτελούν μια πολύ σημαντική πηγή πρώτης ύλης για την παραγωγή εκ νέου ιδίων ή άλλων προϊόντων αλουμινίου.

Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι :

- Πάνω από το 1/3 του αλουμινίου που καταναλώνεται στην Ευρώπη για την παραγωγή διαφόρων τελικών προϊόντων προέρχεται από δευτερόχυτο αλουμίνιο (ανακύκλωση).

Η ανακύκλωση σαν εφαρμοσμένη βιομηχανική μέθοδος παραγωγής αλουμινίου, έχει ιστορία ζωής στην Ευρώπη από το

1920 περίπου. Το scrap που προκύπτει κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας στα εργοστάσια παραγωγής, ανακυκλώνεται αμέσως εντός του εργοστασίου. Από την άλλη, οι κάθε είδους κατασκευές και προϊόντα αλουμινίου μπορούν να ανακυκλωθούν μετά το τέλος της χρήσης τους. Αυτό βέβαια προϋποθέτει την περισυλλογή, τον κραματικό διαχωρισμό και την ανακύκλωσή τους. Εκτεταμένα δίκτυα περισυλλογής, διαχωρισμού, προεπεξεργασίας και εμπορίας, λειτουργούν ήδη σε όλο τον κόσμο.



Σε Ευρωπαϊκή κλίμακα, το αλουμίνιο που χρησιμοποιείται στην αυτοκινητοβιομηχανία είναι από εκείνα με τον υψηλότερο βαθμό ανακύκλωσης. Ακολουθεί το αλουμίνιο από δομικές

εφαρμογές, ενώ τρίτο σε βαθμό ανακύκλωσης είναι το αλουμίνιο από τα κουτιά μπύρας και αναψυκτικών.

Έχουν αναπτυχθεί διαφορετικές τεχνικές ανακύκλωσης, προσαρμοσμένες στις διάφορες μορφές ανακυκλώσιμου αλουμινίου.

Το αλουμίνιο μπορεί επ' άπειρον να ανακυκλώνεται με μια ποσότητα ενέργειας μικρότερη από αυτή που απαιτείται για να παραχθεί αρχικά το αλουμίνιο. Γύρω στο 60% του αλουμινίου που χρησιμοποιείται για τα αυτοκίνητα στη Βόρεια Αμερική είναι δευτερεύον ή ανακυκλωμένο αλουμίνιο. Όσο η περιεκτικότητα των αυτοκινήτων σε αλουμίνιο αυξάνεται, ειδικά των αμαξωμάτων, μερικές από τις διαδικασίες, όπως ο διαχωρισμός του υλικού, ίσως χρειαστούν βελτίωση, αλλά η αξία του αλουμινίου θα συνεχίσει να κάνει τη συλλογή και ανακύκλωση του υλικού αυτού από τα αυτοκίνητα πιο οικονομική στο μέλλον.

5.12) Αντοχή του αλουμινίου στις εξωτερικές συνθήκες

Το αλουμίνιο δεν σκουριάζει, αλλά έχοντας μεγάλη χημική συνάφεια προς το Οξυγόνο, ενώνεται άμεσα με αυτό -στο ελεύθερο περιβάλλον- παράγοντας στρώμα τριοξειδίου του αλουμινίου στην ελεύθερη επιφάνεια του μετάλλου. Το στρώμα αυτό, πάχους ελαχίστου (μεταξύ 50 και 100 Angstrom) είναι **φυσικοχημικά ανθεκτικό** σε ένα ευρύ φάσμα δραστηριότητας περιβάλλοντος. **Η αντοχή του επιφανειακού στρώματος οξειδίου**, είναι πολύ καλή για περιβάλλοντα με pH μεταξύ 4 και 8, δηλαδή στο μέσο όξινο περιβάλλον, όπου και η ανθεκτικότητα στη διάβρωση του μετάλλου είναι πολύ καλή.

Κάτω από pH 4 και πάνω από 8, η μεν όξινη αντίδραση οδηγεί σε Al^{3+} ιόντα, ενώ η αλκαλική σχηματίζει AlO_2 .

Το υγρό περιβάλλον θεωρείται εξαιρετικά υποβοηθητικό για τη λειτουργία της χημείας της διάβρωσης.

Οι συνηθέστεροι τύποι διάβρωσης του αλουμινίου, είναι :

A. Ομοιόμορφη προσβολή

Συνήθης μορφή διάβρωσης, όπου όλη η επιφάνεια του μετάλλου προσβάλλεται στον ίδιο βαθμό, π.χ. από χλωριόντα. Η ομοιόμορφη προσβολή, είναι δυνατόν να αποφευχθεί με διάφορες μεθόδους, από τις οποίες οι πιο σημαντικές είναι:

- Ανοδίωση
- Χρωμάτωση
- Καθοδική προστασία (π.χ. ανόδιο ψευδαργύρου).

B. Γαλβανική διάβρωση

Αυτή η μορφή προσβολής συμβαίνει όταν 2 αγωγοί διαφορετικής χημικής σύνθεσης (και σε απόσταση μεταξύ τους στον πίνακα ηλεκτροθετικότητας) ενώνονται ευρισκόμενοι μέσα σε αγωγίμο υγρό φορέα. Είναι από τις πιο δραστικές μορφές διάβρωσης, διότι επικεντρώνεται πάνω στο **λιγότερο "ευγενές" μέταλλο** από τα δύο σε επαφή, **στην περιοχή και μόνο της διεπαφής των μετάλλων**. Η κόλληση 2 κραμάτων αλουμινίου με τη μέθοδο brazing (ή και άλλο τύπο συγκόλλησης) παρέχει έδαφος για ανάπτυξη γαλβανικής διάβρωσης. Όταν το αλουμίνιο είναι σε επαφή με χαλκό, μπρούτζο ή σίδηρο σε υγρό περιβάλλον, συμβαίνει γαλβανική διάβρωση σε διάφορους βαθμούς.

Η Γαλβανική ή Διμεταλλική προσβολή αποφεύγεται μόνο με αποφυγή επαφής δύο μετάλλων με διαφορά ηλεκτροθετικότητας. Αυτό επιτυγχάνεται με κατάλληλο σχεδιασμό της κατασκευής καθώς και χρήση μονωτικών υλικών εφόσον είναι απαραίτητο.

Γ. Διάβρωση κοιλοτήτων (Crevice corrosion)

Έντονη τοπική διάβρωση, κυμαινόμενη από μικρές κοιλότητες έως σημαντική έκταση. Οι αιτίες δημιουργίας αυτής της διάβρωσης είναι πολλαπλές, με κυρίαρχη τη δημιουργία οξέων μέσα σε κοιλότητες (ίσως και τυπικής γεωμετρίας της αλουμινοκατασκευής), που όμως δεν αερίζονται, ενώ παράλληλα συσσωρεύουν και αρκετή βρωμιά. Το περιβάλλον υγρασίας θεωρείται και εδώ απαραίτητο για την ανάπτυξη και διάδοση της διάβρωσης.

Δ. Μικρο-διάβρωση (Pitting)

Ε. Περικρυσταλλική διάβρωση (Intergranular corrosion)

ΣΤ. Τριχοειδής διάβρωση (Filiform corrosion)

Ζ. Διάβρωση απολέπισης (exfoliation corrosion)

Το όριο κόπωσης του μετάλλου είναι δυνατόν να παρουσιάσει σημαντική πτώση με φαινόμενα διαβρώσεως, γεγονός που πρέπει να προϋπολογίζεται για την περίπτωση κυκλικών (επαναλαμβανομένων) φορτίσεων σε έντονα διαβρωτικά περιβάλλοντα.

Τα κράματα χυτεύσεως, γενικά θεωρούνται ότι αντέχουν σε διαβρωτικό περιβάλλον.

Η προστασία των κραμάτων αλουμινίου από τη διάβρωση, επιτυγχάνεται με επιφανειακές επεξεργασίες και βαφές.

Κλασική και αποτελεσματική μέθοδος προστασίας θεωρείται η ανοδίωση, ενώ η χρωμάτωση και η υγρή ή ηλεκτροστατική βαφή έχουν επίσης θετικό αποτέλεσμα.

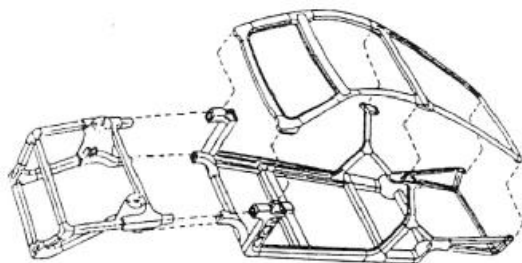
Το αλουμίνιο είναι ένα μέταλλο, το οποίο οξειδώνεται εύκολα υπό την επίδραση υψηλής ενεργειακής αντίδρασης όποτε επικρατούν οι απαραίτητες συνθήκες οξείδωσης. Παρ' όλα αυτά, το αλουμίνιο και τα κράματά του είναι σχετικά σταθερά στις περισσότερες συνθήκες εξαιτίας της γρήγορης διαμόρφωσης του φυσικού οξειδωτικού λεπτού στρώματος της αλουμίνας στην επιφάνεια που εμποδίζει την υπερβολική αντίδραση η οποία έχει προβλεφθεί από θερμοδυναμικά δεδομένα. Επιπλέον, αν η επιφάνεια του αλουμινίου ξυστεί επαρκώς για να αφαιρεθεί το οξειδωτικό λεπτό στρώμα, ένα καινούριο λεπτό στρώμα ξαναδιαμορφώνεται στις περισσότερες συνθήκες. Σαν γενικός κανόνας, το προστατευτικό φιλμ είναι σταθερό σε διάλυμα με βάση το νερό, με το pH να κυμαίνεται μεταξύ του 4,5 – 8,5, αν και είναι διαλυμένο σε δυνατό οξύ ή αλκαλικά, οδηγώντας σε γρήγορη επίθεση στο αλουμίνιο. Εξαιρέσεις αποτελούν το συμπυκνωμένο νιτρικό οξύ και το οξείδιο της αμμωνίας.

Πολύ παχύτερο, επιφανειακό οξειδωτικό λεπτό στρώμα, που προσδίδει στο αλουμίνιο και στα κράματά του αυξημένη αντίσταση στη διάβρωση, μπορεί να παραχθεί με ποικίλες χημικές και ηλεκτροχημικές διεργασίες. Το πάχος του φυσικού λεπτού στρώματος μπορεί να αυξηθεί μέχρι 500 φορές γύρω στο 1,2mm με τη βύθιση των εξαρτημάτων σε ζεστό οξύ ή σε αλκαλικά διαλύματα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι χρωματική μεταβολή

των λεπτών στρωμάτων χρησιμοποιούνται σε εργασίες για την προστασία των κραμάτων αλουμινίου από τη διάβρωση στη κατασκευή αυτοκινήτων. Παρ' όλα αυτά, έχει διαπιστωθεί πρόσφατα ότι ο χρωματισμός μπορεί να κρύβει έναν κίνδυνο ο οποίος έχει οδηγήσει σε άλλες, μη τοξικές επεξεργασίες του λεπτού στρώματος. Το δυναμικό ηλεκτροδίων του αλουμινίου σε σχέση με άλλα μέταλλα γίνεται ιδιαίτερος σημαντικό αν λάβουμε υπόψη τα γαλβανικά αποτελέσματα που προκύπτουν από τη επαφή ανόμοιων μετάλλων. Αυτό δείχνει ότι η προσβολή του αλουμινίου και των κραμάτων του θα συμβεί όταν έρθουν σε επαφή με τα περισσότερα άλλα μέταλλα σε ένα διαβρωτικό περιβάλλον. Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι το δυναμικό ηλεκτροδίων ενεργεί μόνο σαν οδηγός στην πιθανότητα γαλβανικής διάβρωσης.

Αλλά σε συγκεκριμένα προϊόντα, όπως πετρεσμένα και σφυρηλατημένα καλούπια, ο μηχανισμός είναι αμετάβλητος και ένα μείγμα από μη επανακρυσταλλοποιημένων και επανακρυσταλλοποιημένων, κοκκοποιημένων κατασκευών μπορούν να διαμορφωθούν, μεταξύ των οποίων μπορούν να υπάρχουν πολλές διαφορές. Μεγάλοι επανακρυσταλλοποιημένοι κόκκοι κανονικά συναντιώνται στην επιφάνεια και αυτοί είναι συνήθως ελαφρώς καθοδικοί σε σχέση με τους υπό αυτών μη επανακρυσταλλοποιημένους κόκκους. Προνομιακή προσβολή μπορεί να συμβεί εάν οι σχετικά πιο ανοδικοί, εσωτερικοί κόκκοι είναι μερικώς εκτεθειμένοι, όπως μπορεί να συμβεί μέσω μιας μηχανολογικής επεξεργασίας.

5.13) Πεπιεσμένο κράμα αλουμινίου



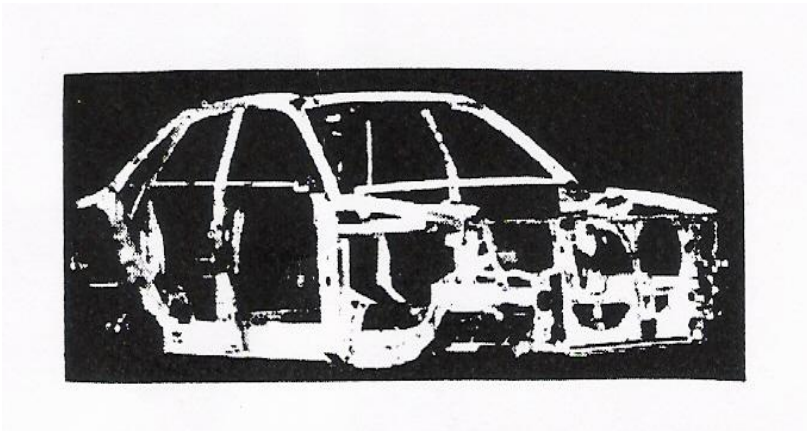
Εικόνα 10. Συμπιεσμένα
τμήματα για αμαξώματα αυτοκινήτων

Για να παραχθεί ένα πολύπλοκο, πεπιεσμένο τμήμα μείγματος, μια προθερμασμένη ράβδος, στη πλαστική της κατάσταση, πιέζεται διαμέσου ενός ατσαλένιου καλουπιού, το οποίο είναι κατασκευασμένο με την επιθυμητή μορφή του προς κατασκευή τμήματος. Για κούφια τμήματα, ένας αγωγός είναι προσαρτημένος σε μια «γέφυρα», η πεπιεσμένη δέσμη διασκορπίζεται στη γέφυρα και επανενώνεται πριν από την απόσπαση από το καλούπι. Η ικανότητα του να παράγονται τμήματα όπως προηγουμένως με τη μηχανική και κυλινδρική διαμόρφωση είναι μεγάλο όφελος. Τμήματα υψηλής συνολικά διάστασης ή περιορισμένων κυκλικών διαμέτρων είναι πιο ακριβά να παραχθούν με υψηλή ακρίβεια, εξαιτίας της δυσκολίας του υπολογισμού των ανοχών, η οποία προκύπτει από την κλίση για πιο αργή ροή του μετάλλου στη περιφέρεια. Προσφάτως προέκυψαν ιδιότητες για μια μεγάλη ποικιλία κατασκευαστικών μεθόδων πίεσης διαμέσου καλουπιών από την Alcoa. Αυτά τα υψηλής αντοχής λεπτά τμήματα έχουν προβλέψιμα ενεργειακά χαρακτηριστικά απόσβεσης και συνεπώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα πλαίσια αυτοκινήτων όπως αυτό μιας εταιρείας το οποίο φαίνεται στην εικόνα 10. Αυτό το είδος της κατασκευής υποτίθεται ότι οδηγεί στην εξοικονόμηση βάρους περι

τα 30% με 40% συγκρινόμενο με τις ασάλινες κατασκευές αμαξωμάτων.

5.14) Χωροκεντρικό πλαίσιο αυτοκινήτου από κράμα αλουμινίου

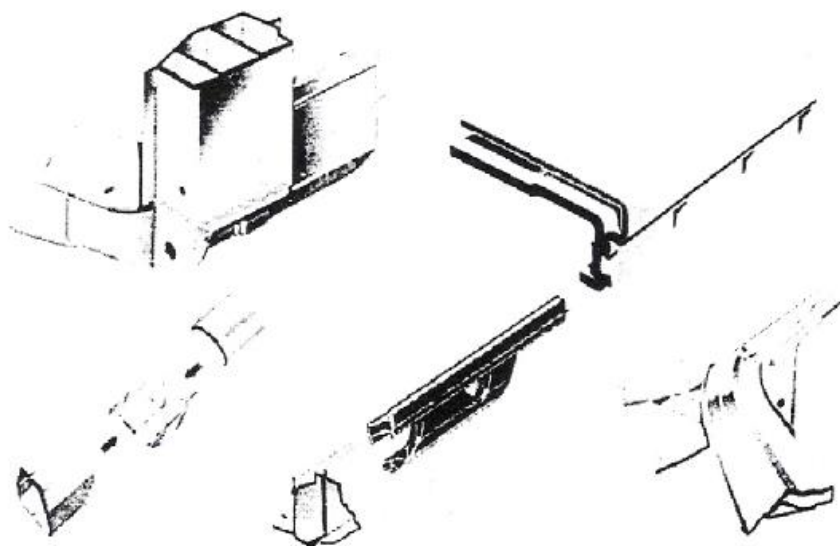
Για το πλαίσιο αυτοκινήτου της εικόνας 11, το οποίο αποτελεί την ιδέα για το Audi ASF, οι μέθοδοι πίεσεως και τα καλούπια εφοδιάστηκαν από την Alcoa με κράματα ειδικά εξελιγμένα για να δώσουν τα επιθυμητά χαρακτηριστικά.



Εικόνα 11. Alcoa / Audi ASF κατασκευή

Τα καλούπια παράγονται από ένα κράμα το οποίο συγκολλάται εύκολα και μπορεί να διαμορφωθεί ψυχρά πολύ εύκολα με ένα κτύπημα. Η προσοχή είναι απαραίτητη κατά το σχεδιασμό των καλουπιών για τα λεπτά αποτυπώματα των κομματιών ώστε να ικανοποιείται η διαφορετική ελαστικότητα και η πιθανή επιμήκυνση των ορίων του αλουμινίου και επιπλέον οι φλάντζες σε μερικά κομμάτια πρέπει να έχουν διαμορφωθεί έτσι ώστε να ικανοποιούν τα διάφορα επικυπτόμενα από την επεξεργασία χαρακτηριστικά των μετάλλων. Ο συνδυασμός όλων των μεθόδων πίεσης των χυτών γίνεται με συγκόλληση μέσω

συνεχούς προστατευτικού τόξου, αυτοματοποιημένης όπου είναι δυνατό. Μια τεχνική ένωσης για τα λεπτά κομμάτια είναι αυτή κατά την οποία γίνεται χρήση ειδικού εργαλείου το οποίο καρφώνει τα κομμάτια μεταξύ τους. Αυτή η διαδικασία μας δίνει περίπου 30% μεγαλύτερη αντοχή από την ηλεκτροπόντα, απαιτεί λιγότερη ενέργεια και με αυτήν επιτυγχάνεται σταθερή υψηλή ποιότητα. Εποξική κολλώδεις σύνδεσμοι χρησιμοποιούνται στην κατασκευή καπό, πορτών και πορτ-μπαγκαζ, και ένας διαμορφωμένος εποξικός σύνδεσμος χρησιμοποιείται για τα τμήματα του πατώματος και για τις αντηρίδες της ανάρτησης. Λεπτομέρειες δίνονται στην εικόνα 12.



Εικόνα 12.

Το πρωταρχικό πλεονέκτημα του σχεδίου για το ASF είναι η μείωση του βάρους μέχρι και 40%. Βελτιώθηκε, επίσης, η στατική συστροφική ακαμψία γύρω στα 40% σε σύγκριση με ένα ατσάλινο αμάξωμα. Υπάρχει μια μείωση 30% του αριθμού των

συστατικών μερών σε σύγκριση με ένα ατσαλένιο αμαξώμα. Ένα επιπλέον πλεονέκτημα είναι η ευλυγισία που προσφέρει η ιδέα το χωροκεντρικού πλαισίου, καθιστώντας δυνατή την πιο γρήγορη και φθηνή εξέλιξη παράγωγων μοντέλων ενός αυτοκινήτου.

Προκειμένου να επιτευχθεί ο δυνατότερος ασφαλής χώρος επιβίωσης και ο χαμηλότερος βαθμός σοβαρών ζημιών σε ένα ατύχημα, οι περιοχές, οι οποίες έχουν τάσεις παραμόρφωσης, έχουν μελετηθεί ώστε να τους αποδοθεί ένας μεγάλος βαθμός ακαμψίας. Η αντίσταση των αποσβεστήρων σύγκρουσης είναι χαμηλότερη από την αντίσταση του εμπρόσθιου τμήματος του κάθε επιμήκους μέλους του αμαξώματος, η οποία είναι μικρότερη από την αντίσταση του πίσω τμήματος του αμαξώματος και αυτή με τη σειρά της είναι μικρότερη από την αντίσταση του όλου σκελετού.

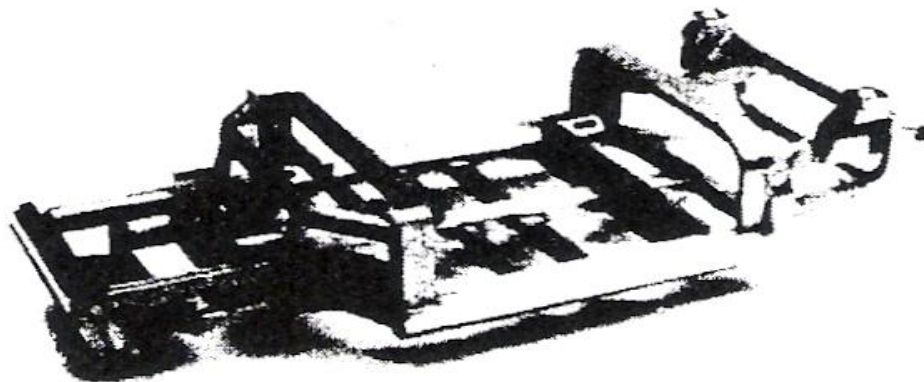
Καθώς τα τμήματα αλουμινίου έχουν μια πολύ υψηλή απορρόφηση ενέργειας ανά μονάδα όγκου από τα ισοδύναμα τους ατσαλένια, όταν χρησιμοποιηθούν ως επιμήκη μέλη του αμαξώματος, μπορούν να παρέχουν την ίδια απορρόφηση ενέργειας με τα ατσάλινα τμήματα, αλλά με λιγότερο από το μισό βάρος.

5.15) Πως το αλουμίνιο χρησιμοποιείται στη κατασκευή ενός συμβατικού πλαισίου

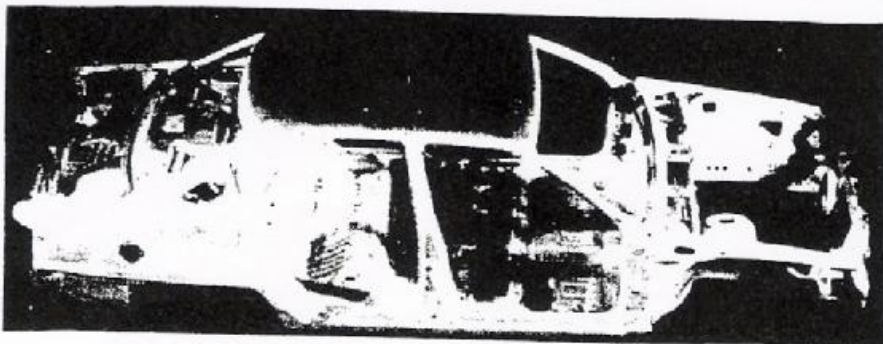
Ακριβές υποκατάστατο του αλουμινένιου κράματος για μεταλλικά τμήματα είναι η φιλοσοφία πίσω από τη τωρινή εργασία ένωσης της Alcan/Ford στο τέλος του αιώνα για τα πολύ ελαφριά οχήματα. Μέρος της συμφωνίας μεταξύ των εταιρειών είναι μια σταθερή συμφωνία τιμών η οποία θα μικρύνει το κύκλο των

παραδοσιακών διακυμάνσεων αφού το μέταλλο είναι εμπορεύσιμο στο Χρηματιστήριο μετάλλων του Λονδίνου.

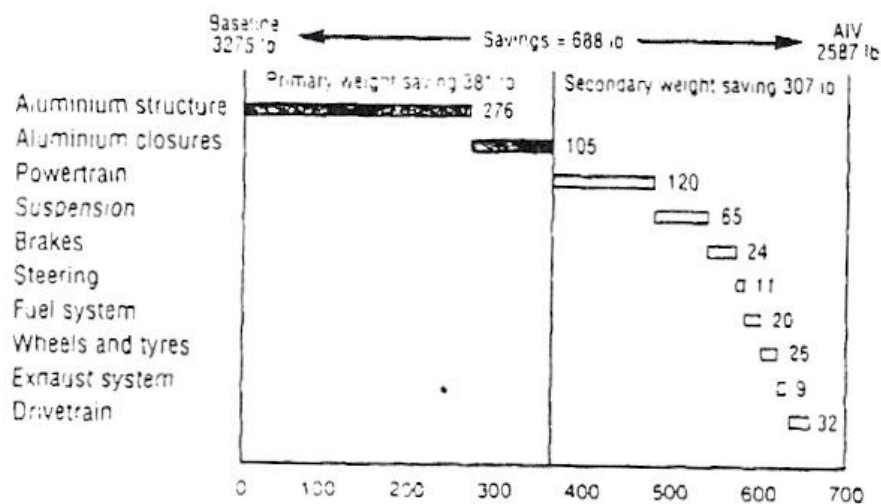
Μια αντίθετη προσέγγιση στις αλουμινένιες κατασκευές αμαξωμάτων από κράματα, σε αυτές των εταιρειών Alcoa και Alcan φαίνεται στην εικόνα 13 και είναι αυτή του υγροποιημένου αλουμινίου οι οποίες έχουν παράγει ένα πλαίσιο χρησιμοποιώντας συνδέσεις συγκόλλησης για τα προφίλ μεθόδων πίεσης του μετάλλου συμπληρώνοντας τα κύρια κατασκευαστικά στοιχεία. Η ιδέα αυτή έχει εφαρμοστεί στα εξής πειραματικά αυτοκίνητα : Pininfarina Ethos και BMW Z13/E1.



Εικόνα 13. Υγροποιημένο χωροκεντρικό πλαίσιο αλουμινίου



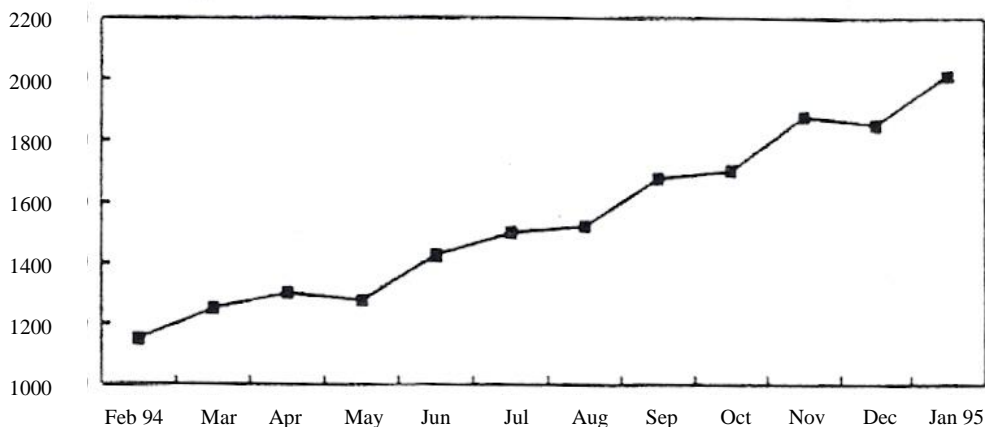
Εικόνα 14.



Εικόνα 15

5.16) Το κόστος του αλουμινίου

Σε μια τέτοια ανταγωνιστική βιομηχανία όπως η κατασκευή οχημάτων, το βάρος των εξόδων είναι μεταξύ των πιο σημαντικών σημείων. Η εικόνα 16 δείχνει πως η τιμή του κράματος αλουμινίου σχεδόν διπλασιάστηκε κατά τη διάρκεια του 1994 στο Χρηματιστήριο Μετάλλων του Λονδίνου.



Εικόνα 16. Τιμές του κράματος αλουμινίου από το Χρηματιστήριο Μετάλλων του Λονδίνου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Ελαφριά οχήματα

Μαζί η βιομηχανία αλουμινίου και η βιομηχανία αυτοκινήτων, παγκοσμίως, έχουν μελετήσει και αναπτύξει ποικίλες τεχνολογίες για την κατασκευή ελαφρών αμαξωμάτων από αλουμίνιο. Οι κατασκευές της Austin Rover Metro, Berton X1/9 και Ferrari F408 έχουν επιτυχώς αποδείξει ότι ακόμα και με τα υπάρχοντα ατσάλινα σχέδια μια απλή αντικατάσταση με αλουμίνιο αυξημένου πάχους θα μπορούσε να έχει ως αποτέλεσμα μια εντυπωσιακή εξοικονόμηση βάρους χωρίς θυσίες στην κατασκευαστική λειτουργία. Τα ακόλουθα αυτοκίνητα βρίσκονται στο δρόμο της μαζικής παραγωγής αμαξωμάτων από αλουμίνιο.

To Volvo 960

Αυτή η εργασία διεξήχθη από τη Volvo, τη Berton και την Alcan και, όχι μόνο απέδειξε για ακόμα μία φορά ότι μπορεί να επιτευχθεί εντυπωσιακή εξοικονόμηση βάρους με τη χρήση του αλουμινίου χωρίς συμβιβασμούς στην κατασκευαστική λειτουργία, αλλά και ότι η παραγωγικές διαδικασίες είναι κατάλληλες για μαζική παραγωγή σε ένα βιομηχανικό περιβάλλον. Η εξοικονόμηση βάρους που επιτεύχθηκε με την αντικατάσταση ατσάλινων κομματιών με αλουμινένια ήταν μεταξύ 40% - 50%.

To Honda NSX – R

Το σπορ Honda NSX – R αυτοκίνητο, αποτελείται από ένα εξολοκλήρου αλουμινένιο αμάξωμα. Η Honda ισχυρίζεται ότι το όχημα θα μπορούσε να είναι 200 kg βαρύτερο με ένα ατσάλινο

σκελετό και μια ελαφρύτερη έκδοση του NSX για πιο διορατικούς λάτρεις των αυτοκινήτων είναι εν τούτοις 120 kg ελαφρύτερο.

To Audi A8

Λέγεται ότι η Audi έχει συνεργαστεί με την Alcoa για χρονικό διάστημα άνω των 10 ετών για την ανάπτυξη του αλουμινένιου χωροκεντρικού πλαισίου του Audi A8. Συνολικά το βάρος του αμαξώματος θεωρείται ότι είναι 35% με 40% λιγότερο από ένα αντίστοιχο ατσάλενιο, με το όχημα να είναι συνολικά 140 kg ελαφρύτερο.



R8 concept car

Η Lotus Elice

Το καινούριο Lotus Elice σπορ αυτοκίνητο χρησιμοποιεί ένα απλό πεπτιεσμένο αλουμινένιο χωροκεντρικό πλαίσιο. Ζυγίζοντας 65 kg, ο σκελετός είναι συνδεδεμένος με ένα συνδυασμό κολλώδη συνδέσμων και βίδων.

To Neon Lite της Chrysler

Αυτή η ερευνητική εργασία έχει καταλήξει σε μια μείωση βάρους 270 kg από ένα όχημα 1180 kg, μια συνολική μείωση 23% κυρίως μέσω της χρήσης αλουμινένιου πλαισίου. Η Chrysler πιστεύει ένα εξολοκλήρου αλουμινένιο επιβατηγό αυτοκίνητο δεν είναι οικονομικά πραγματοποιήσιμο εξαιτίας της τετραπλά αυξημένης τιμής του αλουμινίου από αυτή του ατσαλιού.

To Ford AIV (Ford Taurus)

Η εργασία της Ford, βασισμένη σε ένα μεσαίας κλίμακας μοντέλο, χρησιμοποίησε ένα αλουμινένιο αμάξωμα για να εξοικονομήσει 125 kg από τις πρωτότυπες ατσάλινες εκδόσεις των 271 kg – μια μείωση του 46% - και, επίσης πέτυχε καλύτερη συστροφική ακαμψία.

Σημείο τηξεως	660°C
Σημείο βρασμού	2480°C
Θερμική αγωγιμότητα (0-100°C)	0,57 cal/cm/s/°C
Θερμοκρασιακή αποδοτικότητα της γραμμικής διαστολής (0-100°C)	23,5 x 10 ⁻⁶ per °C
Ηλεκτρική αντίσταση στους 20 °C	2,69μ Ω cm
Θερμοκρασιακή αποδοτικότητα της αντίστασης (0-100°C)	4,2 x 10 ⁻³ per °C
Πυκνότητα στους 20 °C	2,69 g/cm
Μέτρο ελαστικότητας	68,3 Gpa
Μέτρο συστροφής	25,5 Gpa
Λόγος του Poisson	0,34

Εικόνα 17. Φυσικά χαρακτηριστικά του καθαρού αλουμινίου

	Ειδική Βαρύτητα	Πυκνότητα Kg/m³	Σημείο Τήξεως °C	Γραμμική Απόδοση Διαστολής 10⁻⁶/°C
Αλουμίνιο	2.69	2699	580-660	24.0
Ελαφρύ ατσάλι	7.85	8097	1900	12.6
Χαλκός	8.93	9200	1083	16.5
Μαγνήσιο	1.75	1803	565	29.0
Ξυλεία (Ash)	0.60	618	–	4.5
Γυαλί	2.64	2520	1500	8.4
A.B.S.	1.05	1082	125	90.0
P.V.C.	1.40	1442	95	70.0
Νάυλον	1.14	1174	125	98.0

Εναλλακτικές λύσεις υλικών για αμαξώματα αυτοκινήτων

	Ειδική Θερμότητα Joules/kg/ οC	Μέτρο ελαστικότητας G.P.A.	Συστροφικό μέτρο G.P.A.	Λόγος του Poisson
Αλουμίνιο	0.96	69	25	34
Ελαφρύ ατσάλι	0.42	207	84	30
Χαλκός	0.38	120	45	33
Μαγνήσιο	1.02	44	17	33
Ξυλεία (Ash)	–	10	–	–
Γυαλί	–	69	–	24
A.B.S.	–	1.4-2.7	–	–
P.V.C.	1.40	2.8	–	–
Νάυλον	1.67	3.6	–	–

Εικόνα 18. Χαρακτηριστικά των υλικών

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Αλουμίνιο vs ατσάλι στη κατασκευή αμαξωμάτων

Υπάρχει ένας αριθμός διαφορετικών κατασκευαστικών απαιτήσεων για τα υλικά των αμαξωμάτων. Στην κανονική χρήση στο δρόμο, το λύγισμα και η κατασκευαστική ακαμψία είναι οι παράμετροι – κλειδιά. Παρ' όλα αυτά, σε χαμηλής ταχύτητας σύγκρουσης (4 – 9 kph) η ενέργεια ελαστικής παραμόρφωσης είναι πιο σημαντική. Σε μια πιο ήπια σύγκρουση, η ενέργεια ελαστικής παραμόρφωσης είναι το κλειδί αν και σε μια σφοδρή σύγκρουση, η ακεραιότητα της κατασκευής είναι σημαντικότερη, χωρίς την εμφάνιση ραγισμάτων ή διάσπασης.

Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη το κόστος ανά μονάδα όγκου παρά ανά μονάδα βάρους στη σύγκριση κατασκευαστικής λειτουργίας με ατσάλι. Αλλά και έτσι, είναι απίθανο το αλουμίνιο να φτάσει το κόστος χρήσης του ατσαλιού στην κατασκευή αμαξώματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

Ατσάλι vs αλουμίνιο στη δράση

Σε βρετανικές δοκιμασίες πάνω σε επιμήκη συνθλιβόμενα μέρη του αμαξώματος από συγκολλημένα στρογγυλά τμήματα ίσου βάρους, αυτές έδειξαν καθαρά ότι το ατσάλι σαν υλικό υπερείχε σε δοκιμασίες σύγκρουσης των 30m/h, και τα τμήματα από κράμα αλουμινίου είχαν συνολικά αποτυχία στην σταθερότητα από τοπικά προοδευτικά ζαρώματα.

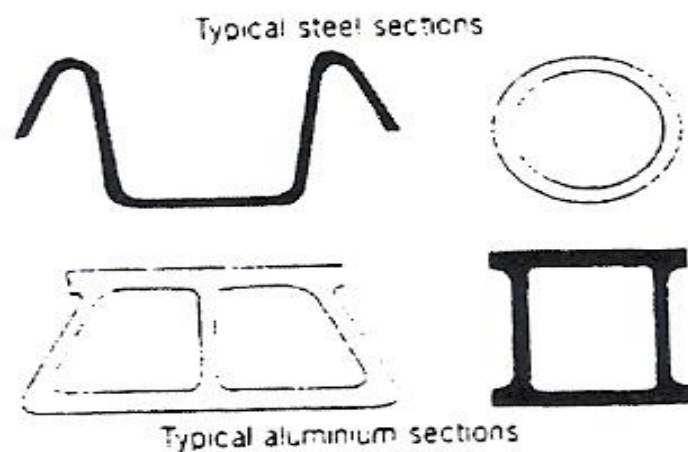
Δραματικές αλλαγές στα κράματα φύλλων ατσαλιού έχουν, επίσης, συμβεί τη τελευταία δεκαετία.

Κατασκευές από συμπίεση αλουμινίου. Ένα εκπληκτικά ευρύ φάσμα κραμάτων θα μπορούσε να συμπιεσθεί, όπως φαίνεται στην εικόνα 19.

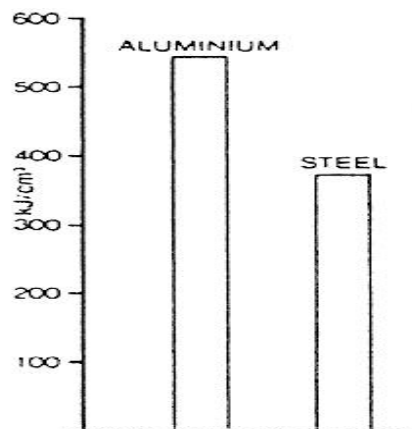
Κράμα	Χαρακτήρας	Παραγωγική Δύναμη (N/mm²)	UTS (N/mm²)	Επιμήκυνση
6063	T4	90	160	21
	T5	210	245	12
	T7	175	205	13
6082	T4	170	260	19
	T5	310	340	11
7020	T5	335	380	13

Εικόνα 19. Τυπικά μηχανολογικά χαρακτηριστικά πεπιεσμένων κραμάτων

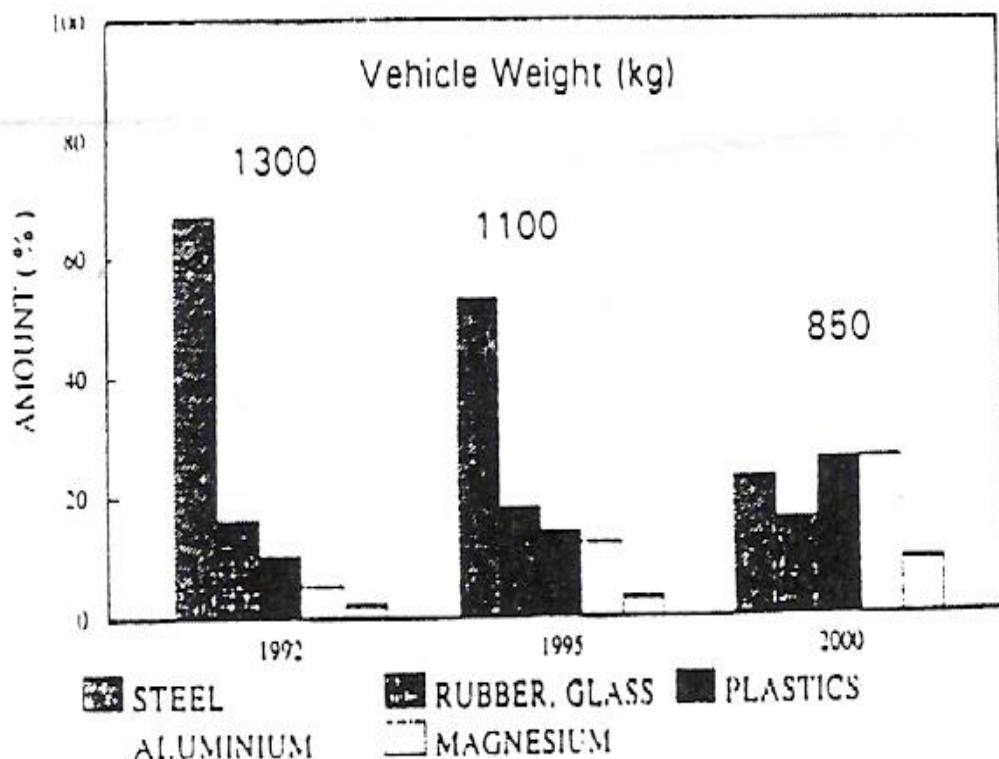
Για πλαϊνή παρείσφρηση εναλλακτικά στα βαριά και δύσκολα στη διαμόρφωση ατσάλινα συστήματα μπορούν να αποκτηθούν με ένα πεπιεσμένο κράμα αλουμινίου. Οι ακτίνες που έχουν τραπεζοειδή τμήματα, όπως φαίνεται στην εικόνα 20, θεωρούνται ιδιαίτερα χρήσιμες, καθώς έχουν πιο παχιά την συμπιεσμένη επιφάνεια από την τεντωμένη.



Εικόνα 20



Εικόνα 21. Περιεκτικότητα σε ενέργεια των βασικών υλικών



Εικόνα 22. Τρέχουσα και προβλεπόμενη χρήση των υλικών στα μηχανοκίνητα οχήματα (Toyota Motor Company, 1992)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

Τα νέα υλικά στη βιομηχανική παραγωγή

Καθώς η χρήση των νέων υλικών στη παραγωγή μηχανοκίνητων εξελίσσεται, η ανάγκη για νέες βιομηχανικές παραγωγικές τεχνικές αυξάνεται. Πολλά χυτήρια προσαρμόζονται στην αυξανόμενη χρήση του αλουμινίου, με τη δημιουργία καλουπιών μερικών τμημάτων τα οποία εκτελούνται κάτω από μεγάλη πίεση. Αυτό μπορεί να δικαιολογηθεί μόνο για πολύ υψηλές σειρές παραγωγής εξαιτίας του κόστους. Η διαδικασία

εξατισμένης χύτευσης (ECP), τώρα υπό έρευνα από την Ford, υπόσχεται μείωση του κόστους παραγωγής.

Τρεις βασικές διαδικασίες κυριαρχούν επί των παραδοσιακών μεθόδων της τρέχουσας παραγωγής αυτοκινήτων. Η πρώτη είναι το χυτήριο όπου τα κενά για κύρια μηχανολογικά εξαρτήματα γεμίζονται με άμμο, και η δεύτερη είναι το πιεστήριο όπου μεγάλα, βαριά εργαλεία πίεσης συμπιέζουν τα μεταλλικά φύλλα των εξαρτημάτων για τους σκελετούς. Και η τρίτη είναι η γραμμή συνάθροισης η οποία αρχίζει με τη συγκόλληση του αμαξώματος και συνεχίζεται σταδιακά μέχρι την ολοκλήρωση του αυτοκινήτου.

Συνοψίζοντας, δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η υιοθέτηση προηγμένων υλικών θα αλλάξει τη μορφή των εγκαταστάσεων παραγωγής των οχημάτων. Τα χυτήρια θα υιοθετήσουν καινούριες μεθόδους και τα πιεστήρια μετάλλων θα μειωθούν καθώς προοδευτικά αντικαθίστανται από μηχανήματα επεξεργασίας πλαστικών. Οι διαδικασίες εφαρμογής χρώματος θα τροποποιηθούν. Σαν αποτέλεσμα θα υπάρξει, πιθανότατα, ένα πλέγμα εξοικονόμησης στη ποσότητα ενέργειας που χρησιμοποιείται στη παραγωγική διαδικασία, όπως και ένα και πιο οικονομικό όχημα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

Ανακυκλώνοντας παλιά οχήματα

Αυτή τη στιγμή το μεγαλύτερο μέρος των παλιών αυτοκινήτων αποτελείται από ατσάλι. Αυτό έχει το πλεονέκτημα ότι εύκολα ξεχωρίζεται με μαγνητικά μέσα και έχει ουσιαστική αξία για ανακύκλωση. Η παρακάτω εικόνα πρόκειται να αλλάξει προς

το τέλος αυτής της δεκαετίας καθώς τα αυτοκίνητα περιέχουν σε μεγάλο βαθμό σημαντικές ποσότητες αλουμινίου, και το πλαστικό φτάνει στο στάδιο της αχρηστίας.



Εικόνα 23. Η ανάκτηση παλιών υλικών από τέτοια αυτοκίνητα μπορεί να είναι μια δύσκολη διαδικασία. Τα κύρια μέταλλα όπως το ασάλι και το αλουμίνιο μπορούν να ανακυκλωθούν, αλλά τα πλαστικά έχουν τα δικά τους προβλήματα.

Τα παλιά κομμάτια αλουμινίου είναι πιθανότατα εξαιρετικά πολύτιμα γιατί 1kg του μετάλλου αντιπροσωπεύει μέχρι και έξι φορές την επένδυση ενέργειας 1 kg ατσαλιού. Ευτυχώς, η μελετημένη χρήση του αλουμινίου είναι για απολύτως μεγάλα εξαρτήματα τα οποία μπορούν να ανακτηθούν χωρίς πολλά προβλήματα. Θα μπορούσε, παρ' όλα αυτά, αυτή η ευκολία

ανάκτησης από την ανακύκλωση να αποτελέσει έναν ακόμη παράγοντα τον οποίον οι σχεδιαστές αυτοκινήτων μια μέρα να λάβουν υπόψη τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

Συμπεράσματα

Το αλουμίνιο είναι μια προφανής επιλογή στην έρευνα για ελαφρύτερα εναλλακτικά του ατσάλιού υλικά για την παραγωγή μηχανοκίνητων. Αλλά το πλεονέκτημα της ελαφρότητάς του θα πρέπει να ληφθεί υπόψη έναντι του μειονεκτήματος του υψηλού κόστους του. Η σχετικά χαμηλή του ακαμψία το καθιστά ακατάλληλο για εφαρμογή στα πιο κρίσιμα τμήματα ενός αμαξώματος. Επιπλέον, είναι κατάλληλο για εξαρτήματα της μηχανής καθώς επίσης αποτελεί ένα εξαιρετικό υποκατάστατο για το χαλκό στα συστήματα ψύξης με ψυγείο και στα ηλεκτρικά συστήματα. Παρά τα πλεονεκτήματα του αλουμινίου, το υψηλής αντοχής ατσάλι είναι πιθανό να είναι το πιο σημαντικό υλικό που παρέχει τη δυνατότητα εξοικονόμησης βάρους για χρήση στα αυτοκίνητα τα επόμενα δέκα χρόνια. Εξαιτίας της αυξανόμενης ανάγκης για ελαφρύτερα και φθηνότερα κατασκευαστικά υλικά, τα φύλλα ατσάλιου από γνήσιους, ζεστά ή ψυχρά, στρογγυλεμένους τύπους δεν είναι πλέον η μόνη δυνατή επιλογή στη κατασκευή αμαξωμάτων. Δύο υλικά βρίσκονται τώρα στη πρώτη γραμμή των εναλλακτικών: το αλουμίνιο και το υψηλής αντοχής ατσάλι.

Το αλουμίνιο είναι η προφανής επιλογή στα προγράμματα μείωσης του βάρους των οχημάτων λόγω της ελαφρότητάς του, αλλά το υψηλό κόστος του είναι ένα αδιάψευστο μειονέκτημα. Είναι πιο κατάλληλο σε ορισμένες εφαρμογές παρά σε άλλες. Η

ακαμψία του είναι μικρότερη από του ατσαλιού, το οποίο σημαίνει ότι περισσότερο αλουμίνιο πρέπει να χρησιμοποιείται όπου η ακαμψία αποτελεί σημαντικό κριτήριο – καθώς τείνει να χρησιμοποιείται σε σημαντικά μέρη του αμαξώματος. Για αυτό το λόγο, μαζί με το κόστος του, η χρήση του αλουμινίου θα περιοριστεί και θα μπορούσε ακόμα και να μειωθεί. Παρά την έλξη προς το αλουμίνιο, φαίνεται σίγουρο ότι το πιο σημαντικό και αμέσως διαθέσιμο υλικό που προσφέρει εξοικονόμηση βάρους για χρήση στη κατασκευή αυτοκινήτων αυτή τη δεκαετία θα είναι το υψηλής αντοχής ατσάλι. Υπάρχουν πολλοί λόγοι γι' αυτό. Ο πρώτος είναι καθαρά το κόστος. Ατσάλια πολύ υψηλότερης αντοχής από αυτά που χρησιμοποιούνται τώρα, είναι διαθέσιμα με κόστος κάτι παραπάνω που φτάνει το 5%. Από αυτή την άποψη, τα δυνατά οφέλη εξοικονόμησης βάρους από τα υψηλής αντοχής ατσάλια - υπολογίζονται στο 1kg για κάθε 5kg – το κάνουν ένα πολύ ελκυστικό υλικό όσον αφορά την κερδοφορία από την εξοικονόμηση βάρους. Έχει το επιπρόσθετο πλεονέκτημα ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί αμέσως χωρίς σημαντικές αλλαγές στις συμβατικές διαδικασίες παραγωγής. Υπάρχουν, ωστόσο, αντίθετες σκέψεις. Εκπληκτικά ίσως, η μεταλλουργία του υψηλής αντοχής, με λογικό κόστος ατσαλιού (καθώς αντιτίθεται στους υπέρ υψηλής αντοχής, σε μορφή κράματος ανοξειδωτους τύπους) βρίσκεται ακόμα υπό ανάπτυξη. Ένα από τα μειονεκτήματα αυτών των τύπων, των πιο εύκολα διαθέσιμων, είναι ότι καθώς αυξάνεται η αντοχή, η ευκολία με την οποία το ατσάλι μπορεί να διαμορφωθεί με πίεση μειώνεται.

Το μειονέκτημα της διπλής όψεως ατσαλιού είναι ότι η υψηλά εξειδικευμένη παραγωγή απαιτεί μεγάλες επενδύσεις από τη βιομηχανία ατσαλιού. Αυτή τη στιγμή είναι μέχρι και 40% πιο

ακριβό από το συνηθισμένο ήπιο ατσάλι και σ' αυτό το επίπεδο η χρήση δεν είναι οικονομική. Η ύστατη επιλογή ανάμεσα στο διπλής όψεως – το τεχνικά προτιμώμενο – και σε μια άλλης μορφής υψηλής αντοχής ατσάλι εξαρτάται από μια σειρά εμπορικών αποφάσεων. Η χρήση οποιουδήποτε άλλου τύπου ατσαλιού είναι πιθανό να απαιτεί αλλαγές στο σχεδιασμό εργαλείων και πιθανώς τη χρήση μεγαλύτερης ενέργειας στη διαμόρφωση. Δεν υπάρχει, ωστόσο, λόγος να υποθέσουμε ότι η ανάπτυξη δεν μπορεί να ξεπεράσει οποιεσδήποτε σοβαρές δυσκολίες. Η βιομηχανία ατσαλιού παγκοσμίως έχει κάνει σημαντικές προόδους στη παραγωγή, στις τεχνολογικές διαδικασίες και στη βελτίωση της χρήσης. Οι εξελίξεις στη παραγωγή ατσαλιού, η αύξηση των μικρών εργοστασίων και η διαδικασία ενοποίησης είναι πιθανό να συγκρατήσουν το κόστος του ατσαλιού. Η συνεργασία με τους κατασκευαστές αυτοκινήτων έχει βοηθήσει στη μείωση του βάρους και του κόστους, και έχει βοηθήσει στην ανάπτυξη νέων μοντέλων. Στη δημιουργία του Υπέρ Ελαφρού Ατσαλένιου Αμαξώματος, η παγκόσμια βιομηχανία ατσαλιού έχει θέσει υψηλά κριτήρια για τον τρόπο με τον οποίο τα αμαξώματα των επιβατηγών αυτοκινήτων θα σχεδιάζονται τον επόμενο αιώνα διασφαλίζοντας ότι το ατσάλι θα συνεχίσει να είναι το επιλεγμένο υλικό για τη μαζική παραγωγή των αμαξωμάτων των επιβατηγών αυτοκινήτων. Η εξοικονόμηση βάρους θα είναι σχεδόν καθαρό κέρδος.

Παραπομπές

- The evaluation of an adhesively bonded aluminium structure in a vehicle, by M.G. Wheeler, P.G. Selwood (1992).
- Aluminium technology for the nineties, by A.I. Nussbaum (1993)
- Corrosion of Light Metals, by M.R Bothwell, K.L. Kane (1967)
- Speciality Handbook on Aluminium, by J. R. Davis (1993)
- Materials science and Technology, by A.K. Vasudevan (1989)
- Fuel Efficient Car Technology
- Internet
- Automotive Manufacturing
- Technological advances in vehicle design
- Automobile technology of the future
- Improved Aluminium Alloyw for Engine applications, by D. M. Smith (1986)
- Light Alloys, by I. J. Polmear (1995)
- Aluminium Properties
- Materials world magazine (1996)
- Four wheels magazine
- ALCAN COMPANY
- ALCOA COMPANY
- Aluminium Alloyw, steels (Structures and Properties), by L. F. Mondolfo