

**Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ:

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΝΘΕΤΩΝ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΓΙΑ ΧΡΗΣΗ ΣΤΗΝ
ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ**

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ : ΠΙΚΙΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ
ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ : ΚΩΝΣΤΑΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ
*ΠΑΠΑΚΩΣΤΑ ΕΥΦΡΟΣΥΝΗ***

ΠΑΤΡΑ 2002

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή	6
Ιστορική αναδρομή	8
Γιατί πλαστικά;	12
Προβλήματα που προκύπτουν από τη χρήση των πλαστικών	14
Κατηγοριοποίηση των πλαστικών	15
Διαδικασίες διαμόρφωσης	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο ΣΥΝΘΕΤΑ ΥΛΙΚΑ	20
1.1 Γενικά	20
1.2 Κατάταξη των σύνθετων υλικών	21
1.3 Ιδιότητες των σύνθετων υλικών	21
1.4 Ανάλυση των σύνθετων υλικών	23
1.4.1 Πολυπροπυλένιο (PP)	23
1.4.1.α Προσαρμογή στα εξαρτήματα των αυτοκινήτων	25
1.4.1.β Παραδείγματα εφαρμογών στα αυτοκίνητα	26
1.4.2 Αφρός MDI	27
1.4.2.α MDI εναντίον συστήματος TDI/MDI. Παράμετροι της διαδικασίας	28
1.4.2.β Εφαρμογές	30
1.4.3 Πολυουρεθάνη (PU)	31
1.4.3.α Διαδικασία	33
1.4.3.β Συμπεράσματα	34
1.4.4 Azdel	35
1.4.4.α Διαδικασία διαμόρφωσης	35
1.4.5 Ολεφινικά θερμοπλαστικά ελαστομερή (OTPE)	36
1.4.5.α Σχεδιασμός και κατασκευή	37
1.4.5.β Διαμόρφωση με έγχυση	37
1.4.5.γ Βαφή	39
1.4.6 Nylon (PA)	41
1.4.6.α Πρώτες μηχανικές εφαρμογές	41
1.4.6.β Επέκταση και ανάπτυξη το 1960 και 1970	43
1.4.6.γ Παρόν	44
1.4.7 Πολυκαρβονικά (PC)	46
1.4.7.α Είδη πολυκαρβονικών υλικών	46
1.4.7.β Εφαρμογές	50
1.4.7.γ Μελλοντικές οδηγίες	51
1.4.8 Ενισχυμένες Πολυουρίες	52
1.4.9 Ενισχυμένη Πολυουρεθάνη RIM.....	55
1.4.9.α Τρέχουσα κατάσταση των poly – urethane - urea συστημάτων	57

1.4.9.β Μελλοντικές βελτιώσεις στο ενισχυμένο RIM	59
1.4.10 RIM Ελαστομερή	60
1.4.10.α Τάσεις στην χρήση των RIM και RRIM	65
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ	68
2.1 Διαδικασία διαμόρφωσης με αντίδραση / έγχυση RIM (Reaction Injection Molding)	68
2.1.1 Γενικά περί της διαδικασίας	68
2.1.2 Στάδια της διαδικασίας RIM	71
2.1.3 Μηχανή RIM	72
2.1.3.α Περιγραφή της μηχανής	72
2.1.3.β Υλικά	77
2.1.3.γ Έλεγχος της θερμοκρασίας	79
2.1.3.δ Αερισμός του καλουπιού	80
2.1.3.ε Αντίσταση και χειρισμός του καλουπιού	80
2.1.3.στ Αποδέσμευση από το καλούπι	81
2.1.3.ζ Σχεδιασμός του καλουπιού	83
2.1.3.η Επικάλυψη	83
2.1.3.θ Χημικά συστήματα πολλαπλής απελευθέρωσης	83
2.2 Διαδικασία διαμόρφωσης κατά φύλλα (SMC)	84
2.2.1 Γενικά για τη διαδικασία	84
2.2.2 Στάδια διαμόρφωσης (SMC)	86
2.2.2.α Σχεδιασμός και ανάλυση	86
2.2.2.β Επιλογή υλικών	87
2.2.2.γ Σχεδιασμός του καλουπιού	88
2.2.2.δ Σύνθεση	88
2.2.2.ε Διαμόρφωση	90
2.2.2.στ Τελείωμα και συναρμολόγηση	91
2.2.3 Μηχανή SMC	92
2.2.4 Τύποι των SMC συστημάτων	93
2.2.4.α SMC - R	93
2.2.4.β SMC -C και SMC - C/R	97
2.2.5 Εφαρμογές του SMC	102
2.3 Διαδικασία επένδυσης κατά τη SMC διαμόρφωση	104
2.3.α Διαδικασία	105
2.3.β Εφαρμογές στην παραγωγή	106
2.3.γ Υλικά	106
2.3.δ Εξοπλισμός	107
2.4 Άλλες τεχνικές διαμόρφωσης σύνθετων υλικών.....	108
2.4.α Διαμόρφωση με έγχυση	109
2.4.β Εκβολή (Extrusion).....	113
2.4.γ Διαδικασία εμφύσησης (Blow molding).....	113

2.4.δ Διαδικασία σχηματισμού θερμοπλαστικών ενισχυμένων με γυαλί (GMT)	115
--	-----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΣΥΝΘΕΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ118

3.1 Γενικά	118
3.2 Εφαρμογές	121
3.2.1 Ταπετσαρία	121
3.2.2 Πλαίσια οργάνων ένδειξης	122
3.2.3 Τιμόνι	122
3.2.4 Καθίσματα	123
3.2.5 Συστήματα εισαγωγής αέρα	123
3.2.6 Σύστημα ψύξης	124
3.2.6.α Κίνηση του αέρα	124
3.2.6.β Ψυγείο	125
3.2.6.γ Αντλίες νερού	126
3.2.7 Συστήματα εισαγωγής καυσίμου	127
3.2.7.α Δεξαμενές καυσίμων	127
3.2.7.β Σωλήνες μεταφοράς καυσίμων	128
3.2.7.γ Σωλήνες παροχής καυσίμων	129
3.2.7.δ Αντλίες καυσίμων	130
3.2.7.ε Μετρητές καυσίμων	130
3.2.7.στ Γραμμές καυσίμων	131
3.2.8 Λεκάνη αποστράγγισης ελαίου	131
3.2.9 Σύστημα μετάδοσης κίνησης	133
3.2.9.α Τριβείς	134
3.2.9.β Σφόνδυλοι	135
3.2.9.γ Μηχανισμός αλλαγής	135
3.2.9.δ Φτερωτές	135
3.2.10 Σύστημα μετάδοσης ισχύος	136
3.2.11 Φρένα	137
3.2.12 Ηλεκτρικό κύκλωμα	137
3.2.12.α Ανάφλεξη	137
3.2.12.β Κιβώτιο μπαταρίας	138
3.2.12.γ Σύνδεσμοι	139
3.2.12.δ Καλώδια	140
3.2.13 Ηλεκτρονικά συστήματα	141

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο : ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΣΥΝΘΕΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ143

4.1 Γενικά	143
4.2 Εφαρμογές	145
4.2.1 Αερόσακοι	145

4.2.2 Ζώνες ασφαλείας	146
4.2.3 Πεντάλ	146
4.2.4 Αμάξωμα	147
4.2.5 Σχάρες	149
4.2.6 Προφυλακτήρες	150
4.2.7 Συστήματα φωτισμού	154
4.2.8 Αεροτομές	156
4.2.9 Κάλυμμα τροχού	157
4.2.10 Ελαστικά	158
Επίλογος	162
Παράρτημα Α	170
Παράρτημα Β	171
Παράρτημα Γ	172
Βιβλιογραφία	173

Εισαγωγή

Είναι πια γνωστή σε όλους η τεράστια ανάπτυξη που έχει επιτευχθεί στο τομέα του αυτοκινήτου. Ριζοσπαστικές αλλαγές έχουν αγγίξει την σύγχρονη αυτοκινητοβιομηχανία επιφέροντας καινοτομίες σε αυτήν. Ιδέες και τρόποι παραγωγής έχουν, σε συνδυασμό με την αλματώδη ανάπτυξη της τεχνολογίας τα τελευταία 50 χρόνια, μετασχηματιστεί στα δεδομένα της νέας πραγματικότητας. Έτσι λοιπόν αυτή η εργασία έχει σαν αντικείμενο της την μελέτη μέσα στο πέρασμα του χρόνου της χρήσης και εφαρμογής των πλαστικών και σύνθετων ενισχυμένων υλικών στα αυτοκίνητα. Εντοπίζεται και αναλύεται ξεχωριστά η κάθε εφαρμογή των υλικών αυτών τόσο στο εξωτερικό όσο και στο εσωτερικό τμήμα του αυτοκινήτου. Επίσης, αναλύονται οι τεχνολογίες παραγωγής σύγχρονων και παλαιότερων πλαστικών εξαρτημάτων. Και τέλος, αναγνωρίζοντας τα πραγματικά κριτήρια και τις πραγματικές ανάγκες του σύγχρονου κόσμου του αυτοκινήτου οδηγούμαστε σε βασικά συμπεράσματα που ευθύνονται για μια πιο σίγουρη πορεία προς το μέλλον των πλαστικών και των σύνθετων υλικών.

Πριν προχωρήσουμε καλό είναι να διευκρινίσουμε τους όρους “πλαστικά” και “σύνθετα” υλικά. Πλαστικές ύλες είναι οι οργανικές ενώσεις μεγάλου μοριακού βάρους, αδιάλυτες στο νερό, στερεές σε συνήθη θερμοκρασία που χαρακτηρίζονται ανάλογα με την δυνατότητα επεξεργασία τους με συμπίεση ή με τη μέθοδο των καλουπιών. Ενώ, με τον όρο σύνθετα υλικά εννοούμε τα τεχνητά υλικά που προκύπτουν από τον συνδυασμό μεταξύ μετάλλων, ανόργανων και οργανικών υλικών. Χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με τον τύπο του ενισχυτικού μέσου: α) σύνθετα με ενίσχυση ινών, β) σύνθετα με ενίσχυση σωματιδίων και γ) σύνθετα με ενίσχυση στρωμάτων άλλων υλικών.

Οι μεγαλύτερες κινητήριες δυνάμεις που βρίσκονται πίσω από την έρευνα νέων βελτιωμένων υλικών είναι η άμυνα και το διάστημα. Για αυτές τις χρήσεις οι περιορισμοί που προβάλλονται από τους καταναλωτές και οι οικονομικοί παράγοντες είναι δευτερεύουσας σημασίας στον καθορισμό των παραμέτρων εφαρμογής. Από την άλλη όμως, αντιπροσωπεύουν την πρωταρχική εφαρμογή αυτών των υλικών. Τα αυτοκίνητα υψηλής τεχνολογίας και χαμηλού κόστους τα οποία πρέπει να αντέχουν σε διάφορες κλιματολογικές συνθήκες και σε διάφορους τρόπους χειρισμού του οχήματος, είναι μια ακόμη εφαρμογή των υλικών αυτών. Τα βελτιωμένα υλικά είναι σημαντικά για τον σχεδιασμό και την κατασκευή διαφόρων εξαρτημάτων και η χρήση τους αυξάνει σταθερά.

Πρόσφατο ενδιαφέρον για την ανάπτυξη οχημάτων υψηλής απόδοσης καυσίμου και χαμηλού ποσοστού εκπομπής ρύπων εστίασε το ενδιαφέρον στα υλικά, τον σχεδιασμό και τις μεθόδους παραγωγής. Στα οχήματα χαμηλής εκπομπής ρύπων (ULEV) πρέπει το ποσοστό των οργανικών αερίων χωρίς μεθάνιο/CO/NO_x να είναι 0,04/1,7/0,2g/mi για 50,000mi και 0,055/2,1/0,3g/mi για 100,000 mi. Η συνεργασία μεταξύ των εταιριών GM, Ford, Chrysler και του αμερικάνικου Υπουργείου Ενέργειας οδήγησαν στην κατασκευή ενός αυτοκινήτου Νέας Γενιάς (PNGV) το οποίο είχε απόδοση καυσίμου 82,5mi/gal. Για την επίτευξη αυτών των στόχων είναι απαραίτητες νέες τεχνολογίες και νέα υλικά. Είναι σημαντικό να κατανοήσουμε ότι η υιοθέτηση μιας νέας τεχνολογίας δεν είναι απλά ένα επιπρόσθετο στο αυτοκίνητο, αλλά απαιτεί σημαντικές αλλαγές στο συνολικό σχεδιασμό του οχήματος.

Γενικά τα υλικά τα οποία παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την αυτοκινητοβιομηχανία ήταν τα μέταλλα, για τα περισσότερα εξαρτήματα του αμαξώματος και της μηχανής και τα οργανικά πολυμερή (πλαστικά και ελαστικά) για τα εσωτερικά πλαίσια, τους προφυλακτήρες

και τα εξαρτήματα τα οποία βάζονται. Μέσα στα χρόνια αυξήθηκε η χρήση των ηλεκτρονικών στα αυτοκίνητα και αναμένεται να συνεχιστεί. Σχετικά νωρίς οι κατασκευαστές ανακάλυψαν ότι τα ελαφρύτερα αυτοκίνητα είναι πιο αποδοτικά από πλευράς καυσίμων με λιγότερες εκπομπές ρύπων.

Όμως οι περιορισμοί που προβάλλουν τα υλικά αυτά εμποδίζουν τον χειρισμό των αυτοκινήτων σε υψηλές θερμοκρασίες. Η απόδοση των αυτοκινήτων βενζίνης βελτιώνεται με τη μείωση του βάρους και τη χρήση ενός τριαδικού καταλύτη. Μπορούν να επιτευχθούν επιπλέον βελτιώσεις με τη χρήση βελτιωμένων υλικών που θα μειώσουν το βάρος των οχημάτων δίχως να θυσιάσουν την ασφάλεια.

Ιστορική Αναδρομή

Η χρήση των πλαστικών εξαρτημάτων στα αυτοκίνητα έχει παρουσιάσει τεράστια ανάπτυξη κατά την διάρκεια των τελευταίων 50 ετών. Στα μοντέλα του 1955 η βιομηχανική χρήση των πλαστικών εκτιμούταν γύρω στις 10 lbs. ανά μέσο αυτοκίνητο. Μέχρι το 1965 αυτή αυξήθηκε σε 30 lbs ανά αυτοκίνητο, ενώ στα μοντέλα του 1970 το ποσοστό αυτό αυξήθηκε σε 100 lbs.

Σημειώνεται ότι ο ρυθμός αύξησης ήταν δραματικός στα έτη 1965-1966. Η σταθερή ανερχόμενη πορεία των πλαστικών πραγματοποιήθηκε μέσα από μια σωστότερη θεώρηση της απόδοσης, των πλεονεκτημάτων και των περιορισμών των πλαστικών από τον σχεδιαστή και τη βαθμιαία αποδοχή τους ως κατασκευαστικό υλικό από τις διοικήσεις των αυτοκινητοβιομηχανιών.

Στην πορεία αυτή συνέβαλε επίσης η έμφαση που δόθηκε στη χρήση των πλαστικών υλικών σε εξαρτήματα ασφαλείας. Επιπλέον, η πρόοδος στην τεχνολογία επένδυσης με πλαστικό και η ενίσχυση με ίνες των πλαστικών συντέλεσαν στην αλματώδη αύξηση της χρήσης τους. Τα

πλαστικά εδραιώθηκαν στη πρώτη θέση προτίμησης υλικών για χρήση στην αυτοκινητοβιομηχανία σε ολόκληρο τον κόσμο.

Η παρούσα πορεία των συνθετικών υλικών περιέχει μια λίστα από 50 διαφορετικούς τύπους συνθετικών πολυμερών, οι οποίοι διατίθενται στην αγορά. Ένα από τα πιο σημαντικά στοιχεία των πλαστικών είναι το νεαρό της ηλικίας τους και το σύντομο χρονικό διάστημα μέσα στο οποίο αναδείχθηκαν σε μια ισχυρή επιρροή στη κοινωνία της μοντέρνας βιομηχανίας.

Για ένα αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα η βιομηχανία αναζητούσε υλικά κατασκευής τα οποία να είναι ελαφρύτερα από τα μέταλλα και ανθεκτικότερα σε ακραίες συνθήκες χρήσης. Η εμφάνιση των πλαστικών αποτέλεσε λύση στο πρόβλημα που αντιμετώπιζε η βιομηχανία, αφού ικανοποιούσαν τις απαιτήσεις της. Τα πλαστικά ήταν ελαφρύτερα από τα αντίστοιχα μεταλλικά εξαρτήματα και επιπλέον είχαν καλές μηχανικές ιδιότητες, όπως σκληρότητα, αντοχή, ανθεκτικότητα και απορρόφηση της ενέργειας. Επιπλέον, προσέφεραν μεγαλύτερη ελευθερία στο σχεδιασμό των εξαρτημάτων με συνήθως χαμηλό κόστος. Από το 1960 και μετά, τα ενισχυμένα πλαστικά έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην κατασκευή τόσο των εξωτερικών όσο και των εσωτερικών εξαρτημάτων των αυτοκινήτων.

Με τη χρήση των πλαστικών η βιομηχανία είχε τη δυνατότητα να κατασκευάσει ελαφρύτερα οχήματα. Ένας τρόπος μείωσης του βάρους του πλαισίου είναι η αντικατάσταση του χάλυβα από ελαφρά πλαστικά. Άλλη γνωστή μέθοδος περιλαμβάνει την κατασκευή πλαισίου 2-στρωμάτων χρησιμοποιώντας λεπτά φύλλα χάλυβα ενισχυμένα με επένδυση σκληρής ουρεθάνης. Με αυτή τη μέθοδο, η αρχική σκληρότητα διατηρείται παρ'όλη τη μείωση του βάρους του πλαισίου. Η ευκαιρία αυτή έγινε επιτακτική ανάγκη εξαιτίας της μείωσης των φυσικών πόρων και της αύξησης του ενεργειακού κόστους.

Περίπου πριν από 15 χρόνια το ποσοστό χρήσης των θερμοπλαστικών αυξήθηκε κατακόρυφα εξαιτίας της εφαρμογής τους σε περιπτώσεις όπου τα υλικά αυτά αγγίζουν τα όρια αντοχής τους, την διαστατική και θερμική τους σταθερότητα. Τα θερμοσκληρυνόμενα, κυρίως το ενισχυμένο με υαλονήματα πλαστικό, παρουσίαζαν και αυτά κάποια προβλήματα που περιόρισαν την χρήση τους στα εξωτερικά τμήματα του αυτοκινήτου εξαιτίας των υψηλών βαθμών συστολής, της ανύπαρκτης ομοιομορφίας των φυσικών ιδιοτήτων και των φτωχών επιφανειών με υψηλό κόστος παραγωγής.

Ειδικότερα, στο παρελθόν, η χρήση των κοινών θερμοπλαστικών χωρίς ενίσχυση όπως το Nylon, το ABS, το πολυπροπυλένιο PP, το πολυστυρένιο PS και το πολυαιθυλένιο PE παρουσίαζε κάποια προβλήματα λόγω των βασικών ατελειών στην αντοχή, στην σκληρότητα και στην θερμική και διαστατική σταθερότητα. Η έρευνα που έγινε για την βελτίωση της απόδοσης τους έδειξε δυο εμφανείς τρόπους προσέγγισης : α) να αναπτυχθούν εκ νέου νέες ρητίνες και β) να αναβαθμιστεί η απόδοση των υπαρχόντων υλικών μέσω διαφόρων τύπων ενίσχυσης. Η δεύτερη προσέγγιση οδήγησε στην ανάπτυξη του FRTP (ενισχυμένα με υαλοβάμβακα υλικά), η οποία είναι παγκοσμίως αναγνωρισμένη ως η πιο αποδοτική και οικονομική μέθοδος για τη επίτευξη υψηλών μηχανικών και θερμικών ιδιοτήτων.

Με την εισαγωγή του FRTP, η βιομηχανία είχε στην διάθεση της μια νέα κατηγορία υλικών με σημαντικά βελτιωμένες φυσικές ιδιότητες. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα εξής υλικά με σειρά εμφάνισης : α) το 1960 παραγωγή του ενισχυμένου κατά 30% με ίνες γυαλιού πολυστυρένιο, β) το 1963 παραγωγή του ενισχυμένου κατά 30% Nylon, γ) το 1965 παραγωγή του ενισχυμένου ακρυλονιτρικό στυρένιο SAN, δ) το 1967 παραγωγή του ενισχυμένου κατά 13% με ίνες γυαλιού ABS, ε) το 1968 παραγωγή των ενισχυμένων κατά 20% με ίνες γυαλιού

πολυπροπυλένιο και πολυσουλφόνιο και στ) το 1969 παραγωγή του υψηλής πυκνότητας ενισχυμένο πολυαιθυλένιο.

Πολλά από τα εξαρτήματα που κατασκευάστηκαν από FRTP υπήρξαν ακριβή υποκατάστατα των αντίστοιχων μεταλλικών εξαρτημάτων, γεγονός που δεν μπορούσε να επιτευχθεί με τα μη ενισχυμένα θερμοπλαστικά. Η εφαρμογή των FRTP άνοιξε νέους δρόμους στη βιομηχανία του αυτοκινήτου, η οποία εκμεταλλεύθηκε πλήρως τα πλεονεκτήματα της νέας κατηγορίας υλικών.

Ομοίως και στην κατηγορία των θερμοσκληρυνόμενων υλικών υπήρξαν προβλήματα κατά την χρήση των υλικών της κατηγορίας. Η ενίσχυση των υλικών αποτέλεσε και εδώ την λύση. Το πρώτο ενισχυμένο θερμοπλαστικό υλικό ήταν οι ενισχυμένοι πολυεστέρες (FRP). Η πρώτη ευρεία χρήση των FRP υλικών χρονολογείται το 1963 και εντοπίζεται στο εξωτερικό πλαίσιο της Corvette Chevrolet. Ένα χρόνο αργότερα ακολούθησε η εταιρία Ford με την μετακινούμενη σκληρή οροφή του δίπορτου Thunderbird. Αυτές οι εφαρμογές αποτέλεσαν την αρχή για την εφαρμογή των ενισχυμένων θερμοσκληρυνόμενων υλικών στο εξωτερικό τμήμα του αυτοκινήτου.

Τα ενισχυμένα υλικά είναι ανθεκτικά και μπορούν να διαμορφωθούν έτσι ώστε να παράγουν μια μεγάλη ποικιλία ιδιοτήτων. Δεν σκουριάζουν και το σημαντικότερο, μπορούν να διαμορφωθούν σε περίπλοκα σχήματα σε αντίθεση με τα μέταλλα. Όμως οι ενισχυμένοι πολυεστέρες παρουσίασαν προβλήματα όπως συρρίκνωση που άγγιξε το 7% με ρωγμές σε γωνίες, ανομοιομορφία των φυσικών ιδιοτήτων μη οικονομικό κύκλο κατεργασίας και κυρίως κακής ποιότητας επιφάνειες που απαιτούσαν επιπλέον κατεργασία για να είναι κατάλληλες για βαφή.

Έτσι το επόμενο βήμα στην τεχνολογία των ενισχυμένων πολυεστέρων ήταν η ανάπτυξη σύνθετων χρησιμοποιώντας υδροξείδιο του ασβεστίου ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ή μαγνησίου ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) ή οξείδιο του

μαγνησίου (MgO) ως πυκνωτικά μέσα. Τα πρώτα ήταν επικαλύψεις από Nylon εμποτισμένου με θερμοσκληρυνόμενες ρητίνες και παρείχαν καλούς βαθμούς ενίσχυσης ρητινών σε ολόκληρο το κομμάτι. Αυτά τα υλικά αποκαλούνται SMC υλικά λόγω της διαδικασίας παραγωγής τους, η οποία είναι η σύνθεση κατά φύλλο και αναλύεται στο 2^ο κεφάλαιο. Μετά από αυτό ακολούθησε η ανάπτυξη διαφόρων ρητινών χαμηλού προφίλ, δηλαδή ρητίνες που παρουσιάζουν μηδενική πολυμερική συστολή κατά τη διάρκεια της παραμόρφωσης τους.

Γιατί πλαστικά;

Τα πλαστικά χρησιμοποιήθηκαν ευρέως λόγω των εξής πλεονεκτημάτων που προκύπτουν από την εφαρμογή τους:

- § Οικονομία.
- § Μείωση του βάρους.
- § Διακοσμητικοί λόγοι.
- § Λειτουργικός σχεδιασμός.
- § Καλύτερη συντήρηση.
- § Αντίσταση στη διάβρωση.

Παρακάτω αναλύονται ξεχωριστά καθένα από τα παραπάνω πλεονεκτήματα:

§ Οικονομία

Οι μακροοικονομικοί παράγοντες των πλαστικών εμφανίζονται να είναι καλύτεροι από τους αντίστοιχους των μετάλλων. Η ενέργεια παραγωγής και μετατροπής είναι χαμηλότερη και οι τιμές των πλαστικών εμφανίζονται να είναι σταθερές ακόμα και κατά τη διάρκεια οικονομικών κρίσεων, όπως αυτή του πετρελαίου. Το τελικό κόστος του εξαρτήματος είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων, όπως: α) το κόστος ακατέργαστων υλικών, β) το κόστος εξοπλισμού, γ) τον συνολικό αριθμό κομματιών και δ) το κόστος εγκατάστασης. Τα πλαστικά έχουν την δυνατότητα

κατασκευής ενιαίου εξαρτήματος το οποίο αποτελείται από επιμέρους εξαρτήματα, γεγονός που συμβάλλει στην μείωση του συνολικού κόστους.

§ Μείωση του βάρους

Η μείωση του βάρους των εξαρτημάτων δεν είναι πρωτίστης σημασίας παράγοντας για τους κατασκευαστές. Αντιθέτως, για τον αγοραστή η οικονομία στα καύσιμα είναι σημαντικός παράγοντας. Υπολογίζεται ότι η μείωση βάρους που προκλήθηκε από την χρήση των πλαστικών οδήγησε σε οικονομία καυσίμων κατά 5%. Σε ορισμένες εφαρμογές η αντικατάσταση των μετάλλων από πλαστικά, συντελεί σε εκπληκτική μείωση του βάρους. Για παράδειγμα, η κατασκευή πλαστικού ντεπόζιτου καυσίμων από υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο (HDPE) παρουσίασε μείωση του βάρους κατά 40%.

§ Διακοσμητικές δυνατότητες

Τα πλαστικά επέφεραν μεγάλη αλλαγή στην εμφάνιση του αυτοκινήτου. Για παράδειγμα, οι προφυλακτήρες άλλαξαν ριζικά. Το styling συνδυάστηκε με κάποιες άλλες απαιτήσεις όπως την απορρόφηση ενέργειας, την διαστατική σταθερότητα, την αντίσταση στα χημικά και την βαφή των εξαρτημάτων.

§ Λειτουργικός σχεδιασμός

Πιθανόν το πιο σημαντικό πλεονέκτημα των πλαστικών είναι η ελευθερία που παρέχουν στον σχεδιασμό των εξαρτημάτων. Το ντεπόζιτο αποτελεί ένα δείγμα αυτής της ικανότητας των πλαστικών. Με την βοήθεια νέων διαδικασιών διαμόρφωσης είναι εφικτή η κατασκευή ντεπόζιτων σε διάφορα μη συμμετρικά σχήματα, με απότομες γωνίες και στο επιθυμητό πάχος τοιχωμάτων. Επιπλέον, με τα πλαστικά είναι δυνατός ο συνδυασμός δυο ή περισσότερων εξαρτημάτων σε ένα ενιαίο.

§ Καλύτερη συντήρηση

Η παρουσία των πλαστικών ενίσχυσε την εμπιστοσύνη προς τα αυτοκίνητα και έκανε ευκολότερη τη συντήρησή τους. Κυρίως, τα χαρακτηριστικά της λίπανσης και της καταμέρισης του φορτίου είναι πρωταρχικού ενδιαφέροντος. Το ενδιαφέρον των υλικών εστιάζεται στα μηχανικά πλαστικά, τα οποία παρέχουν ισορροπία μεταξύ της ακαμψίας και της ελαστικότητας με ταυτόχρονη αντίσταση στη θερμοκρασία και στα χημικά. Τέτοια είναι το Nylon, τα acetals και ειδικά πολυμερή υψηλών θερμοκρασιών.

§ Αντίσταση στη διάβρωση

Κάθε πολυμερές έχει την δική του ιδιαίτερη χημεία. Ορισμένα επηρεάζονται από την παρουσία λιπαντικών και βενζίνης/πετρελαίου, άλλα επηρεάζονται από τα χημικά των μπαταριών και όλα επηρεάζονται κατά ένα ποσοστό από τις καιρικές συνθήκες. Όμως, κανένα δεν επηρεάζεται από την όξινη βροχή, το αλάτι και τη θάλασσα, παράγοντες που επηρεάζουν κατά πολύ τα μέταλλα με αποτέλεσμα η βιομηχανία να ξοδεύει ένα μεγάλο κεφάλαιο για την ενδυνάμωση και την προστασία των μετάλλων από την διάβρωση.

Προβλήματα που προκύπτουν από την χρήση των πλαστικών

Υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ των μετάλλων και των πολυμερών υλικών, γεγονός που οι σχεδιαστές πολύ γρήγορα αντιμετώπισαν. Για να καλυφθεί αυτή η διαφορά είναι σημαντικό να εκτιμηθούν οι βασικές διαφορές στην συμπεριφορά των υλικών των κατηγοριών αυτών.

Η συμπεριφορά των υλικών είναι συνάρτηση της χημικής τους σύστασης. Όμως ο στόχος είναι η κατανόηση της συμπεριφοράς αυτής

δίχως την εκτενή αναφορά στην χημεία των πολυμερών. Τα πολυμερή δεν είναι πλήρως ομοιογενή υλικά και για να κατανοήσουμε την συμπεριφορά τους πρέπει να εξετάσουμε την χημική αλυσίδα τους.

Παρόλα αυτά η απόδοση των πολυμερών είναι προβλέψιμη και συνεχής. Το κλειδί για την επιτυχία της εφαρμογής τους είναι η αποφυγή σοβαρών λαθών κατά τον σχεδιασμό, την επιλογή των υλικών και την κατασκευή του εξαρτήματος. Οποιοδήποτε σφάλμα παρουσιαστεί στην απόδοση των πλαστικών εξαρτημάτων ανάγεται σε έναν από τους παρακάτω παράγοντες:

§ Αστοχία λόγω εκτροπής μπορεί να σημειωθεί όταν το εξάρτημα εκτεθεί σε υψηλές θερμοκρασίες ή σε υψηλό φορτίο, οπότε παρατηρείται μοριακή μετακίνηση. Αυτό είναι το φαινόμενο της παραμόρφωσης.

§ Αστοχία λόγω θραύσης μπορεί να συμβεί όταν δεν υπάρχει το απαιτούμενο ποσοστό μοριακής μετακίνησης κατά την επιβολή φορτίου.

§ Αστοχία η οποία οφείλεται στην χημεία του υλικού κατασκευής του εξαρτήματος είναι αυτή που προκαλείται από την επίδραση χημικών παραγόντων και υγρασίας και η πλαστικοποίηση. Είναι επίσης το πρόβλημα της βαφής και της γήρανσης της επιφάνειας λόγω επίδρασης της θερμότητας και της ακτινοβολίας.

Κατηγοριοποίηση των πλαστικών

Ο όρος “πλαστικά” καλύπτει μεγαλύτερο εύρος υλικών σε σχέση με τον όρο “μέταλλα”. Για αυτό η έλλειψη κατηγοριοποίησης στα πλαστικά οδηγεί σε σύγχυση. Με βάση τη μηχανική απόδοση στις εφαρμογές στα αυτοκίνητα και ιδιαίτερα στις καταπονήσεις, τα πλαστικά

χωρίζονται στα σύνθετα ή ενισχυμένα πλαστικά και στα μη ενισχυμένα πλαστικά. Σύνθετα πλαστικά είναι αυτά που προκύπτουν από τον συνδυασμό πλαστικών υλικών με ανόργανες ή οργανικές ύλες όπως το γυαλί και η κυτταρίνη.

Τα πολυμερή χωρίζονται με βάση τα ακόλουθα κριτήρια:

§ Θερμική συμπεριφορά

Ουσιαστικά τα πολυμερή μπορούν να οριστούν είτε ως θερμοπλαστικά είτε ως θερμοσκληρυνόμενα. Αν και συχνά παρουσιάζουν όμοιες ιδιότητες και είναι και τα δυο υποψήφια για την ίδια εφαρμογή, ωστόσο υπάρχουν σημαντικές διαφορές ως προς την δομή και τις μεθόδους παραγωγής τους.

Τα θερμοπλαστικά μαλακώνουν υπό την επίδραση θερμότητας και διαμορφώνονται εν θερμώ πριν ψυχθούν. Οι διαδικασίες θέρμανσης και ψύξης μπορούν να επαναληφθούν άπειρες φορές δίχως να παρουσιάζονται σημαντικές αλλαγές στη χημική δομή των θερμοπλαστικών. Πρόκειται για μια αντιστρεπτή διαδικασία.

Στα θερμοσκληρυνόμενα υλικά, όταν θερμαίνονται πάνω από μια κρίσιμη θερμοκρασία, οι αλλαγές που γίνονται στην χημική δομή τους είναι μόνιμες. Η διαμόρφωση πρέπει να γίνει όταν το υλικό είναι σε θερμοκρασία μικρότερη της κρίσιμης και δεν παρατηρούνται σημαντικές αλλαγές στην δομή του υλικού. Πρόκειται για μια μη αντιστρεπτή διαδικασία. Γενικά, τα θερμοπλαστικά είναι περισσότερο ελαστικά από τα θερμοσκληρυνόμενα και παρέχουν καλύτερη αντίσταση στη κρούση και υπό την επίδραση διαλυτών, ενώ τα θερμοσκληρυνόμενα παρουσιάζουν καλύτερη αντοχή στη τριβή και στην επιβολή φορτίου και σημαντικά καλύτερη διαστατική σταθερότητα.

§ Μικροδομή

Ως προς την μικροδομή τα πολυμερή χωρίζονται στα κρυσταλλικά και στα άμορφα. Κρυσταλλικά είναι τα πολυμερή των οποίων τα

μακρομόρια είναι προσανατολισμένα και περιοδικά επαναλαμβανόμενα. Ενώ, άμορφα είναι τα πολυμερή των οποίων τα μακρομόρια δεν είναι τακτικά διευθετημένα στο χώρο σε διατάξεις παράλληλες μεταξύ τους και περιοδικά επαναλαμβανόμενες.

§ Συμπεριφορά

Αυτή η κατηγοριοποίηση βασίζεται στις διαφορές των μηχανικών ιδιοτήτων τους. Η “ελαστική” συμπεριφορά ορίζεται από την ικανότητα του υλικού να επανέρχεται πλήρως στην αρχική του κατάσταση όταν σε αυτό εφαρμοστεί κάποιο φορτίο. Η πραγματική “πλαστική” συμπεριφορά είναι αυτή όταν το υλικό υπό την επίδραση φορτίου ρέει και η παραμόρφωση σε αυτό είναι μόνιμη. Στην πραγματικότητα τα πολυμερή είναι viscoelastic (ελαστικά και κολλώδη), η συμπεριφορά τους είναι εν μέρει πλαστική και εν μέρει ελαστική. Τα ελαστομερή δεν είναι ακριβώς πλαστικά, αλλά τα χαρακτηριστικά τους είναι όμοια.

Διαδικασίες διαμόρφωσης

Οι μέθοδοι παραγωγής των εξαρτημάτων εξαρτώνται από το είδος του εξαρτήματος και τα υλικά τα οποία είναι κατάλληλα για την συγκεκριμένη εφαρμογή. Έτσι τα θερμοπλαστικά υλικά που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές στα αυτοκίνητα συνήθως διαμορφώνονται με έγχυση ή με εμφύσηση. Τα θερμοσκληρυνόμενα υλικά διαμορφώνονται με πίεση και έγχυση, με συμπίεση και με αντίδραση/έγχυση RIM.

Από τις δημοφιλέστερες διαδικασίες διαμόρφωσης είναι η διαμόρφωση κατά φύλλο SMC και η διαμόρφωση με αντίδραση/έγχυση RIM. Πρόκειται για δύο διαδικασίες οι οποίες ικανοποιούν τις απαιτήσεις των αυτοκινητοβιομηχανιών, τόσο στην απόδοση όσο και στο styling. Τα εξαρτήματα που παράγονται και από τις δύο διαδικασίες έχουν βελτιωμένα μηχανικά χαρακτηριστικά και επιπλέον μπορούν να

διαμορφωθούν σε διάφορα σχήματα, παρέχοντας ελευθερία στον σχεδιασμό. Οι διαδικασίες αυτές καθώς και οι υπόλοιπες που χρησιμοποιούνται στην διαμόρφωση των υλικών αναλύονται στο 2^ο κεφάλαιο.

Στην συνέχεια αναφέρονται οι ημερομηνίες που τα υλικά εμφανίστηκαν στην αγορά:

- 1909 – Φαινολικά
- 1924 – Ουρία φορμαλδεύδη
- 1929 – Acetate κυτταρίνη
- 1933 – Άκαμπτο χλωριούχο πολυβινύλιο (PVC)
- 1935 – Μελαμίνη φορμαλδεύδη
- 1935 – Αιθυλική κυτταρίνη
- 1936 – Μεθυλικό μεθακρυλένιο
- 1937 – Πολυστυρένιο (PS)
- 1937 – Propionate κυτταρίνη
- 1938 – Πολυαμίδια (PA)
- 1940 - Χλωριούχο πολυβινιλίδιο
- 1941 – Nylon σκόνη για καλούπια
- 1942 – Πολυεστέρες
- 1943 – Σιλικόνες
- 1943 – Πολυαιθυλένιο (PE)
- 1947 – Θερμοσκληρυνόμενοι πολυεστέρες σε υγρή μορφή
- 1948 – Πολυτετραφθοροαιθυλένιο (PTFE)
- 1948 – Ακρυλο-βουταδιενικό στυρένιο (ABS)
- 1952 - Epoxy
- 1953 – PET
- 1955 – Πολυουρεθάνη
- 1955 – Πολυπροπυλένιο (PP)
- 1955 – Αλλυλικές ρητίνες

- 1959 – Πολυκαρβονικά (PC)
- 1960 – Πολυακετάλες
- 1960 – Μίγματα ABS/PC, ABS/PVC,PVC/ακρυλικά
- 1964 – Οξείδιο πολυφαινυλενίου
- 1964 – Ethylene Vinyl Acetate
- 1965 – Ιονομερή
- 1965 – Πολυσουλφόνια
- 1965 – Ελαστομερή ουρεθάνης
- 1965 – Polyimide
- 1970-1972 – θερμοπλαστικοί πολυεστέρες

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: ΣΥΝΘΕΤΑ ΥΛΙΚΑ

1.1 Γενικά

Με τον όρο σύνθετα υλικά εννοούμε μια πολύ μεγάλη ποικιλία τεχνιτών υλικών που έχουν ως κοινό χαρακτηριστικό ότι αποτελούνται από μόρια μεγάλου μεγέθους, τα μακρομόρια. Οι ιδιότητες των υλικών αυτών διαφέρουν τόσο πολύ από υλικό σε υλικό σαν να είναι ξένα σώματα.

Η ανάγκη για την παραγωγή των πλαστικών υλικών προέκυψε από σημαντικά ιστορικά γεγονότα, όπως τους δύο Παγκόσμιους Πολέμους και την Πετρελαϊκή Κρίση. Η έλλειψη φυσικών πρώτων υλών και του πετρελαίου έκανε ακόμα πιο αναγκαία την παραγωγή και χρήση τεχνητών υλικών.

Έχει αποδειχθεί ότι η αντοχή των σύνθετων υλικών εξαρτάται από τα ένθετα, το καλούπι και την αλληλεπίδραση τους. Με τον έλεγχο των μεταβλητών των ένθετων και του καλουπιού, μπορεί να μεγιστοποιηθεί η απόδοση των σύνθετων υλικών. Προκειμένου, οι κατασκευαστές να ικανοποιήσουν τις ανάγκες των πελατών για ένα μεγάλο πλήθος εφαρμογών, προμήθευσαν την αγορά όχι με μεμονωμένα υλικά αλλά με οικογένειες υλικών. Όμως, οι ιδιότητες των υλικών πρέπει να μελετηθούν σε σχέση με τις απαιτήσεις των εξαρτημάτων για την επίτευξη της βέλτιστης επιλογής των κατασκευαστικών υλικών.

Κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, τα σύνθετα υλικά κέρδισαν δημοτικότητα σαν μηχανικά υλικά. Οι δομικές συνθέσεις, όπως τα ενισχυμένα με ίνες γυαλιού πλαστικά, χρησιμοποιήθηκαν σε απαιτητικές μηχανικές εφαρμογές συμπεριλαμβανομένων των

εξαρτημάτων ανάρτησης, ενώ το RRIM, το SMC και άλλα προσφέρονται για εφαρμογές στα εξωτερικά εξαρτήματα του αυτοκινήτου. Όμως τα σύνθετα υλικά επιλέγονται όχι μόνο διότι προσφέρουν καλά μηχανικά χαρακτηριστικά, αλλά επίσης ευκολία στην υλοποίηση του σχεδίου με παράλληλη μείωση του κόστους και του βάρους των αυτοκινήτων.

1.2 Κατάταξη των σύνθετων υλικών

Η κατάταξη των σύνθετων υλικών γίνεται με βάση το είδος της ενίσχυσης που περιέχουν : α) Σύνθετα με ενίσχυση ινών β) Σύνθετα με ενίσχυση σωματιδίων και γ) Σύνθετα με ενίσχυση στρωμάτων άλλων υλικών.

Με βάση την συμπεριφορά τους στην θέρμανση τα πολυμερή χωρίζονται : α) στα θερμοπλαστικά και β) στα θερμοσκληρυνόμενα. Θερμοπλαστικά λέγονται τα πολυμερή τα οποία με την θέρμανση γίνονται μαλακά και εύπλαστα, ώστε να μπορούμε να τα μορφοποιήσουμε. Όταν στην συνέχεια ψυχθούν γίνονται σκληρά. Αυτό μπορεί να γίνει απεριόριστα. Θερμοσκληρυνόμενα λέμε τα πολυμερή τα οποία μορφοποιούνται, όπως και τα θερμοπλαστικά, με θέρμανση και άσκηση πίεσης. Με τη θέρμανση, μέχρι ένα καθορισμένο όριο, η πρώτη ύλη πλαστικοποιείται και μπορούμε να της δώσουμε τη επιθυμητή μορφή. Με την παραπέρα θέρμανση αποκτούν σκληρότητα και σταθερή μορφή. Μετά την σκλήρυνση τους είναι αδύνατο να τα κάνουμε πάλι μαλακά με θέρμανση, παραμένουν μόνιμα σκληρά.

1.3 Ιδιότητες των σύνθετων υλικών

Όπως για κάθε υλικό έτσι και για τα σύνθετα υλικά πρέπει να γνωρίζουμε τόσο τις ιδιότητες της κάθε κατηγορίας όσο και τις ιδιότητες

του κάθε υλικού προκειμένου να επιλέξουμε αυτό που ανταποκρίνεται καλύτερα στις ανάγκες της εφαρμογής.

Οι γενικές ιδιότητες των σύνθετων υλικών είναι οι ακόλουθες :

1) Έχουν μικρό ειδικό βάρος, μικρότερο και από αυτό του ελαφρύτερου μετάλλου, με αποτέλεσμα να συντελούν σε μια συνολική μείωση του βάρους του αυτοκινήτου.

2) Παρουσιάζουν μεγάλη αντοχή στη διάβρωση, μερικά σύνθετα παρουσιάζουν αντίσταση ακόμα και σε ισχυρά διαβρωτικά οξέα.

3) Έχουν μικρή αντοχή σε θέρμανση. Τα περισσότερα σύνθετα αντέχουν σε θερμοκρασίες από 70-100°C, όμως υπάρχουν και ειδικά πλαστικά που αντέχουν σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες.

4) Παρουσιάζουν πολύ μικρή θερμική αγωγιμότητα.

5) Είναι μονωτικά στον ηλεκτρισμό.

6) Παρουσιάζουν πολύ μικρή υδροαπορροφητικότητα.

7) Βάφονται και έχουν καλή εμφάνιση.

8) Δεν είναι βιοδιασπώμενα, δεν αποσυντίθενται υπό την επίδραση υγρασίας, φωτός και θερμότητας, εκτός από κάποιες εξαιρέσεις.

9) Παρουσιάζουν σε σχέση με τα μέταλλα μεγαλύτερο συντελεστή γραμμικής διαστολής.

10) Πολλά σύνθετα είναι εύφλεκτα.

11) Έχουν πολύ χαμηλή μηχανική αντοχή, η οποία βελτιώνεται σημαντικά με τις ενισχύσεις.

12) Είναι πολύ μαλακά υλικά σε σχέση με τα μέταλλα.

13) Πολλά σύνθετα αποσβένουν τους κραδασμούς και τον ήχο.

14) Οι επιφάνειες τους παρουσιάζουν μικρή τραχύτητα.

15) Μορφοποιούνται πολύ εύκολα.

Όλες οι παραπάνω ιδιότητες των σύνθετων υλικών είναι πολύ γενικές και με κατάλληλες τροποποιήσεις μπορούν να τροποποιηθούν. Παρακάτω ακολουθεί λεπτομερέστερη ανάλυση των κυριοτέρων σύνθετων υλικών που χρησιμοποιούνται από την αυτοκινητοβιομηχανία.

1.4 Ανάλυση των σύνθετων υλικών

Τα σύνθετα υλικά που χρησιμοποιεί η βιομηχανία του αυτοκινήτου είναι το πολυπροπυλένιο (PP), το Nylon, η πολυουρεθάνη (PU), η πολυουρία, τα πολυκαρβονικά (PC), τους αφρούς MDI και τα υλικά που προκύπτουν από την διαδικασία R- RIM.

1.4.1 Πολυπροπυλένιο (PP)

Το πολυπροπυλένιο χρησιμοποιείται εκτεταμένα από την αυτοκινητοβιομηχανία της Ιαπωνίας και της Ευρώπης σε όργανα και σε μια μεγάλη σειρά από λειτουργικά εξαρτήματα. Αντιθέτως, στις Η.Π.Α. η απαίτηση για ABS και μηχανικά πλαστικά είναι υψηλή ενώ η ζήτηση για πολυπροπυλένιο παραμένει χαμηλή.

Η απαίτηση για τη χρήση πολυπροπυλενίου στην βιομηχανία αυτοκινήτων παραμένει μεγάλη εξαιτίας του χαμηλού βάρους και του μειωμένου κόστους του. Η τάση αυτή ενισχύθηκε ακόμα περισσότερο με την βελτίωση ορισμένων τεχνικών χαρακτηριστικών του πολυπροπυλενίου, όπως η θερμική αντίσταση και η σκληρότητα, μέσω της παραγωγικής διαδικασίας. Ειδικότερα κατά την εφαρμογή του πολυπροπυλενίου στα οχήματα υιοθετείται ο συμπολυμερισμός με αιθυλένιο για επίτευξη της απαραίτητης αντοχής στην πρόσκρουση σε χαμηλές θερμοκρασίες.

Το ένθετο που χρησιμοποιείται επιλέχθηκε προσεκτικά, για να βελτιώσει την σκληρότητα καθώς και την αντίσταση στην θέρμανση και στις αμυχές. Επιπλέον, οι μέθοδοι πρόσδεσης, (σταθεροί ή ελαστικοί) και οι δομές των συναρμογών οι οποίες επηρεάζονται κατά πολύ από την απόκλιση της θερμότητας, βελτιώθηκαν σημαντικά.

Οι επιθυμητές τιμές των φυσικών ιδιοτήτων των υπό εξέλιξη υλικών, καθορίστηκαν τόσο από τις τρέχουσες και αναμενόμενες ανάγκες της αγοράς όσο και από εκείνες του περιβάλλοντος εργασίας των οχημάτων.

Στην Ιαπωνία, το πολυπροπυλένιο είναι το δημοφιλέστερο για εφαρμογές στα εσωτερικά πλαίσια του αυτοκινήτου. Οι Ιάπωνες κατασκευαστές ξεκίνησαν τη χρήση των μηχανικών πλαστικών και του ABS, τα οποία χαρακτηρίζονται από εξαιρετική αντίσταση στη θερμότητα, στα μέσα του 1983 σε μια προσπάθεια να καλύψουν την απαίτηση για αντίσταση στις υψηλές θερμοκρασίες. Ωστόσο, καθώς η απαίτηση για μείωση του κόστους έγινε ακόμα μεγαλύτερη, αποφασίστηκε η χρήση του πολυπροπυλενίου σαν βασική ρητίνη, μιας και αυτό είναι οικονομικό. Επιπλέον, έγιναν προσπάθειες να επιτευχθούν φυσικές ιδιότητες όμοιες εκείνων του ABS.

Οι περιβαλλοντικές συνθήκες που καθιερώθηκαν προέκυψαν από τη προσεκτική μελέτη της διανομής της θερμοκρασίας στο εξωτερικό της καμπίνας έως ότου η θερμοκρασία στο εσωτερικό αγγίξει το μέγιστο όριο της. Τα τελικά αποτελέσματα της διανομής της θερμοκρασίας μας βοήθησαν να θέσουμε τα όρια της απαραίτητης αντίστασης στην θερμότητα, για παράδειγμα για το PP το όριο είναι 176°F. Ο κύριος στόχος ήταν η εφαρμογή αυτού του υλικού σε εκείνα τα πλαίσια τα οποία

βρίσκονται στις πλευρές του αμαξώματος και στα κάτω πλαίσια των οργάνων ένδειξης.

Επιθυμητές τιμές των φυσικών ιδιοτήτων των υλικών - Η μελέτη εστιάστηκε στην υποκατάσταση του ABS από το πολυπροπυλένιο, διατηρώντας ταυτόχρονα το χαμηλό του βάρος, την καλή δυνατότητα ροής και το χαμηλό κόστος. Γι αυτό η μελέτη επικεντρώθηκε σε τρεις στόχους και παράλληλα στην ανάπτυξη της διαδικασίας ταυτοποίησης των επιθυμητών τιμών.

Ο πρώτος στόχος ανάπτυξης ήταν η βελτίωση της θερμικής αντίστασης και η σκληρότητα. Δηλαδή, το όριο ελαστικότητας θεωρήθηκε πάνω από 128,000 psi στους 176°F. Ο δεύτερος στόχος αφορά την βελτίωση της διαστατικής σταθερότητας. Η επιθυμητή τιμή του συντελεστή της γραμμικής διαστολής είναι λιγότερο από 8×10^{-5} cm/cm/°C, ο οποίος είναι ισότιμος με αυτόν του ABS. Ο τρίτος στόχος περιλαμβάνει την προσπάθεια επίτευξης σκληρότητας της επιφάνειας της τάξης των 100 in της κλίμακας Rockwell

1.4.1.α Προσαρμογή στα εξαρτήματα των αυτοκινήτων

Με την χρήση της διαδικασίας παραγωγής του HCPP (υψηλής κρυστάλλωσης πολυπροπυλένιο) επιτεύχθηκε βελτίωση της σκληρότητας και της διαστατικής σταθερότητας των υλικών σε υψηλές θερμοκρασίες. Επιπλέον, έγινε έρευνα σχετικά με τις επιδράσεις των ένθετων και της βελτιωμένης ποιότητας των υλικών στην προσπάθεια ενίσχυσης της θερμικής αντίστασης σε χαμηλές θερμοκρασίες καθώς και της αντίστασης στις χαρακιές.

Οι έλεγχοι της αντίστασης κατά την πρόσκρουση σε χαμηλές θερμοκρασίες αποκάλυψαν ότι εξάρτημα το οποίο αρχικά

κατασκευάστηκε από πολυπροπυλένιο και τοποθετήθηκε στο αυτοκίνητο (θερμοκρασία - 90°F) έσπασε με ένα μόνο ελαφρό χτύπημα. Όμως, η αντίσταση στη πρόσκρουση βελτιώθηκε σημαντικά, με την εξισορρόπηση μεταξύ της ροής και των άλλων ιδιοτήτων, μέσω συμπολυμερισμού του πολυπροπυλενίου με το αιθυλένιο.

Από τη στιγμή που η αγορά αύξησε το ενδιαφέρον της για υλικά που παρέχουν μεγαλύτερη αντίσταση, έγιναν προσπάθειες για την βελτίωση της αντίστασης μέσω μιας εξισορρόπησης του τύπου των ένθετων και του ορίου ελαστικότητας. Οι προσπάθειες που έγιναν σε αυτή τη περιοχή οδήγησαν στην επιτυχημένη ανάπτυξη του πολυπροπυλενίου αλλά με ιδιότητες οι οποίες ήταν επιθυμητές.

Κύριος στόχος κατά την παραγωγή ήταν να βρεθεί ο καλύτερος τρόπος βελτίωσης της σκληρότητας σε υψηλές θερμοκρασίες σε συνδυασμό με την αναγκαία αντίσταση σε χαμηλές θερμοκρασίες. Ο υψηλός βαθμός κρυσταλλοποίησης αποτέλεσε τη λύση στο πρόβλημα της σκληρότητας και της αντίστασης στην αύξηση της θερμοκρασίας, ενώ η αντίσταση στη πρόσκρουση σε χαμηλές θερμοκρασίες βελτιώθηκε μέσω του συμπολυμερισμού με αιθυλένιο.

1.4.1.β Παραδείγματα εφαρμογών στα αυτοκίνητα

Τώρα είναι διαθέσιμοι δύο τύποι HCPP με διαφορετικές ιδιότητες: με ένθετα και δίχως ένθετα. Ο τύπος που χρησιμοποιείται κάθε φορά, επιλέγεται έτσι ώστε να καλύψει τις απαιτήσεις της απόδοσης. Το HCPP χωρίς ένθετα χρησιμοποιείται στα εξαρτήματα τα οποία έχουν σχετικά χαμηλή πιθανότητα να επηρεαστούν από τη θερμοκρασία και σε αυτά που απαιτείται υψηλότερη αντίσταση σε κρύες συνθήκες π.χ. τα κάτω τμήματα των πλαισίων στις πόρτες. Από την άλλη πλευρά, το HCPP με

ένθετα χρησιμοποιείται στα εξαρτήματα όπου μεγαλύτερη σκληρότητα και αντοχή είναι απαραίτητη σε υψηλές θερμοκρασίες όπως π.χ. τα επάνω τμήματα στις πόρτες.

Αναγνωρίστηκε ότι η εξέλιξη των εφαρμογών του πολυπροπυλενίου στα αυτοκίνητα οδήγησε σε καλύτερη ισορροπία μεταξύ των επιθυμητών φυσικών ιδιοτήτων και εξασφάλισε μια σταθερή προμήθεια πλαισίων υψηλής ποιότητας. Επιπλέον, η ανάπτυξη μεθόδων πρόσδεσης και δομών σύνδεσης βοήθησε στη χρήση του πολυπροπυλενίου σε μεγάλου μεγέθους εξαρτήματα. Έτσι, είναι πλέον δυνατή η χρήση του πολυπροπυλενίου στα κεντρικά πλαίσια στις πόρτες καθώς και στην επένδυση της καμπίνας του αυτοκινήτου.

1.4.2 Αφρός MDI

Από την αρχή του 1950, όταν οι πολυουρεθάνες παρουσιάστηκαν για πρώτη φορά στην αγορά, η χρήση τους αυξήθηκε πάρα πολύ. Οι εύκαμπτοι αφροί κάλυπταν το μεγαλύτερο ποσοστό της αγοράς και η βιομηχανία του αυτοκινήτου ήταν ο σημαντικότερος αγοραστής της.

Αυτοί οι εύκαμπτοι αφροί συνήθως βασίζονται στο TDI (τολουένιο C_7H_8 δισοκυάνιο), αλλά εξελίξεις στη χημεία του ισοκυανίου και στη τεχνολογία της πολυουρεθάνης έχουν συμβάλλει σημαντικά στην βελτίωση της ποιότητας και απόδοσης τους. Όμως, ξεχωριστό ενδιαφέρον δίνεται και στην ανάπτυξη νέων βελτιωμένων αφρών που στηρίζονται στην οικογένεια των παραγώγων MDI (διφαινυλομεθάνιο δισοκυάνιο diphenylmethane diisocyanate).

Είναι εμφανείς οι διαφορές στη δομή, στο αντίστοιχο βάρος και στην αντιδραστικότητα της ομάδας του ισοκυανίου μεταξύ του TDI και

MDI. Το TDI είναι ένα μονομερικό είδος ενώ τα MDI παράγωγα είναι μίγματα από χημικά είδη με μεγάλο εύρος λειτουργιών.

Δεδομένου ότι οι ιδιότητες τροποποίησης των TDI /MDI μιγμάτων βασίζονται αποκλειστικά στη διαφοροποίηση του μίγματος polyol, οι χημικές τροποποιήσεις του MDI καθιστούν δυνατές τις ρυθμίσεις στις ιδιότητες του αφρού και σε παραμέτρους της παραγωγικής διαδικασίας, όπως η ροή και το άνοιγμα του κελιού. Οι πιθανές μεταβολές στο σχηματισμό του μίγματος polyol είναι διαθέσιμες στη παραγωγή MDI εύκαμπτων αφρών και τους καθιστούν ακόμη πιο ευπροσάρμοστους.

Τα οφέλη που πρόσφερε η χρήση του MDI στη παραγωγή εύκαμπτων αφρών πολλαπλασιάστηκαν: το MDI είναι περισσότερο ενεργό από το TDI, με αποτέλεσμα να προσφέρει μείωση στο κόστος μέσω της αύξησης του ρυθμού παραγωγής, προσφέρει περισσότερα προϊόντα τα οποία μπορούν να φτιαχτούν ώστε να καλύψουν τις απαιτήσεις της απόδοσης και τελευταίο, το MDI παρουσιάζει σημαντικά μικρότερη αστάθεια σε σχέση με το TDI.

1.4.2.α MDI εναντίον TDI ή TDI/MDI - Παράμετροι της διαδικασίας.

Τα μεγάλα οφέλη των αφρών MDI οφείλονται σε ένα βασικό χαρακτηριστικό του συστήματος, την γρήγορη σκλήρυνση του. Προηγούμενες βελτιώσεις στο ιξώδες των MDI αφρών υπερικχύουν εκείνων των TDI αφρών: οδηγούν σε μια καλύτερη δομή των κελιών και σε μια ακόμα καλύτερη διανομή της πυκνότητας.

Τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η τεχνολογία MDI μπορούν να επιτευχθούν κατά την παραγωγική διαδικασία όταν αυτή είναι κατάλληλα σχεδιασμένη. Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα της MDI

τεχνολογίας είναι η δυνατότητα επεξεργασίας αφρών ακόμα και με υψηλούς δείκτες ισοκυανίου, δίχως σημαντική απώλεια των φυσικών ιδιοτήτων τους. Η ελεγχόμενη ευστάθεια με μια μικρή μόνο αλλαγή των ένθετων που περιέχονται στα προσκέφαλα, επιτρέπει ελευθερία στο σχεδιασμό και απλοποιεί την κατασκευή των καθισμάτων. Για παράδειγμα, τα προσκέφαλα που κατασκευάζονται από αφρό διπλής σκληρότητας μπορούν να παρέχουν σταθερό αφρό στα πλευρικά τμήματα του καθίσματος για πλευρική υποστήριξη και μαλακό αφρό στο κέντρο για άνεση. Αυτό μειώνει την ανάγκη για επιπρόσθετη στήριξη του καθίσματος με παραπέρα αύξηση του βάρους του, εμποδίζει την δημιουργία προβλημάτων κατά την κατασκευή και αποφεύγει την αύξηση του κόστους παραγωγής.

Εξαιτίας της ανάπτυξης της αντοχής του αφρού, τα συστήματα MDI παρουσιάζουν σημαντικά μικρότερο ποσοστό επιδιόρθωσης και απόρριψης που κυμαίνεται από 2-3% και 0,2-0,4% αντίστοιχα, από ότι τα TDI/MDI συστήματα, το οποίο ανέρχεται στο 5-10% και 2-3% αντίστοιχα.

Ένας επαρκής σχηματισμός και σκλήρυνση επιτυγχάνονται σε χαμηλότερες θερμοκρασίες διαμόρφωσης (45-50°C)σε σχέση με το TDI και για αυτό το λόγο δεν απαιτείται η ύπαρξη φούρνων υψηλής θερμοκρασίας σκλήρυνσης και μετά-σκλήρυνσης, με αποτέλεσμα να έχουμε μείωση στη καταναλισκόμενη ενέργεια.

Πέρα από τις εκπληκτικές φυσικές ιδιότητες τους, οι MDI αφροί έχουν το επιπλέον πλεονέκτημα ότι είναι αρκετά άνετοι. Αν και η άνεση είναι άκρως υποκειμενικό στοιχείο, μπορεί να περιγραφεί σαν ένας συνδυασμός παραγόντων όπως η αίσθηση, το ποσοστό διαπερατότητας του αέρα και η πυκνότητα. Σε όλες τις περιπτώσεις οι MDI αφροί

υπερτερούν των TDI / MDI αφρών αφού η αίσθηση που παρέχουν είναι ιδιαίτερα εντυπωσιακή και υψηλής ποιότητας.

Αυτή η αίσθηση της άνεσης είναι σημαντική για τα προσκέφαλα, όπου οι MDI αφροί τείνουν να αντικαταστήσουν τους TDI αφρούς ή τα συστήματα TDI/MDI. Ένα μεγάλο μειονέκτημα στη κατασκευή προσκέφαλων από TDI είναι η σκληρότητα και η έλλειψη ελαστικότητας που οφείλεται στο TDI και στο σχηματισμό των πολυμερών polyols που χρησιμοποιούνται. Από την άλλη πλευρά, τα MDI προϊόντα δίνουν καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά την άνεση και την ελαστικότητα των προσκέφαλων.

Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, η σκληρότητα μπορεί να αλλάξει με την αλλαγή του ένθετου. Αυτό το χαρακτηριστικό επιτρέπει την κατασκευή προσκέφαλων από MDI αφρό σε διάφορα σχήματα και με διαφορετικές σκληρότητες στην ίδια παραγωγική γραμμή, χρησιμοποιώντας τον ίδιο σχηματισμό. Αυτό το γεγονός, το οποίο προσδίδει ελαστικότητα στη γραμμή της παραγωγής, δεν ήταν εφικτό με τη χρήση των TDI και TDI/MDI συστημάτων.

1.4.2.β Εφαρμογές

Οι εφαρμογές είναι ποικίλες και κυμαίνονται από τα καθίσματα και τα προσκέφαλα μέχρι τους ηχομονωτικούς τάπητες.

Οι αφροί που χρησιμοποιούνται στα καθίσματα των Αμερικάνικων αυτοκινήτων είναι μαλακότεροι σε σχέση με αυτούς που χρησιμοποιούνται στα Ευρωπαϊκά και Ιαπωνικά αυτοκίνητα και η πυκνότητα μειώθηκε για να μειωθεί το κόστος των χημικών συστατικών. Η μηχανική των καθισμάτων επιτυγχάνεται με τη χρήση μεταλλικών πλαισίων, τα οποία κοστίζουν πολύ παραπάνω από τον αφρό με τον

οποίο γεμίζονται και συμβάλλουν σημαντικά στο βάρος του καθίσματος. Η έμφαση που δίνεται στην υψηλή ποιότητα και στη μακροζωία, παράλληλα με τη σημασία και τη επιθυμία ολοκλήρωσης της μηχανικής μέσω αφρού διπλής σκληρότητας, δημιούργησε ένα μεγάλο ενδιαφέρον για τους MDI αφρούς.

Ένα ακόμα παράδειγμα της προσαρμοστικότητας των MDI αφρών αποτελεί η εφαρμογή τους στα πλαίσια και ειδικότερα στις πόρτες των αυτοκινήτων. Αυτό το υλικό πληρεί όλες τις προδιαγραφές και επομένως είναι το καταλληλότερο για την παραγωγή πλαισίων. Επίσης, ένας άλλος τομέας εφαρμογής των MDI αφρών είναι τα προσκέφαλα των καθισμάτων. Η ευστάθεια που παρουσιάζουν αυτοί οι αφροί σε συνδυασμό με το χαμηλό τους βάρος αποτελούν ιδανική λύση για την εφαρμογή αυτή.

Συμπερασματικά, μπορούμε να πούμε ότι οι αφροί MDI μπορούν να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις κατασκευής των καθισμάτων, των προσκέφαλων, των ηχομονωτικών χαλιών και των πλαισίων καθώς έχει σημειωθεί σημαντική πρόοδος στην διαδικασία παραγωγής και εφαρμογής τους.

1.4.3 Πολυουρεθάνη (PU)

Αρχικά, η πολυουρεθάνη χρησιμοποιήθηκε στην ορθοπεδική όμως σύντομα βρέθηκαν νέοι τομείς εφαρμογής της, μεταξύ των οποίων και η βιομηχανία του αυτοκινήτου. Η χρήση της πολυουρεθάνης στην Ευρωπαϊκή αυτοκινητοβιομηχανία έχει σημειώσει σημαντική αύξηση τα τελευταία χρόνια. Κύρια αιτία αυτής της αύξησης αποτέλεσε η καταλληλότητα της πολυουρεθάνης να καλύπτει τις απαιτήσεις για την κατασκευή των τιμονιών των αυτοκινήτων.

Η πολυουρεθάνη κρίθηκε σαν το καταλληλότερο υλικό κατασκευής των τιμονιών λόγω των ακολούθων πλεονεκτημάτων της :

1. Είναι καλύτερο από κάθε άλλο υλικό που χρησιμοποιήθηκε έως τώρα σ 'αυτές τις επιφάνειες , όπως δέρμα ή διάφορα άλλα.

2. Τα χαρακτηριστικά "λαβής" ως προς την σταθερότητα είναι σχεδόν ισάξια με αυτά του φυσικού δέρματος.

3. Διαφορετικά υποστηρίγματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εξασφάλιση της απαραίτητης σκληρότητας.

4. Μπορούν να παραχθούν μεγαλύτερα κομμάτια με κατάλληλες ιδιότητες παρέχοντας καλύτερη ασφάλεια με παράλληλη εξασφάλιση μικρότερου βάρους.

5. Το κόστος των μηχανημάτων και εργαλείων είναι χαμηλότερο συγκριτικά με αυτά των μεθόδων έγχυσης, ώστε σε συνδυασμό και με την εξασφάλιση χαμηλότερου βάρους να πραγματοποιηθεί μια χαμηλού κόστους παραγωγή.

6. Με βάση τις μηχανικές ιδιότητες τους τα τιμόνια από PUR ικανοποιούν τις απαιτήσεις της αυτοκινητοβιομηχανίας με υψηλή αντίσταση στη φθορά , χαμηλό βάρος , αντίσταση στο φως , μικρότερη τάση στο να λερώνουν , εύκολο καθαρισμό και με αντίσταση στο κάψιμο, γεγονός το οποίο καλύπτει τους Αμερικάνικους κανονισμούς.

Δεν θα έπρεπε να κάνουμε σύγκριση με άλλα υλικά όπως οι επιστρώσεις σκληρού καουτσούκ , μαλακό PVC και πολυπροπυλένιο καθώς το σύστημα αφρού πολυουρεθάνης έχει πολύ μικρότερη πυκνότητα (μικρότερη από το μισό αυτών των προϊόντων). Επιπλέον , αυτό το χαμηλό βάρος της πολυουρεθάνης δίνει την δυνατότητα επιλογής

ενός σχεδίου από την οπτική γωνία της εσωτερικής ασφάλειας των επιβατών , styling και ομορφιάς κάτι το οποίο δεν είναι εφικτό με τα υλικά που προαναφέρθηκαν. Μπορούμε να επιτύχουμε καλύτερο γέμισμα που είναι το πιο σημαντικό για την ασφάλεια. Ταυτόχρονα μπορούμε να εκπληρώσουμε τις ανάγκες καλού styling με έναν πιο εύκολο τρόπο, διαφορετικό από αυτούς που χρησιμοποιούνται για άλλα υλικά έως τώρα χωρίς όμως να παρατηρείται αύξηση του βάρους του οχήματος. Όμως μια πραγματική σύγκριση δεν είναι εφικτή καθώς το τιμόνι σε κάθε μια περίπτωση έχει διαφορετικές ιδιότητες. Το πλεονέκτημα χρήσης PUR αφρού για την παραγωγή τιμονιών και τις καλές του ιδιότητες επιβεβαιώνουν τα εκατομμύρια κομμάτια που χρησιμοποιήθηκαν από τους κατασκευαστές αυτοκινήτων.

1.4.3.α Διαδικασία

Υπάρχουν δυο συστήματα βαφής των πολυουρεθανικών εξαρτημάτων, το W 301 και το W 202. Το μικρής σταθερότητας σύστημα W 301 έχει την ίδια καλή λειτουργικότητα όπως το συμβατικό σταθερό W 202 σύστημα. Το τελευταίο έχει μια πολύ μικρή πιθανότητα σκάρτων κομματιών κατά την παραγωγή και μικρό χρόνο διαμόρφωσης. Ο χρόνος είναι περίπου ο ίδιος με αυτόν της διαμόρφωσης με έγχυση.

Πολλά χρόνια πριν, τα καλούπια που ήταν απαραίτητα για την παραγωγή προέρχονταν από σιλικόνη. Το μειονέκτημα ήταν η μικρή διάρκεια ζωής τους που ανέβαζε το κόστος παραγωγής για την αντικατάστασή τους. Σήμερα πέρα από μεταλλικά και διάφορα άλλα υλικά ή ενισχυμένα με αλουμίνιο καλούπια , χρησιμοποιούνται πρόσθετες συγκολλήσεις και μερικές φορές επιστρώσεις μη-αγώγιμου νικελ. Οι διαδικασίες W 301 και W 202 πρέπει να γίνονται με ακριβή και ελεγχόμενη θερμοκρασία για να επιτευχθεί ομαλότερη διεξαγωγή

της διαδικασίας και τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα. Είναι φανερό ότι οι απλές αυτές διαδικασίες μπορούν να αυτοματοποιηθούν.

Όταν γίνεται σύγκριση των τιμονιών που προκύπτουν βάσει της W 301 και αυτών που είναι μετέπειτα επιστρωμένα (ή επιστρώνονται κατά την διάρκεια της διαμόρφωσης) πρέπει να λάβουμε υπ ' όψιν τους παρακάτω παράγοντες κόστους :

1. Ξέπλυμα του χημικού.
2. Αερισμός και ξήρανση.
3. Ψεκασμός των επιστρώσεων.
4. Μεταγενέστερη ξήρανση και τελική διαμόρφωση της επίστρωσης μέσα σε φούρνο.
5. Αν είναι απαραίτητη η προσθήκη χρωστικών ουσιών για την αλλαγή της απόχρωσης της επίστρωσης.
6. Την ποσότητα των σκάρτων κομματιών, όταν εμφανίζονται φυσαλίδες αέρα μετά την διαδικασία επίστρωσης οι οποίες συνήθως παραμένουν αόρατες και μετά σπάνε ή δημιουργούν εξογκώματα.

1.4.3.β Συμπεράσματα

Μέχρι σήμερα η χρήση αφρού πολυουρεθάνης για την παραγωγή τιμονιών στα αυτοκίνητα στις Ηνωμένες Πολιτειών ήταν περιορισμένη. Το σύστημα πολυουρεθάνης W 301 μικρής σταθερότητας βασισμένο στα μη-αρωματικά isocyanates έχει όμως ανοίξει τον δρόμο, καθώς πολυτελή και με μαλακή αίσθηση τιμόνια μπορούν να κατασκευαστούν , τα οποία δεν ήταν δυνατό να προκύψουν από τα έως τώρα υπάρχοντα υλικά.

Την ίδια στιγμή, μείωση του βάρους περισσότερο από το 50% συγκριτικά με άλλα υλικά έχει επιτευχθεί. Επίσης, η αισθητική έχει περισσότερες προοπτικές ανάπτυξης. Επιπλέον τα υλικά έχουν υψηλότερη αντίσταση κατά της υγρασίας και καλύτερο κράτημα απομονώνοντας την επίδραση ακραίων συνθηκών ζέστης ή κρύου.

1.4.4 Azdel

Η χρήση του Azdel προέκυψε από την ανάγκη της βιομηχανίας του αυτοκινήτου για την κατασκευή ελαφρύτερων συστημάτων προφυλακτήρα. Πρόκειται για ένα στρώμα θερμοπλαστικού ενισχυμένο με συνεχείς ίνες γυαλιού. Στην προσπάθεια να αντεπεξέλθει στις απαιτήσεις της εφαρμογής, το ποσοστό γυαλιού που εμπεριέχεται σε αυτό αυξήθηκε στο 50% και παράλληλα έγιναν κάποιες τροποποιήσεις στην γεωμετρία των ινών του γυαλιού. Το σύστημα της ρητίνης είναι ένα ομοιοπολυμερές του πολυπροπυλενίου με περιεκτικότητα 0,1% σε άνθρακα.

1.4.4.α Διαδικασία διαμόρφωσης

Η διαδικασία διαμόρφωσης του φύλλου Azdel είναι παρόμοια, σε πολλά σημεία, με τη διαδικασία SMC με μια μόνο βασική αντιστροφή: το καλούπι βρίσκεται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και το υλικό βρίσκεται σε υψηλότερη θερμοκρασία της τάξης των 400°F, μετά από προθέρμανση σε φούρνο. Τα σχέδια των καλουπιών δεν διαφέρουν πολύ μεταξύ τους, με το ένα τμήμα να έχει ένα πυρήνα για το νερό προκειμένου να μειωθεί η θερμοκρασία του θερμοπλαστικού υλικού, ενώ το άλλο τμήμα περιέχει ένα πυρήνα για το ζεστό λάδι ή τον ατμό για να επηρεάσει τη σκλήρυνση των θερμοσκληρυνόμενων τμημάτων. Ωστόσο, αξιοσημείωτες διαφορές υπάρχουν στον χρόνο του κύκλου κατεργασίας,

με διαμέμοντα υπό πίεση χρόνο 10-20 δευτερολέπτων, ανάλογα με το πάχος του κομματιού.

1.4.5 Ολεφινικά θερμοπλαστικά ελαστομερή

Η χρήση των ολεφινικών θερμοπλαστικών ελαστομερών (ΟΤΡΕ) για τα καλύμματα των προφυλακτών έγινε δυνατή με την ανάπτυξη ρητινών με βελτιωμένες ιδιότητες ροής, που επιτρέπουν την διαμόρφωση με έγχυση μεγάλων εξαρτημάτων. Βελτιώσεις έχουν γίνει επίσης στην ανάπτυξη ΟΤΡΕ για καλύτερη δυνατότητα βαφής και αντίσταση στη βενζίνη.

Τα ολεφινικά θερμοπλαστικά ελαστομερή είναι μηχανικά μίγματα θερμοπλαστικών ρητινών, ελαστομερών και διαφόρων σταθεροποιητών και πρόσθετων. Τα ΟΤΡΕ διατίθεται σε σχήμα μπάλας για τη διαδικασία διαμόρφωσης με έγχυση, για τη εξώθηση και για τη διαμόρφωση με εμφύσηση. Τα μείγματα μπορούν να παραχθούν με μια απεριόριστη ποικιλία συνδυασμού ιδιοτήτων, βασιζόμενη στις διαφορετικές ολεφίνες και στα διαφορετικά ελαστομερή που χρησιμοποιούνται. Η σκληρότητα των ΟΤΡΕ κυμαίνεται από 10,000 μέχρι 105,000 psi. Τα πιο εύκαμπτα υλικά προσφέρουν υψηλότερη αντίσταση στη πρόσκρουση σε χαμηλές θερμοκρασίες, αλλά μικρότερη αντίσταση σε υψηλή θερμοκρασία σε σχέση με τα πιο σκληρά υλικά. Οι συνδυασμοί των ιδιοτήτων επεκτείνονται ακόμα περισσότερο με τη χρήση των ένθετων, των ενισχύσεων και των πρόσθετων.

Από τις μελέτες που συντάχθηκαν, το ΟΤΡΕ αποδείχθηκε να έχει αποδεκτή απόδοση κατά τη πρόσκρουση. Αυτό επιτρέπει την αξιολόγηση των ΟΤΡΕ για τα μαλακά εύκαμπτα καλύμματα του προφυλακτήρα.

1.4.5.α Σχεδιασμός και κατασκευή

Τα ΟΤΡΕ είναι κατάλληλα για χρήση στα καλύμματα των προφυλακτών και άλλων επιφανειών ποιότητας "A" τα οποία έχουν μια συνεχή μη διακοπόμενη επιφάνεια.

Το συνιστώμενο πάχος του καλύμματος του προφυλακτήρα ή κάθε μιας βαμμένης επιφάνειας "A" ποιότητας, κυμαίνεται από 0,100 έως 0,160 in (2,5-4mm). Όποιο και αν είναι το επιθυμητό πάχος, η διατήρηση του σε ολόκληρη την επιφάνεια είναι ένας σημαντικός σχεδιαστικός παράγοντας. Αυτό βοηθά στην αποφυγή ανομοιόμορφης ψύξης, η οποία μπορεί να προκαλέσει την ανάπτυξη τάσεων στο διαμορφωμένο κομμάτι.

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας όσον αφορά το σχεδιασμό των εκτεθειμένων επιφανειών του προφυλακτήρα, είναι η αποφυγή των ραβδώσεων. Οι ραβδώσεις αποτελούν σημεία καθίζησης και κατά συνέπεια είναι απαράδεκτες. Εάν ένα εξάρτημα απαιτεί για τη τοποθέτηση του ραβδώσεις και κενά, τότε αυτές σχεδιάζονται με το μισό (ή λιγότερο) πάχος του καλύμματος.

Αφού καλυφθούν οι σχεδιαστικές απαιτήσεις του ΟΤΡΕ, πρέπει να καθοριστούν οι παράμετροι παραγωγής. Μέσα σε αυτές περιλαμβάνονται η συρρίκνωση του εξαρτήματος μετά τη διαμόρφωση και τη βαφή, ο αερισμός του και η χρήση και τοποθέτηση των γλιστρών.

1.4.5.β Διαμόρφωση με έγχυση

Το ΟΤΡΕ παράγεται με τη μορφή μπάλας και είναι εύκολο στην μεταχείριση του. Δεν είναι απαραίτητη καμία ειδική αντιμετώπιση κατά την αποθήκευση ή την προετοιμασία της ρητίνης αυτής για την έγχυση.

Το ΟΤΡΕ χωρίς ένθετα δεν είναι υδροσκοπικό και γι' αυτό δεν απαιτεί ξήρανση πριν από τη χρήση.

Η διαμόρφωση με έγχυση μεγάλων κομματιών απαιτεί ικανοποιητικές πιέσεις. Το ελάχιστο όριο πίεσης για την διαμόρφωση καλυμμάτων προφυλακτήρα από ΟΤΡΕ είναι 2-3τόνοι ανά τετραγωνική ίντσα. Μια πίεση της τάξης των χιλίων τόνων είναι επαρκής για την παραγωγή καλύμματος επιφάνειας 500 τετραγωνικών ιντσών. Η διαμόρφωση με έγχυση των καλυμμάτων του προφυλακτήρα είναι μια ιδιαίτερα ανταγωνιστική διαδικασία συγκρινόμενη με αυτή της PU-RIM. Παρακάτω ακολουθεί μια σύγκριση των χαρακτηριστικών των δυο διαδικασιών :

1.Το ΟΤΡΕ είναι αυτό-απελευθερωμένο ελαστομερές. Οι διαμορφωθείσες επιφάνειες δεν απαιτούν ψεκασμό με καταλύτες εξωτερικής αποδέσμευσης, οι οποίοι σχηματίζουν ένα ανεπιθύμητο στρώμα στην επιφάνεια του εξαρτήματος. Αντίθετα, η διαδικασία PU-RIM απαιτεί τη συχνή εφαρμογή τέτοιων καταλυτών και επιπλέον είναι απαραίτητος ένας καθαρισμός ανά βάρδια. Έτσι όμως όχι μόνο σπαταλάται πολύτιμος χρόνος, αλλά μειώνεται και η παραγωγικότητα στο 87,5% των δυνατοτήτων της διαδικασίας. Επιπλέον, η χρήση των καταλυτών αυτών κοστίζει αρκετά στην συνολική τιμή του κομματιού.

2.Ο προφυλακτήρας που κατασκευάζεται από ΟΤΡΕ δεν εμφανίζει κενά και σημεία γυαλάδας ούτε στο κομμάτι ούτε στο καλούπι. Ενώ με τη χρήση της PU-RIM, είναι απαραίτητη η χρήση μιας δευτερεύουσας διαδικασίας για την απομάκρυνση της γυαλάδας και των κενών κατά τον έλεγχο του κομματιού.

3. Το ΟΤΡΕ είναι θερμοπλαστική ρητίνη. Αυτό σημαίνει ότι όλα τα απορριφθέντα υλικά από τα μη αποδεκτά κομμάτια μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν μέσω της νέας επεξεργασίας. Αντίθετα, το PU - RIM είναι θερμοσκληρυνόμενη ρητίνη, η οποία παράγει μη ανακυκλώσιμα υλικά. Τα απόβλητα από τις διαδικασίες απότμησης, εξαφάνισης των σημείων γυαλάδας και τρυπήματος από ένα εξάρτημα κατασκευασμένο με PU-RIM, είναι περίπου το 10-15% του βάρους της εγχυόμενης ρητίνης. Αυτό πρέπει να συμπεριληφθεί στο συνολικό κόστος του εξαρτήματος.

4. Τα διαμορφωμένα ΟΤΡΕ εξάρτηματα δεν απαιτούν μετέπειτα σκλήρυνση, προκειμένου να προετοιμαστούν για τη βαφή. Ενώ για τα εξάρτηματα από PU-RIM είναι απαραίτητη η επιπλέον σκλήρυνση για την εξάλειψη του παγιδευμένου στο εσωτερικό του κομματιού αέρα, αυξάνοντας έτσι σημαντικά το ενεργειακό κόστος της διαδικασίας.

5. Ο χρόνος του κύκλου της διαμόρφωσης με έγχυση με το καλούπι κλειστό, για έναν προφυλακτήρα από ΟΤΡΕ με βάρος 5 λίβρες είναι 90-120 δευτερόλεπτα. Ενώ ο χρόνος του κύκλου διαμόρφωσης με το καλούπι ανοιχτό, για έναν προφυλακτήρα κατασκευασμένο από PU-RIM υπολογίζεται να είναι ελαφρά μεγαλύτερος από αυτόν του ΟΤΡΕ. Μεσολαβεί ο χρόνος που απαιτείται για την προετοιμασία του καλουπιού για την επόμενη εφαρμογή, με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο συνολικός χρόνος.

1.4.5.γ Βαφή

Οι κυριότεροι παράγοντες για τη σωστή πρόσφυση της βαφής στην επιφάνεια του εξαρτήματος είναι :

α) Το πάχος του στρώματος να κυμαίνεται μεταξύ 1,8-2,3 χιλιοστά.

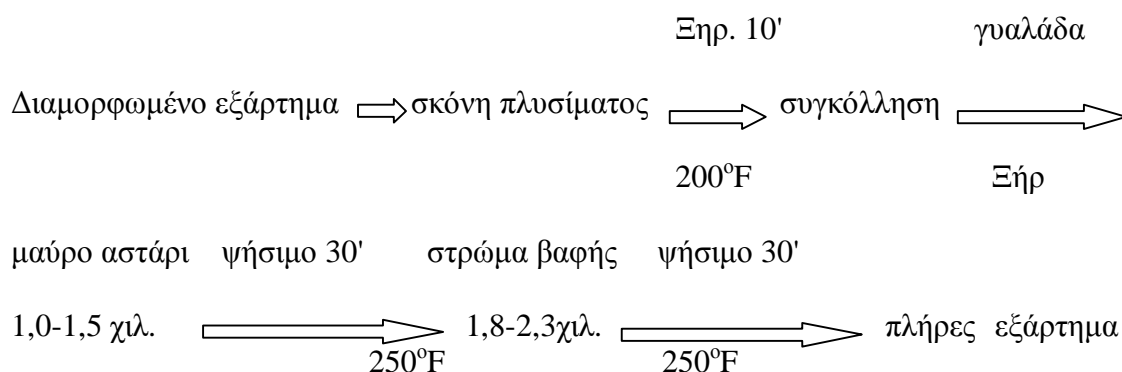
β) Το ψήσιμο του επάνω στρώματος για 30 λεπτά με θερμοκρασία επιφάνειας 250°F.

γ) Η επιφάνεια που πρόκειται να βαφεί να είναι απόλυτα καθαρή. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση μιας σκόνης πλυσίματος, η οποία αφαιρεί τα μολυσματικά στοιχεία και τα υλικά που προκαλούν ηλέκτριση της σκόνης.

δ) Εάν η επιφάνεια που πρόκειται να βαφεί έχει συγκόλληση, τότε αυτή πρέπει να εφαρμοστεί σύμφωνα με το συνιστώμενο πάχος στρώματος, όπως ορίζει ο προμηθευτής (συνήθως 1-1,5 χιλιοστό).

Το γράφημα I συνοψίζει τα σημαντικότερα σημεία στα οποία πρέπει δοθεί προσοχή κατά τη βαφή των ΟΤΡΕ εξαρτημάτων. Πρέπει να σημειωθεί ότι, η βαφή των ΟΤΡΕ εξαρτημάτων είναι περισσότερο δύσκολη σε σχέση με αυτή που απαιτείται για τα PU-RIM εξαρτήματα, λόγω των αδρανών επιφανειών. Πρέπει να αναγνωριστεί ότι η καθαρότητα των εξαρτημάτων, η κατάλληλη βαφή και ο εξοπλισμός της διαδικασίας μαζί με επιδέξιους τεχνικούς για βαφή, είναι σημαντικοί παράγοντες για την επιτυχή διακόσμηση των ΟΤΡΕ εξαρτημάτων.

ΓΡΑΦΗΜΑ I



1.4.6 Nylon

Η χρήση των πλαστικών Nylon στην αυτοκινητοβιομηχανία των Η.Π.Α εξελίχθηκε από το δοκιμαστικό επίπεδο σε μια κερδοφόρα επιχείρηση, η οποία τοποθετεί υψηλού επιπέδου μηχανικές ρητίνες σε κάθε τμήμα του μοντέρνου οχήματος. Κλειδιά αυτής της θεαματικής εξέλιξης υπήρξαν, οι βασικές ιδιότητες του Nylon οι οποίες επέτρεψαν την αντικατάσταση των μετάλλων και άλλων υλικών με ένα υποκατάστατο το οποίο παρείχε καλύτερη απόδοση. Επίσης, η ικανότητα του Nylon να προσαρμόζεται και να τροποποιείται έτσι ώστε να καλύπτει τις ανάγκες απόδοσης ήταν ένας ακόμη λόγος της εξέλιξης του.

Η εφεύρεση της συμπύκνωσης πολυμερών πολυαμιδίων το 1930 και η μεταγενέστερη ανάπτυξη του Nylon σε μια κερδοφόρα επιχείρηση είναι μια από τις τεχνολογικές επιτυχίες του 20^{ου} αιώνα. Ο William Carothers και οι συνεργάτες του εξέτασαν περιπτώσεις συνθετικών ινών που μπορούσαν να αντικαταστήσουν το μετάξι. Πειράματα με κυτταρίνη και πολυεστέρες τελικά κατέληξαν σε συμπύκνωση πολυμερών διβασικών οξέων και δι-αμινών. Μετά από πολλές απόπειρες συνδυασμού αυτών των αρχικών στοιχείων στις 28 Φεβρουαρίου του 1935 συντέθηκε για πρώτη φορά το σούπερ-πολυμερές 6-μεθυλοδιαμίνη και αδιπικό οξύ. Περαιτέρω έρευνα τα επόμενα χρόνια στόχευσε στον έλεγχο του μοριακού βάρους των πολυμερών και στην κατανόηση της μορφοποίησης τους σε ίνες ικανές να τυλιχθούν σε νήμα.

1.4.6.α Πρώτες μηχανικές εφαρμογές

Η πρώτη γνωστή εφαρμογή του θερμοπλαστικού Nylon σε Αμερικάνικο αυτοκίνητο ήταν ο θόλος του φακού της λάμπας όπου

αντικατέστησε το γυαλί. Αυτή η καινοτομία του 1949 ήταν αποτέλεσμα της ημιδιαφανούς εμφάνισης του Nylon και των καλών ιδιοτήτων του σε υψηλές θερμοκρασίες. Γύρω στο 1950 οι σφίγγες για το κλείδωμα των θυρών κατασκευάζονταν από Nylon 66. Η σκληρότητα και η αντοχή του ήταν κατάλληλη για αυτές τις περιπτώσεις και η λίπανση εξαλείφθηκε από τη φυσική αυτολίπανση των ρητινών. Την ίδια περίοδο ο μηχανισμός του μετρητή ταχύτητας που παρασκευαζόταν από χυτευτό ψευδάργυρο άλλαξε σε Nylon. Το αποτέλεσμα ήταν μια ήρεμη ,αυτόνομη λειτουργία με μισό σχεδόν κόστος από αυτό του μετάλλου.

Η εταιρία Packard Electric Division της General Motors πρωτοπόρησε στην χρήση του Nylon 6 και 66 στα ηλεκτρικά συστήματα των αυτοκινήτων. Η εταιρία αυτή καινοτόμησε στην προσπάθεια να βρει εφαρμογές για τις μοναδικές ιδιότητες που προσέφεραν οι νέες ρητίνες Nylon. Η ελαστικότητα και οι θερμικές ιδιότητες χρησιμοποιήθηκαν σωστά στην υποδοχή λαμπτήρα το 1952. Καθώς το ηλεκτρικό σύστημα διαιρέθηκε με αλεξίπυρο τοίχωμα, ο σύνδεσμος του διαφράγματος κατασκευάστηκε από Nylon και τα επικαλυμμένα με Nylon καλώδια είχαν ευρεία χρήση.

Η εταιρία Ford παρουσίασε μια άλλη νέα πλαστική συσκευή στα τέλη του '50 , το ελαστικό σύστημα του σημείου διανομής. Ένα κομμάτι Nylon αντικατέστησε τα φαινορικά θερμοσκληρυνόμενα. Η μείωση κόστους ήταν εμφανής ακόμα και για ένα τόσο μικρό κομμάτι. Η επιτυχία της εταιρίας Ford με αυτό το κομμάτι οδήγησε σε άλλες καινοτομίες μέσα και γύρω από την μηχανή: ξεχωριστοί συλλέκτες για το μπουζί , μόνωση ρότορα και ενώσεις καλωδίων.

1.4.6.β Επέκταση και ανάπτυξη το 1960 και 1970

Μια εξέλιξη στις αρχές του 60 ήταν η χρήση Nylon κοχλιών και περικοχλίων για την συγκράτηση του δίσκου. Την ίδια περίοδο οι Nylon ήλθοι έγιναν το πιο δημοφιλές μέσο σύνδεσης των εσωτερικών και εξωτερικών εξαρτημάτων. Το μη αγώγιμο Nylon εμπόδιζε τον γαλβανισμό μεταξύ των ανόμοιων μετάλλων και την επερχόμενη διάβρωση. Λόγω της ελαστικότητας των ρητινών επιτεύχθηκε μια σφικτή ομοιόβαθμη σύνδεση.

Κατόπιν, εισήλθε στην αγορά το Nylon 66 ενισχυμένο με γυαλί που παρουσίασε νέες ευκαιρίες. Οι εναλλακτικές σπειροειδείς μπομπίνες και οι κόρνες ήταν κάποιες από τις πρώτες εφαρμογές του νέου υλικού. Οι ίνες που ενσωματώθηκαν στη ρητίνη επέκτειναν την περιοχή θερμοκρασιών, ενώ παράλληλα διατήρησαν τις ιδιότητες της σκληρότητας και της αντοχής. Αυτό είναι ένα παράδειγμα των πολλαπλών χρήσεων των ρητινών Nylon.

Το κρυσταλλικό Nylon απέδειξε για άλλη μια φορά την ευελιξία των ρητινών να προσαρμόζονται σε νέες καταστάσεις. Αυτό που ήταν αναγκαίο ήταν ένα υλικό το οποίο θα μπορούσε να διαμορφωθεί με έγχυση σε μεγάλα κομμάτια, να ήταν αρκετά σκληρό για να αντέχει την κακομεταχείριση και πάνω από όλα, να ήταν ικανό να επιτύχει Α' ποιότητα επιφάνειας και να αντέχει μέσα στους φούρνους βαφής. Ρητίνες Nylon με περιεκτικότητα σε κρυστάλλους 40%, ήταν κατάλληλες για αυτές τις εφαρμογές.

Μείγματα από γυαλί και από κρυστάλλους παρουσιάστηκαν πρώτα στο Nylon 6 και μετά στο Nylon 66. Αυτό έδωσε νέες ευκαιρίες στο σχεδιασμό όλων των εξαρτημάτων από το κάλυμμα της οπής

εξαερισμού έως τα υψηλής απόδοσης εξαρτήματα. Ο συνδυασμός των ενισχυτικών παρείχε τα πλεονεκτήματα και των δύο υλικών, μειώνοντας ταυτόχρονα τα αρνητικά. Η ανάπτυξη σχετικής υγρασίας επιβραδύνθηκε στα μεγάλα κομμάτια. Μίγματα αυτού του τύπου έκαναν δυνατή την ύπαρξη πλαστικών εξαρτημάτων τα οποία μέχρι τώρα ήταν αδιανόητα : ζύγωθρα και καλύμματα ιμάντων. Επίσης, επιτεύχθηκε μικρότερο κόστος και μείωση βάρους σε σχέση με τα αντίστοιχα μεταλλικά.

Στο τέλος του '70 αναπτύχθηκε το συμπυκνωμένο Nylon και το εκμεταλλεύθηκαν οι μηχανικοί σε προβληματικές περιοχές και σε διάφορες άλλες περιπτώσεις. Περιείχε ελαστικούς τύπους σε διάφορες περιεκτικότητες και προοριζόταν για χρήση σε υψηλές θερμοκρασίες. Το υψηλής συμπίκνωσης Nylon βρήκε πολλές άλλες χρήσεις όπως : ιμάντες και συστήματα στήριξης. Οι ζώνες ασφαλείας συνήθως είναι από συμπυκνωμένο Nylon αν και το Nylon 66 χρησιμοποιείται από κάποιες εταιρίες. Το κρυσταλλικό Nylon τροποποιήθηκε με μικρά ποσοστά ελαστικού για να παρέχει επιπλέον σκληρότητα σε συνθήκες χειμώνα, όπου ο ξηρός αέρας ενισχύει την ψαθυρότητα στα σχετικά νέα εξαρτήματα. Η ίδια ρητίνη ορίσθηκε για το τιμόνι και τα καλύμματα πλήμνης όπου είναι πιθανή η εισχώρηση λίθων.

1.4.6.γ Παρόν

Εξετάζοντας την παρούσα κατάσταση χρήσης του Nylon βλέπουμε μια ποικιλία εφαρμογών σε κάθε περιοχή του αυτοκινήτου : μικροί ιμάντες και μονωτικοί σωλήνες προστασίας καλωδίων μέχρι εξωτερικά τμήματα που έχουν κάποιο βάρος. Μια άλλη περίπτωση είναι η αντίσταση στην υδρόλυση του ενισχυμένου με γυαλί Nylon το οποίο αντικαθιστά τον ορείχαλκο και το αλουμίνιο στα πώματα των ψυγείων. Η ρητίνη τροποποιείται έτσι ώστε να μειώνει τα αποτελέσματα της

υδρόλυσης στη ζεστή γλυκόλη. Η αντοχή σε εφελκυσμό και άλλες ιδιότητες παρέμειναν σε μεγάλο βαθμό. Η χρήση του ειδικού αυτού Nylon διευκολύνει τους κατασκευαστές να αντικαταστήσουν τα βαριά μεταλλικά εξαρτήματα. Το τελικό αποτέλεσμα είναι χαμηλότερο κόστος και αυτό είναι το κλειδί στο σημερινό οικονομικό περιβάλλον. Πλέον οι μηχανικοί δεν αντικαθιστούν το μέταλλο για χάριν αλλαγής ή για να μειώσουν απλά το βάρος. Το εξάρτημα πρέπει να έχει ίση ή περισσότερη απόδοση και λιγότερο κόστος.

Μια νέα μορφή του Nylon με πολλές δυνατότητες είναι το STX της Allied το οποίο είναι Nylon 6 με γυαλί και μπορεί να παραχθεί με την επικάλυψη της αποτύπωσης επάνω σε μέταλλο. Το έλασμα είναι για μεγάλα, επίπεδα κομμάτια όπως ο δίσκος λαδιού και τα καλύμματα μεταφοράς όπου απαιτείται σκληρότητα και αντοχή. Ο χρόνος του κύκλου κατεργασίας είναι μεγαλύτερος σε σχέση με αυτόν της διαμόρφωσης με έγχυση, αλλά οι ιδιότητες που μπορούν να επιτευχθούν με την προσθήκη υαλοβάμβακα είναι καλύτερες στις περισσότερες ρητίνες.

Μια πρόσφατη ανακάλυψη δείχνει ότι το Nylon εισήγαγε στην αγορά ένα υλικό με όνομα Nygin, ένα νέο υλικό που παράγεται με αντίδραση συμπολυμερισμού διαμόρφωσης με έγχυση (RIM). Δεν ήταν απλά ένα προϊόν μορφοποίησης αλλά μια Nylon ρητίνη που θα μπορούσε να επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό το μέλλον των πλαστικών υλικών. Λόγω της ανταγωνιστικά χαμηλής πίεσης που απαιτείται για μορφοποίηση, η διαδικασία RIM απαιτεί μικρότερο κεφάλαιο επένδυσης και χαμηλότερο κόστος λειτουργίας. Το νέο RIM Nylon, σχεδιάστηκε κυρίως για μεγάλα κομμάτια (π.χ. προφυλακτήρες), αλλά κρίθηκε ικανό για την παραγωγή προφυλακτήρα ο οποίος συνδύαζε την απορρόφηση ενέργειας με ταυτόχρονη αντίσταση στην πρόσκρουση.

Το Nylon σ' όλες του τις μορφές έχει στέρεες βάσεις για παραπέρα ανάπτυξη. Οι παλιές ρητίνες θα χρησιμεύσουν, αλλά τελικά θα υποχωρήσουν μπροστά στις νέες, βελτιωμένες ρητίνες. Αυτή ήταν η ιστορία τους των τελευταίων 40 ετών, μια συνεχής επανάσταση και μεταβολή στο ίδιο πάντα αντικείμενο: χημική αντίσταση, υψηλό σημείο κρυσταλλοποίησης, κληρονομημένη σκληρότητα και αντοχή και μια μυστηριώδη, αφύσικη ικανότητα τροποποίησης ώστε να αντεπεξέρχονται σε κάθε απαίτηση της αγοράς.

1.4.7 Πολυκαρβονικά (PC)

Τα πολυκαρβονικά υλικά είναι τα μοναδικά υλικά που συνδυάζουν εκπληκτική καμπτική ικανότητα με αντίσταση στην πρόσκρουση και στην θερμοκρασία. Οι πρώτες χρήσεις των υλικών αυτών βασίστηκαν στα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά, υπήρχαν όμως περιορισμοί. Η τάση θραύσης κατά την έκθεση τους σε ειδικά ρευστά ή υγρά, η μειωμένη ολκιμότητα σε χαμηλές θερμοκρασίες και η ολίσθηση σε υψηλές θερμοκρασίες απέκλεισαν τη χρήση των πολυκαρβονικών στα εξωτερικά τμήματα του αυτοκινήτου. Αυτά τα περιοριστικά χαρακτηριστικά μπορούν να ξεπεραστούν με ενίσχυση ή με δημιουργία κραμάτων με άλλα πολυμερή. Έτσι πρέπει να χωρίσουμε την οικογένεια των πολυκαρβονικών σε τρεις επιμέρους ομάδες : α) Αμετάβλητα και ενισχυμένα πολυκαρβονικά υλικά β) Διμερή κράματα πολυκαρβονικών με άλλα πολυμερή και γ) Κράματα με βελτιωμένες ιδιότητες. Παρακάτω ακολουθεί λεπτομερής ανάλυση των προαναφερθέντων ομάδων.

1.4.7.α Είδη πολυκαρβονικών υλικών

1) Ενισχυμένα και αμετάβλητα πολυκαρβονικά υλικά. Είναι η πρώτη κατηγορία των πολυκαρβονικών υλικών και η σχετικά πιο παλιά.

Οι πρώτες χρήσεις των πολυκαρβονικών αναφέρονται σε υλικά αυτής της κατηγορίας. Πρόκειται για υλικά που παρουσιάζουν εκπληκτική αντίσταση στην θερμότητα και στην πρόσκρουση ταυτόχρονα με τη μείωση βάρους που παρέχουν.

Η ενίσχυση των πολυκαρβονικών με γυαλί είχε ένα βασικό αποτέλεσμα σε ορισμένες ιδιότητες. Η ενεργειακή κρίση στις αρχές της δεκαετίας του '70 βοήθησε στην παραπέρα εκμετάλλευση των πλαστικών υλικών. Η χαμηλή τους πυκνότητα ενάντια στα μέταλλα καθιστούσε πιθανή τη μείωση του βάρους αλλά ήταν αναγκαία η σκληρότητα και η αντοχή. Τα υποστηρίγματα των οδηγητικών φακών αρχικά κατασκευαζόταν από χυτευτό αλουμίνιο. Η αντικατάστασή τους από τα πολυκαρβονικά δεν ήταν δυνατή λόγω της έλλειψης ακαμψίας και αντίστασης στην ολίσθηση πάνω από την κανονική θερμοκρασία. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίστηκε με την παρουσία ινών γυαλιού μέσα στην σύνθεση των πολυκαρβονικών.

Η διαδικασία structural foam μπορεί να εφαρμοστεί για να επιτύχουμε δυσκαμψία. Τα πολυκαρβονικά μπορούν να παραχθούν με αυτή τη διαδικασία σε μεγάλα κομμάτια, τα οποία παρέχουν εκπληκτικές φυσικές ιδιότητες με μειωμένη πυκνότητα και αυξημένο πάχος τοιχωμάτων. Αυτά ήταν καλά σχεδιασμένα και η απόδοσή τους ήταν ικανοποιητική. Ακόμα και αν υπήρχε το ενδεχόμενο μείωσης του αριθμού των εξαρτημάτων της δομής μέσω της κατασκευής ενιαίων εξαρτημάτων, αυτή η τεχνική δεν εφαρμόστηκε λόγω του κόστους που απαιτείται για να υπάρχει τελειώμα επιφάνειας ποιότητας A.

2) Διμερή κράματα. Ο σχηματισμός κραμάτων με άλλα πολυμερή επίσης εξυπηρετεί στην μεταβολή των ιδιοτήτων των πολυκαρβονικών υλικών. Όπως τα ενισχυμένα με γυαλί πολυκαρβονικά, αυτά τα κράματα

είναι διφασικά συστήματα. Τα κράματα των πολυκαρβονικών είναι βασισμένα στο πολυαιθυλένιο, στην πολυουρεθάνη και στο ABS. Αυτά τα πολυμερή έχουν χαμηλότερη αντοχή, μικρότερη αντίσταση στη πρόσκρουση και στη διάχυση της θερμότητας σε σχέση με τα καθαρά πολυκαρβονικά, για αυτό οι ιδιότητες των μιγμάτων είναι ενδιάμεσες μεταξύ αυτών των ομοπολυμερών. Άλλες διαφορές είναι το χαμηλό σημείο ρευστότητας, η αδιαφάνεια και η μικρότερη ευαισθησία στον σχηματισμό εγχοπών από ότι τα πολυκαρβονικά υλικά. Οι συνθήκες παραγωγής επίσης διαφέρουν λόγω χαμηλότερης ρευστότητας και της διαφορετικής θερμικής σταθερότητας, συγκρινόμενες με αυτές των καθαρών πολυκαρβονικών.

Τα μίγματα των πολυκαρβονικών με ABS παρέχουν υψηλότερη διασκόρπιση της θερμότητας και αντίσταση κατά την πρόσκρουση από ότι το ABS. Η απόδοση ποικίλλει ανάλογα με τη σύνθεση. Επίσης, μπορούν γρήγορα να επιμεταλλωθούν και χρησιμοποιούνται ως διακοσμητικά.

Τα κράματα από πολυκαρβονικά και πολυουρεθάνη παρέχουν ένα υλικό με υψηλό βαθμό ευλυγισίας και καλή αντίσταση ενάντια στις σχισμές. Όπως και στο παράδειγμα των κραμάτων ABS, οι ιδιότητες των πολυκαρβονικών μιγμάτων πολυουρεθάνης μπορούν να μετατραπούν με αλλαγή της αναλογίας των δύο συστατικών. Σε αυτή τη περίπτωση η ευλυγισία του συστήματος μπορεί να τροποποιηθεί έτσι ώστε να παραχθεί το κατάλληλο για την εφαρμογή υλικό.

Αναμιγνύοντας πολυκαρβονικά με πολυαιθυλένιο, ABS και πολυουρεθάνη υπάρχει ένας τρόπος βελτίωσης των ιδιοτήτων αυτών των υλικών με ενδιάμεσο κόστος. Όμως, η προσεκτική επιλογή των πολυμερών που θα αποτελέσουν συστατικά του κράματος μπορεί επίσης

να παρέχει την αύξηση ορισμένων ιδιοτήτων των πολυκαρβονικών υλικών. Έχουν επιτευχθεί σημαντικές βελτιώσεις όσον αφορά την αντίσταση στην πρόσκρουση σε χαμηλές θερμοκρασίες και τη χημική αντίσταση, με τη δημιουργία κραμάτων.

3) Κράματα με βελτιωμένες ιδιότητες. Παρ' όλη την υψηλή αντοχή σε πρόσκρουση που παρουσιάζουν τα πολυκαρβονικά σε θερμοκρασία δωματίου, υπάρχει το ενδεχόμενο της αστοχίας για περιπτώσεις πρόσκρουσης με υψηλή ταχύτητα και χαμηλές θερμοκρασίες. Αυτή η χαμηλή αντίσταση που παρουσιάζουν μπορεί να βελτιωθεί με την δημιουργία κραμάτων.

Κατά καιρούς διάφορα κράματα έχουν παραχθεί και αξιολογηθεί. Καθώς η αντίσταση στη πρόσκρουση για χαμηλές θερμοκρασίες έχει βελτιωθεί, σημαντικές αλλαγές όσον αφορά την αντίσταση τους στα διαλύματα δεν παρατηρήθηκαν. Τα συμβατικά συστήματα βαφής είναι εύκαμπτα και παρουσιάζουν αντίσταση σε κοινά χημικά όπως η βενζίνη, όμως η παρουσία σχισμών ή ακμών μπορεί να οδηγήσει ακόμα και σε θραύση. Ακόμα και η γνωστή αντίσταση των πολυκαρβονικών στους κοινούς χημικούς παράγοντες μπορεί να ξεπεραστεί με την σωστή επιλογή των συστατικών του κράματος.

Τριαδικά κράματα πολυκαρβονικών με πολυεστέρες και μετατροπείς αναπτύχθηκαν, τα οποία έδωσαν εκπληκτικά αποτελέσματα αύξησης της αντίστασης σε χαμηλές θερμοκρασίες καθώς επίσης και βελτιωμένη χημική αντίσταση. Ένα κράμα από πολυκαρβονικά και πολυβουτυλένιο τετραφθυλένιο (polybutylene terephthlate) δημιουργήθηκε για την κατασκευή άκαμπτων προφυλακτήρων και το οποίο συναντά τις απαιτήσεις των Ευρωπαϊκών κανονισμών. Η αντίσταση που παρουσιάζει αυτή η τυποποίηση στους διαλύτες που

εμπεριέχονται στην αμόλυβδη βενζίνη είναι εκπληκτική. Ένα δεύτερο σύστημα έχει αναπτυχθεί και το οποίο βασίζεται στο προαναφερθέν τυποποιημένο σύστημα και το οποίο εμφανίζει ακόμη καλύτερη αντίσταση στους διαλύτες της αμόλυβδης βενζίνης.

Οι προφυλακτήρες που κατασκευάζονται από τριαδικά κράματα μπορούν να προσαρμοστούν όπως οι συμβατικοί ατσάλινοι προφυλακτήρες. Η χρήση χρωστικών ρητινών στην σύνθεση του κράματος είναι δυνατόν να εξαφανίσει την ανάγκη για βαφή. Όπου απαιτείται βάψιμο αυτό πρέπει να γίνει από πριν, αφού τα συστήματα δεν είναι ικανά να διασκορπίσουν ομαλά την θερμότητα ώστε να αντέξουν τις θερμοκρασίες της βαφής.

1.4.7.β Εφαρμογές

Η διαύγεια είναι ένας από τους κυριότερους λόγους χρησιμοποίησης των πολυκαρβονικών στους φακούς, αλλά οι ιδιότητες της καλής αντοχής σε θέρμανση και σε κάμψη καθώς επίσης και το χαμηλό τους βάρος τα κατέστησαν επικρατέστερη επιλογή για πολλές αδιαφανείς εφαρμογές. Για παράδειγμα, τα καλύμματα στις ζώνες ασφαλείας εκτίθενται στην ηλιακή ακτινοβολία και σε θερμοκρασιακές μεταβολές, ενώ ταυτόχρονα πρέπει να αντέχουν και στην θραύση. Τα εξωτερικά εξαρτήματα απαιτούν καλή ολκιμότητα εξαιτίας της συχνής κακομεταχείρισης τους στο παρκάρισμα. Σε μερικά οχήματα ο πίνακας ελέγχου κατασκευάζεται από πολυκαρβονικά. Σε όλα αυτά τα παραδείγματα η ισορροπία των ιδιοτήτων που είναι διαθέσιμες από τα πολυκαρβονικά αποτέλεσε τον λόγο για τον οποίο επιλέχθηκαν.

Τα κράματα από πολυκαρβονικά και πολυουρεθάνη βρήκαν εφαρμογές στην κατασκευή ευλύγιστων πλαισίων και προφυλακτών.

Ειδικότερα, χρησιμοποιούνται για να γεμίσουν το κενό μεταξύ προφυλακτήρα και αμαξώματος και είναι ικανά να λυγίσουν εκτός πορείας όταν ο προφυλακτήρας πιέζεται λόγω πρόσκρουσης.

Η ανάπτυξη του αυτόνομου προφυλακτήρα από πλαστικά είναι μια περίπτωση στην οποία τα πολυκαρβονικά μπορούν να εξελιχθούν ακόμα περισσότερο. Αμετάβλητα πολυκαρβονικά χρησιμοποιούνταν από το 1973 στον μπροστινό προφυλακτήρα του TR7 αντί του ατσάλινου, αλλά αυτή η προσέγγιση περιορίζεται από την χαμηλή αντίσταση κατά την πρόσκρουση σε χαμηλές θερμοκρασίες και τη μειωμένη αντίσταση στα χημικά.

1.4.7.γ Μελλοντικές οδηγίες

Καθώς αναπτύχθηκαν κράματα με βελτιωμένη αντοχή σε διαλύτες και σε συνθήκες πρόσκρουσης σε χαμηλές θερμοκρασίες, ήταν αδύνατο να βαφούν στην γραμμή παραγωγής λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται. Υπήρξαν πολλές λύσεις για το πρόβλημα αυτό : α) η βαφή να γίνεται ξεχωριστά από το υπόλοιπο τμήμα του αυτοκινήτου, β) η χρήση συστημάτων βαφής από διμερής πολυουρεθάνες και γ) η τροποποίηση της βασικής δομής των πολυκαρβονικών πολυμερών έτσι ώστε να επιτευχθεί καλύτερη διασκόρπιση της θερμότητας και να ενισχυθεί η αντίσταση κατά των διαλυτών. Μια προσπάθεια βελτίωσης της διαδικασίας παραγωγής δομικού αφρού (structural foam) προσφέρει μια τελική επιφάνεια ποιότητας A, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εξωτερικά τμήματα. Η διαδικασία μορφοποίησης με εμφύσηση έχει χαμηλό κόστος εργαλείων σε σύγκριση με αυτής της έγχυσης και εκτιμήθηκε ότι είναι κατάλληλη για καθίσματα , για επίπεδα φόρτισης και για αεροτομές. Είναι σαφές ότι στο μέλλον η χρήση των πολυκαρβονικών σε εφαρμογές στα αυτοκίνητα θα συνεχιστεί.

1.4.8 Ενισχυμένες Πολυουρίες

Στο τομέα των χημικών, η ανάπτυξη των ελαστομερών RIM πολυουρίας συμβάλλει στην πρόοδο που σημειώθηκε στην απόδοση. Η πολυουρία είναι ένα ενεργό προϊόν που προέρχεται από την ανάμιξη isocyanate με amine terminated polymer. Αυτό το καινούργιο RIM ελαστομερές προσφέρει στην αυτοκινητοβιομηχανία υλικά με ουσιαστική βελτίωση των ιδιοτήτων σε υψηλές θερμοκρασίες, αντοχής σε πρόσκρουση και διαστατική σταθερότητα έναντι των υπολοίπων RIMελαστομερών.

Το 90% της συνολικής παραγωγής πολυουρεθάνης βρίσκεται με μορφή αφρού ο οποίος στην συνέχεια αναφέρεται ως PUR αφρός. Ο αφρός προκύπτει ως προϊόν της δημιουργίας φυσαλίδων κατά την διάρκεια του πολυμερισμού. Υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τύποι PUR αφρού.

1) Χαμηλής πυκνότητας εύκαμπτος αφρός. Πρόκειται για αφρούς με ανοιχτά κελιά, κατάλληλα ως ανθεκτικό προστατευτικό υλικό το οποίο παγκοσμίως χρησιμοποιείται για τα καθίσματα του αυτοκινήτου. Τα μερικώς άκαμπτα τμήματα έχουν καλές απορροφητικές ιδιότητες και χρησιμοποιούνται αρκετά στα πλαίσια των αυτοκινήτων καθώς και σαν γέμισμα στους προφυλακτήρες. Η μερικώς άκαμπτη πολυουρεθάνη (PUR) είναι το απορροφητικό υλικό που χρησιμοποιείται στο ABS/PVC ταμπλό της BMW.

2) Χαμηλής πυκνότητας άκαμπτος αφρός. Πρόκειται για διασταυρωμένα πολυμερή με δομή κλειστού κελιού, τα οποία δεν είναι καθόλου εύκαμπτα. Είναι καταπληκτικά σαν μονωτικά υλικά και

χρησιμοποιούνται στα ψυγεία. Στην αυτοκινητοβιομηχανία χρησιμοποιούνται ελάχιστα.

Υψηλής πυκνότητας εύκαμπτος αφρός. Αυτός ο τύπος έχει ένα αφρώδη πυρήνα με κελιά αλλά το εξωτερικό τμήμα είναι στερεό. Πρόκειται για εξαιρετικά σημαντικό υλικό για την βιομηχανία του αυτοκινήτου και χρησιμοποιείται στα δομικά πλαίσια.

Μια νέα ελαστομερή πολυουρία RIM κατάλληλη για διαμορφώσεις μεγάλων κομματιών, που προσφέρει σημαντικές βελτιώσεις όσον αφορά τις ιδιότητες της σε υψηλές θερμοκρασίες, στην αντοχή σε πρόσκρουση και στη διαστατική σταθερότητα, αναπτύχθηκε από την εταιρία ICI Πολυουρεθάνες (Rubicon Chemicals Inc.). Σχετικές βελτιώσεις στην επεξεργασία των ρινισμάτων γυαλιού, που χρησιμοποιούνται ως μέσο ενίσχυσης, οδήγησαν σε βελτιώσεις στην εν θερμώ κάμψη, στη σκληρότητα κατά το demold και στο συντελεστή γραμμικής θερμικής διαστολής. Οι φυσικές ιδιότητες δείχνουν τα πλεονεκτήματα του νέου συστήματος πολυουρίας RIM και συγκρίνονται με αυτές του άμορφου Nylon και του κράματος οξειδίου του πολυφαινυλενίου και Nylon.

Μια σειρά από συστήματα RIM πολυουρίας για τους προφυλακτήρες και τα αμαξώματα των αυτοκινήτων, αναπτύχθηκε από την εταιρία ICI Πολυουρεθάνες (Πίνακας I). Αυτά τα συστήματα παρέχουν Internal Mold Release (IMR), μικρό κύκλο demold γύρω στα 15 δευτερόλεπτα και συνολικό χρόνο γύρω στα 60 δευτερόλεπτα, από κομμάτι σε κομμάτι.

Η εταιρία ICI Πολυουρεθάνες πέτυχε δύο μεγάλες εξελίξεις στη τεχνολογία της πολυουρίας και της χημείας :

1) Νέα και καινοτόμο τεχνολογία isocyanate ενσωματώθηκε στα συστήματα αυτά και είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία RIM πολυουρίας με ελεγχόμενη αντιδραστικότητα κι η οποία μπορεί να διαμορφωθεί με τις ήδη υπάρχουσες μηχανές.

2) Η κατεργασία της επιφάνειας των ρινισμάτων γυαλιού ή η ενσωμάτωση συγκεκριμένων χημικών πρόσθετων στο σύστημα, βελτίωσαν τη συγκόλληση μεταξύ του πολυμερούς και του γυαλιού και αύξησαν την αντοχή της τελικής σύνθεσης.

Τα οφέλη των ICI συστημάτων RIM πολυουρίας έναντι του άμορφου Nylon (AN) και του κράματος PPO/Nylon είναι τα ακόλουθα :

α) Ανώτερα χαρακτηριστικά της εν θερμώ κάμψης - Το ενισχυμένο σύστημα πολυουρίας, στους 275°F εκθέτει λιγότερο από 1% της εν θερμώ κάμψης του άμορφου Nylon.

β) Ανώτερα χαρακτηριστικά της εν θερμώ κάμψης - Μετά από 192 ώρες έκθεσης στους 210°F, το σύστημα της RIM πολυουρίας συμπεριφέρεται και σαν θερμοπλαστικό με συντελεστή από 375-500%. Το άμορφο Nylon χάνει το 60% της αρχικής του επιμήκυνσης κατά τη θερμική γήρανση στους 210°F για οκτώ μέρες. Το ενισχυμένο με Nylon PPO, χάνει το 90% της αρχικής του επιμήκυνσης κάτω από τις ίδιες συνθήκες γήρανσης.

γ) Εξαιρετική διαστατική σταθερότητα - Και τα θερμοπλαστικά υλικά παρουσιάζουν προβλήματα στους δείκτες διαστατικής σταθερότητας (συντελεστής CLTE και γήρανση λόγω υγρασίας). Οι τιμές του συντελεστή CLTE για τα θερμοπλαστικά υλικά είναι περίπου διπλάσιες από αυτές που ισχύουν στη περίπτωση της ενισχυμένης πολυουρίας. Η ενισχυμένη πολυουρία παρέχει εκπληκτική σταθερότητα

σε συνθήκες επιταχυνόμενης γήρανσης λόγω υγρασίας συγκρινόμενη με του δύο βαθμούς του Nylon.

δ) Καλή διατήρηση της αύξησης των ορίων θερμοκρασίας - Παρόλο που το ενισχυμένο με Nylon PPO έχει υψηλό όριο ελαστικότητας σε θερμοκρασίες δωματίου, το όριο του σε θερμοκρασίες που ελαφρά αποκλίνουν από τη θερμοκρασία δωματίου πέφτει κάτω από 200,000psi. Αυτό οφείλεται στη μετάπτωση του γυαλιού στην θερμοκρασία των 85°F.

Η ενίσχυση του γυαλιού στις πολυουρίες είναι αποτελεσματική στη μείωση του συντελεστή γραμμικής θερμικής διαστολής, αυξάνοντας το όριο ελαστικότητας και την αντίσταση στην υγρασία. Στο άμεσο μέλλον μόνο τα ενισχυμένα πολυμερή, όπως το σύστημα της πολυουρίας, μπορούν να ανταποκριθούν στη διαστατική σταθερότητα όπως αυτή ορίζεται από τους κατασκευαστές των αυτοκινήτων.

1.4.9 Ενισχυμένη Πολυουρεθάνη RIM

Η επιτυχημένη εφαρμογή της ενισχυμένης RIM πολυουρεθάνης στο Pontiac Fiero, το ανέδειξε σε υλικό επιλογής για την κατασκευή των κάθετων πλαισίων στα αμαξώματα των αυτοκινήτων.

Οι φυσικές ιδιότητες της σύνθεσης της πολυουρεθάνης παρέχουν πλεονεκτήματα έναντι των ανταγωνιστικών πλαστικών υλικών και των μεταλλικών φύλλων, όσον αφορά τη μείωση του βάρους, την ελευθερία στο σχεδιασμό, την αντίσταση στη διάβρωση και στη καταστροφή και ταυτόχρονα παρέχουν οικονομία. Η επιτυχία αυτού του προγράμματος είναι αποτέλεσμα της συνεργασίας μεταξύ των προμηθευτών των ακατέργαστων υλικών, των διαδικασιών διαμόρφωσης, των

εγκαταστάσεων επεξεργασίας, καθώς επίσης και του εξοπλισμού, της ενίσχυσης, της επικάλυψης και των κατασκευαστών.

Οι πρόσφατες τάσεις της αυτοκινητοβιομηχανίας που εντοπίζονται στην αντικατάσταση των μεταλλικών φύλλων από πλαστικά υλικά προκειμένου να παράγει εξωτερικά πλαίσια, στρέφονται προς τη πλευρά του Bayflex 110. Αυτό το υλικό χρησιμοποιήθηκε στο Fiero και αποδείχθηκε ικανό για την παραγωγή πλαισίων για το αμάξωμα. Τα πλεονεκτήματα των ουρεθανικών RIM υλικών μπορούν να αξιολογηθούν με βάση τις διάφορες απαιτήσεις απόδοσης των πλαισίων. Αυτές είναι:

1) Ένα υψηλό όριο (150000-350000 psi) για να παρέχει την απαραίτητη σκληρότητα στο υλικό για να υποστηρίξει τον εαυτό του στατικά και δυναμικά.

2) Καλή διαστατική σταθερότητα στις υψηλές θερμοκρασίες για να μειώσει τις παραμορφώσεις κατά την διάρκεια των χειρισμών που ακολουθούν το στάδιο της διαμόρφωσης (βαφή, σκλήρυνση, κ.τ.λ).

3) Καλή απόδοση σε πρόσκρουση για ένα μεγάλο φάσμα θερμοκρασιών.

4) Ένα συντελεστή γραμμικής θερμικής διαστολής (CLTE), σχετικά κοντά στο συντελεστή του αντίστοιχου μετάλλου. Ένας χαμηλός συντελεστής CLTE είναι απαραίτητος για να αντέξει το κομμάτι σε επαναλαμβανόμενη έκθεση σε υψηλές και χαμηλές θερμοκρασίες, καθώς και σε υγρασία χωρίς να παρουσιάσει δυσάρεστη παραμόρφωση.

5) Επιφάνεια ποιότητας A σε βαμμένα και άβαφα εξαρτήματα.

6) Ικανότητα να επεξεργάζεται εύκολα έτσι ώστε να επιτρέπει υψηλούς ρυθμούς παραγωγικότητας εξαρτημάτων δίχως ελαττώματα.

7) Η ικανότητα να αποδίδουν σωστά όταν χρησιμοποιούνται διάφορα μέσα κατά τη διαμόρφωση. Αυτό επιτρέπει μια ουσιαστική

αύξηση της παραγωγικότητας παράλληλα με μείωση των άχρηστων τεμαχίων λόγω ατελειών.

1.4.9.α Τρέχουσα κατάσταση των poly-urethane-urea συστημάτων

Οι προαναφερθέντες απαιτήσεις είναι βασικές για την υψηλή παραγωγικότητα αποδεκτών εξαρτημάτων. Οι πολυουρεθάνες RIM εύκολα μπορούν να ανταποκριθούν σε αυτές τις απαιτήσεις και να προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα έναντι των μεταλλικών και πλαστικών εξαρτημάτων, όπως :

1. Ευκαμψία, ελαστικότητα και αντίσταση στη διάβρωση. Οι πολυουρεθάνες προσφέρουν μια μεγάλη γκάμα ιδιοτήτων. Η χημεία τους επιτρέπει τη χρήση τους σε μεγάλα και πολύπλοκα εξαρτήματα.

2. Αντίσταση στη βενζίνη και στη διαστατική σταθερότητα όταν εκτίθενται σε υγρές συνθήκες.

3. Καταπληκτικά χαρακτηριστικά έναντι φθοράς (weatherability): η επιφάνεια ποιότητας A διατηρείται και στα βαμμένα κομμάτια.

4. Χαμηλό ειδικό βάρος, το οποίο μεταφράζεται σε χαμηλό βάρος ανά κομμάτι. Ένα αντίστοιχο μεταλλικό ζυγίζει περίπου το διπλάσιο από το βάρος του RIM εξαρτήματος.

5. Μια διαδικασία με χαμηλή θερμοκρασία/ χαμηλή πίεση έχει σαν αποτέλεσμα σημαντικές μειώσεις στο επενδυτικό κεφάλαιο και στη ενέργεια. Τα συστήματα RIM πολυουρεθάνης συνήθως επεξεργάζονται στους 100°F με θερμοκρασία διαμόρφωσης τους 150°F με αποτέλεσμα να έχουμε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας σε σχέση με το μέταλλο ή με άλλα πλαστικά υλικά. Το χαμηλό ιξώδες και η χαμηλή πίεση έγχυσης των RIM συστημάτων προσφέρουν σημαντική μείωση στο μέγεθος της

μηχανής και στη πίεση σύσφιξης καθώς επίσης και μικρότερο κεφαλαίο επένδυσης.

6. Η αποδεδειγμένη ικανότητα για αυτόματη παραγωγή. Οι διαδικασίες demolding και trimming ακόμη και σήμερα γίνονται χειροκίνητα, ενώ υπάρχουν δυνατότητες για αυτοματοποίηση.

7. Εξαιρετική διαθεσιμότητα υλικού. Πρέπει να σημειωθεί ότι η διαθεσιμότητα του ακατέργαστου υλικού συνδυάζεται με την εκτεταμένη ανάπτυξη της τεχνολογίας.

Το σύστημα Bayflex 110-80 πλήρη όλες τις προϋποθέσεις που απαιτούνται για τις σημερινές εφαρμογές στα αμαξώματα. Πρόκειται για ένα σύστημα ταχείας αντίδρασης το οποίο διασφαλίζει το χρόνο demold ακόμα και για τα πιο δύσκολα εξαρτήματα σε 30 δευτερόλεπτα. Σε κάθε περίπτωση τα poly-urethane-urea RIM υλικά είναι ικανά να γεμίσουν μεγάλα και πολύπλοκα καλούπια δίχως την παρουσία εγκλωβισμένου αέρα.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό των υλικών αυτών είναι ότι η προέκταση της αλυσίδας των αμινών έχει σημαντικά διαφορετικό ρυθμό αντίδρασης σε σχέση με τα polyol hydroxyl με isocyanates. Συνεπώς, κάποιος μπορεί να ελέγξει τα προϊόντα των αντιδράσεων των polyol - isocyanates και των amine-isocyanates με ρύθμιση των απαιτήσεων του καταλύτη, οι οποίες είναι διαφορετικές για κάθε αντίδραση. Στα συστήματα όπου οι λειτουργικές ομάδες στις προεκτάσεις των αλυσίδων των polyol και amine είναι ίδιες, δυνατότητα ρύθμισης του καταλύτη δεν υπάρχει, γεγονός που ίσως προκαλέσει την παρουσία εγκλωβισμένου αέρα.

Γενικά, τρεις παράγοντες επηρεάζουν τη διαστατική σταθερότητα των RRIM εξαρτημάτων: η σκληρότητα του κομματιού, ο συντελεστής

γραμμικής θερμικής διαστολής (CLTE) και η συστολή του καλουπιού. Αυτές οι ιδιότητες είναι σημαντικές γιατί ελέγχουν τη πτώση και τη παραμόρφωση των μη-υποστηριγμένων κομματιών κατά τη διάρκεια του κύκλου θέρμανσης και ψύξης.

Ένας τρόπος προσέγγισης για να παρέχουμε βελτιωμένη διαστατική σταθερότητα είναι η χρήση ινώδους ή λεπιδοειδούς ενίσχυσης. Η ορμή στη περίπτωση αυτή προέρχεται από βελτιώσεις στο CLTE, στη θερμική κάμψη και αντίσταση στη πτώση, τη συστολή, τη σκληρότητα και τη διαστατική σταθερότητα. Ένα πρόβλημα των ενισχύσεων είναι ότι συγκεκριμένα ένθετα (fillers), όπως οι οδοντωτές ίνες γυαλιού, προσανατολίζονται παράλληλα με τη διεύθυνση της ροής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, το CLTE και οι ιδιότητες κατά τη διεύθυνση της ροής ή παράλληλα σε αυτή, να διαφέρουν από αυτές που μετρήθηκαν κάθετα στη ροή και κατά τη διάρκεια επαναλαμβανόμενης θέρμανσης/ψύξης ίσως να προκαλέσουν μικρές παραμορφώσεις.

Ένας τρόπος που χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να μειωθούν οι παραμορφώσεις είναι η χρήση ενισχύσεων οι οποίες έχουν μικρό προσανατολισμό κατά τη διάτμηση, όπως τα ρινίσματα γυαλιού, τα οποία έχουν δομή επίπεδου δίσκου. Παρ'όλο που υπάρχει σε ένα μικρό ποσοστό προσανατολισμός, οι ιδιότητες της σύνθεσης που περιέχει ρινίσματα γυαλιού είναι σχεδόν ομοιόμορφες σε οποιαδήποτε διεύθυνση. Αντιθέτως, οι ιδιότητες της σύνθεσης που περιέχει ίνες γυαλιού, μπορούν να διαφέρουν έως και 40% ανάλογα με την αναλογία.

1.4.9.β Μελλοντικές βελτιώσεις στο ενισχυμένο RIM

Βρίσκεται σε εξέλιξη μια προσπάθεια για την ανάπτυξη τρόπων βελτίωσης της τεχνολογίας των συνθέσεων με υψηλά όρια. Αυτή η

προσπάθεια στοχεύει στην αύξηση της ικανότητας επεξεργασίας καθώς και στη βελτίωση των φυσικών ιδιοτήτων, ειδικότερα της αντοχής σε πρόσκρουση και της διαστατικής σταθερότητας. Οι τυποποιήσεις RIM συνήθως απαιτούν μια επιπλέον σκλήρυνση και βαφή εκτός της γραμμής παραγωγής. Τα καλύμματα σκληρύνονται στους 250°F σε αντίθεση με τη θερμοκρασία σκλήρυνσης στη γραμμή παραγωγής, η οποία είναι στους 350°F.

Ο τύπος της ενίσχυσης που χρησιμοποιείται στο RRIM είναι επίσης σημαντικός, διότι καθορίζει τις φυσικές ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά επεξεργασίας αυτής της σύνθεσης. Διάφοροι νέοι υποψήφιοι τύποι ενισχύσεων αξιολογήθηκαν για να αντικαταστήσουν τις ενισχύσεις με γυαλί. Η επεξεργασία της επιφάνειας των ενισχύσεων με συνδεδεμένα μέσα, έδωσε υπόσχεση για αύξηση των φυσικών ιδιοτήτων και της ικανότητας κατεργασίας του υλικού.

Οι προσεχείς βελτιώσεις στην επεξεργασία, στις φυσικές ιδιότητες και στη συνολική απόδοση των συνθέσεων RRIM θα εξασφαλίσει τη πρώτη θέση ανάμεσα στα υποψήφια υλικά για μελλοντικές εφαρμογές στα αμαξώματα των αυτοκινήτων.

1.4.10 RIM ελαστομερή

Ένα πλήθος από RIM ελαστομερή μπορούν να παραχθούν από μια ποικιλία συστατικών. Τα συστατικά που χρησιμοποιούνται σε αυτή τη τεχνολογία αποτελούνται από ένα μίγμα πολυαιθέρα polyol και/ή amine-terminated polyether, καταλύτες και πρόσθετα, τέτοια όπως απολυμαντικά, βαφική ύλη και ένθετα. Το συστατικό isocyanate είναι συνήθως χαμηλής απόδοσης τροποποιημένο MDI ή, όταν είναι αποδεκτά η χαμηλή απόδοση και το χαμηλό κόστος, ένα ειδικά τροποποιημένο πολυμερικό MDI. Τα polyols είναι γραμμικοί ή ελαφρά διακλαδισμένοι

polyether polyols με βάρος της τάξης των 2000 – 3000. Οι τροποποιημένες polyether polyols όπως οι πολυμερικές polyols και οι amine-terminated πολυαιθέρες χρησιμοποιούνται. Οι προεκτάσεις της αλυσίδας είναι συνήθως χαμηλού βάρους diol ή διαμίνες ενώ χρησιμοποιούνται επίσης και οι υδροξυ-αμίνες. Πολλά συστήματα RIM ελαστομερών βασίζονται σε απλά diols διότι αυτά δίνουν αρκετές ιδιότητες για πολλές εφαρμογές μαζί με επαρκή περιθώρια ανοχής για την παραγωγή μικρών και μεγάλων εξαρτημάτων.

Επίσης, σε πολλές εφαρμογές ικανοποιητικά αποτελέσματα δίνει η χρήση των συστημάτων των diols όταν σκληρύνονται σε θερμοκρασία δωματίου. Οι αρωματικές διαμίνες στις προεκτάσεις των αλυσίδων βοηθούν στην παρακολούθηση των ταχέως αντιδρώντων RIM συστημάτων με τον ελάχιστο χρόνο απασχόλησης του καλουπιού, αλλά λόγω του γεγονότος ότι ο υψηλός βαθμός αντίδρασης συνοδεύεται από μια αύξηση του ιξώδους του μίγματος, η παραγωγή μεγάλων εξαρτημάτων απαιτεί μηχανές υψηλής απόδοσης. Η χρήση των διαμινικών προεκτάσεων της αλυσίδας παρουσιάζει επίσης και κάποια πρακτικά πλεονεκτήματα. Ωστόσο, ένα σύστημα που περιέχει αρωματικές διαμίνες συχνά απαιτεί υψηλή αναλογία του polyol/isocyanate συστατικού σε σχέση με τα συστήματα που έχουν diol προεκτάσεις. Αυτή η υψηλότερη αναλογία είναι πλεονεκτικότερη όταν έχουμε την προσθήκη μεγάλων ποσοτήτων ένθετων όπως οι ίνες γυαλιού ή τα ρινίσματα γυαλιού. Κι' αυτό γιατί στην πράξη, τα ενισχυτικά του γυαλιού μπορούν να προστεθούν μόνο στα polyol συστατικά και το σύστημα polyol/isocyanate μειώνει τη συγκέντρωση των ένθετων που απαιτείται για ορισμένο ποσοστό ενίσχυσης. Μίγματα από πολυαιθέρες και διαμίνες είναι λιγότερο πιθανό να διαχωριστούν σε σχέση με αυτά που περιέχουν απλές γλυκόλες. Τα RIM ελαστομερή με βάση τις διαμίνες από την άλλη πλευρά, ίσως απαιτούν μια επιπλέον σκλήρυνση σε

θερμοκρασία υψηλότερη από αυτή του δωματίου για να αποκτήσουν τις ιδανικές φυσικές ιδιότητες τους και τα ελαστομερή που παράγονται έχουν μεγαλύτερη τάση να ξεβάψουν υπό την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας σε σχέση με αυτά που έχουν γλυκόλες στις προεκτάσεις της αλυσίδας τους.

Τα προαναμιγνυόμενα, διμερή συστήματα RIM που είναι διαθέσιμα καλύπτουν την παραγωγή των μαλακών έως και των σκληρών υλικών με υψηλή σκληρότητα ή όρια κάμψης. Αυτά τα προϊόντα καλύπτουν το κενό μεταξύ των μαλακών ελαστικών και των άκαμπτων πλαστικών ή μετάλλων. Τα RIM ελαστομερή έχουν επαρκή ελαστικότητα και σκληρότητα για αντίσταση στη καταστροφή, αλλά παρουσιάζουν δυσκαμψία για να αντικαταστήσουν τα μεταλλικά φύλλα σε εφαρμογές όπου η αντίσταση στη κρούση και τη διάβρωση είναι σημαντική.

Η ακαμψία και η σκληρότητα των εξαρτημάτων που κατασκευάζονται από RIM ελαστομερή εξαρτάται όχι μόνο από τις ιδιότητες του ίδιου του ελαστομερούς, αλλά και από το πάχος και τη γεωμετρία του κομματιού. Τα RIM συστήματα πάντα τροποποιούνται έτσι ώστε να προκαλούν διόγκωση στο καλούπι για να εξασφαλίσουν καλό ορισμό της επιφάνειας. Το τελειωμένο κομμάτι αποτελείται από δύο υψηλής πυκνότητας επιφάνειες που περιβάλλουν ένα πυρήνα χαμηλότερης πυκνότητας και ελαφρά πρησμένο (φουσκωμένο). Η συνολική πυκνότητα που παρατηρείται στους περισσότερους RIM σχηματισμούς, εξαρτάται από το πάχος του υπό κατασκευήν κομματιού διότι, καθώς μειώνεται το πάχος αυξάνεται η πυκνότητα του υλικού. Γι' αυτό τα λεπτά τμήματα είναι σκληρότερα και η μεγαλύτερη πυκνότητα τείνει να αντισταθμίσει την μείωση της σκληρότητας που προέρχεται από την μείωση του πάχους του κομματιού.

Οι ιδιότητες των RIM ελαστομερών μπορούν να τροποποιηθούν με τη χρήση των ένθετων. Ένθετα όπως το θειικό βάριο χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των καλυμμάτων των μηχανών Diesel για την απορρόφηση του θορύβου και στα κιβώτια ταχυτήτων των φορτηγών και άλλων οχημάτων. Όμως τα πιο σημαντικά ένθετα που χρησιμοποιούνται με τα RIM ελαστομερή είναι οι μικρές ίνες και τα στρώματα από κομμένες ίνες γυαλιού ή νιφάδες γυαλιού. Αυτά τα ένθετα αυξάνουν τη σκληρότητα, τη διαστατική σταθερότητα και τη θερμοκρασία παραμόρφωσης των RIM ελαστομερών. Επίσης, μειώνουν το συντελεστή γραμμικής διαστολής λόγω θέρμανσης και καθιστούν το υλικό περισσότερο συμβατό με τη μεταλλική δομή του οχήματος. Η έρευνα σ' αυτό το πεδίο κατέληξε σε υλικά τα οποία αντέχουν στις υψηλές θερμοκρασίες βαφής δίχως παραμορφώσεις και τα οποία ονομάζονται ενισχυμένα RIM υλικά (RRIM). Αυτά αντέχουν σε θερμοκρασίες γύρω στους 150°C για 4 κύκλους διάρκειας 30 λεπτών.

Τα ενισχυμένα με ίνες γυαλιού RIM συστήματα (RRIM) χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές στα αυτοκίνητα όπως είναι τα πλαίσια για τις πόρτες, τα φτερά και τα καπάκια διότι τα εξαρτήματα από RRIM καλύπτουν τις ανάγκες της αυτοκινητοβιομηχανίας. Αυτές οι ανάγκες συνοψίζονται στις παρακάτω:

- Τελείωμα επιφάνειας 'Ποιότητας Α'.
- Δεν παραμορφώνονται κατά την έκθεση τους στη θερμοκρασία βαφής.
- Διατηρούν καλή αντίσταση στη κρούση για ένα εύρος θερμοκρασιών από -29°C έως +70°C.
- Επιδέχονται τις βαφές του αμαξώματος.
- Έχουν χαμηλό συντελεστή θερμικής διαστολής.

Όλα αυτά τα στοιχεία πρέπει να επιτευχθούν με τον κατάλληλο συνδυασμό των ενισχύσεων με μικρές ίνες ή την μερική ενίσχυση των

RIM ελαστομερών. Ο δημοφιλέστερος τύπος ινών γυαλιού που χρησιμοποιείται στη RRIM πολυουρεθάνη είναι οι τριμμένες ίνες. Τα τυπικά υλικά έχουν νήμα μήκους από 0.1 έως 0.3 mm, ανάλογα με την κατεργασία της επιφάνειας και με διανομή του μήκους από 0.01 έως 1.0 mm.

Έχει γίνει σημαντική δουλειά για τον ορισμό των ιδανικών συνδυασμών μεταξύ των πολυουρεθανικών χημικών στοιχείων, των τύπων των ινών, την κατεργασία της επιφάνειας και των μεθόδων της διαδικασίας. Καθώς αυξάνει το μήκος των ινών, ταυτόχρονα αυξάνεται και το ιξώδες του υγρού με τις διασκορπισμένες ίνες. Το μέτρημα, η διοχέτευση και η ανάμιξη των αιωρημάτων γίνονται ακόμη πιο δύσκολα. Όμως, λιγότερη ποσότητα ενίσχυσης απαιτείται για την απόκτηση ενός δεδομένου βαθμού ενίσχυσης, όταν το μήκος των ινών που χρησιμοποιούνται είναι μεγαλύτερο από το κρίσιμο μήκος.

Η ενίσχυση με ίνες γυαλιού παρέχει αξιοσημείωτο αποτέλεσμα στο συντελεστή γραμμικής θερμικής διαστολής. Το αποτέλεσμα είναι καλύτερο κατά την διεύθυνση της ροής του υγρού κατά το γέμισμα του καλουπιού, γιατί οι ίνες προσανατολίζονται σύμφωνα με την διεύθυνση της ροής του υγρού κατά τη πλήρωση του καλουπιού. Ο βαθμός του προσανατολισμού τείνει να αυξηθεί ανάλογα με το μέσο όρο του μήκους των ινών και είναι μεγαλύτερος για τα λεπτά κομμάτια. Για αυτό τα RRIM εξαρτήματα είναι ανισότροπα.

Η ανισοτροπία των RRIM εξαρτημάτων είναι σημαντικός παράγοντας για το σχεδιασμό του εξαρτήματος και του καλουπιού. Επηρεάζει τη τοποθέτηση της πύλης εισόδου του υλικού στο καλούπι. Καθώς η συστολή που παρατηρείται στο εξάρτημα όταν αυτό βρίσκεται πλέον εκτός του καλουπιού είναι ανισότροπη, είναι απαραίτητη η χρήση πρότυπων καλουπιών για την τελική διαμόρφωση του σχήματος του εξαρτήματος. Δεδομένου ότι η συστολή των RIM εξαρτημάτων είναι

περίπου από 1.0 έως 1.2%, η συστολή που σημειώνεται στα RRIM εξαρτήματα κυμαίνεται από 0.3 έως 1.0% και εξαρτάται από το προσανατολισμό των ινών του γυαλιού. Η ανισοτροπική συστολή μειώνεται με τη μερική αντικατάσταση των ενισχυτικών ινών του γυαλιού από νιφάδες γυαλιού και μαρμαρυγία.

Η επίδραση της ενίσχυσης με ίνες γυαλιού στην αντοχή σε κάμψη είναι μικρή. Και οι δύο τύποι των ινών, τριμμένες και κομμένες, προκαλούν μείωση της τάξης του 5-10% της αντοχής σε κάμψη, συγκρινόμενες με τα βασικά RIM υλικά χωρίς ενίσχυση. Από την άλλη πλευρά, το μήκος της θραύσης μειώνεται περισσότερο με την προσθήκη των ενισχυτικών ινών, ειδικότερα στα συστήματα που έχουμε καλύτερη προσκόλληση του γυαλιού με το ελαστομερές. Η μείωση του μήκους θραύσης είναι μεγαλύτερη κατά τη διεύθυνση ροής του υγρού και είναι αντιστρόφως ανάλογη της αύξησης του ελαστικού ορίου όταν υπάρχει καλή σύνδεση του γυαλιού με το πολυουρεθανικό ελαστομερές. Κατά την απουσία του δεσμού αυτού η μείωση του μήκους που παρατηρείται είναι λιγότερη.

Οι νιφάδες του γυαλιού προσανατολίζονται στη κατεύθυνση ροής του υγρού καθώς γεμίζει το καλούπι, για την επίπεδη ενίσχυση του. Αυτό βελτιώνει την σκληρότητα και μειώνει το συντελεστή θερμικής διαστολής του εξαρτήματος χωρίς υπερβολική ανισοτροπία. Αυτό βοηθά στην εξασφάλιση της καλής τοποθέτησης του κομματιού και με την μείωση της ανισοτροπικής συστολής σε σύγκριση με την ινώδη ενίσχυση, δίνει ένα διαμορφωμένο κομμάτι απαλλαγμένο από εντάσεις και με βελτιωμένη ποιότητα επιφάνειας.

1.4.10.α Τάσεις στη χρήση των RIM και RRIM

Η ραγδαία εξέλιξη, κυρίως στη χρήση του RRIM, επιβεβαιώνει τα κατασκευαστικά πλεονεκτήματα της διαδικασίας σε σχέση με τις

παλαιότερες μεθόδους. Τα καλούπια και οι πρέσες είναι ελαφρύτερες σε σχέση με αυτές που χρησιμοποιούνται για την έγχυση των θερμοπλαστικών ή την μορφοποίηση μεταλλικών φύλλων. Τα μεγάλα και περίπλοκα εξαρτήματα από RRIM είναι απαλλαγμένα από καταπονήσεις. Τα σημάδια στην εσωτερική επιφάνεια των RIM εξαρτημάτων δεν είναι σημαντικά, ενώ αντίθετα αυτό αποτελεί πρόβλημα στα θερμοπλαστικά εξαρτήματα.

Ένας σημαντικός παράγοντας για την αύξηση της χρήσης των RRIM διαμορφώσεων είναι η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας που παρατηρείται κατά τη διαδικασία. Η ταχεία αντίδραση των παραλλαγών του MDI με τους πολυαιθέρες που περιείχαν στην αλυσίδα τους αμίνες και αρωματικές διαμίνες, χωρίς τη προσθήκη καταλυτών, καταλήγει σε παραγωγή 60 εξαρτημάτων ανά καλούπι κάθε ώρα. Ένα δεύτερο και σημαντικό πλεονέκτημα, είναι η υψηλή σκληρότητα και η μεγάλη αντίσταση στη θερμότητα που προέρχεται από την ευθυγράμμιση των τμημάτων των πολυουρικών συστημάτων.

Ίσως η πιο επαναστατική εφαρμογή, είναι η χρήση των πλαισίων από RRIM διαμορφωμένη πολυουρεθάνη για την αντικατάσταση των χαλύβδινων πλαισίων. Το μοντέλο της General Motor's Pontiac Fiero αποτελείται από ένα μεταλλικό περίγραμμα με πλαστικά εξωτερικά πλαίσια. Το SMC χρησιμοποιήθηκε για την οροφή και για το κάλυμμα της μηχανής, αλλά τα ελαστομερή της RRIM πολυουρεθάνης χρησιμοποιήθηκαν για τα μπροστινά και πίσω πλαίσια, στα φτερά και στις πόρτες λόγω της μεγάλης αντίστασης του στη πρόσκρουση. Μετά από την είσοδο του Fiero η χρήση της πολυουρίας RIM και RRIM για τη κατασκευή προφυλακτήρων και πλαισίων εξαπλώθηκε στις Η.Π.Α. Παρόλο που η χρήση των ελαστομερών της RIM και RRIM πολυουρεθάνης έχει αναδειχθεί μέσα από την βιομηχανία του αυτοκινήτου, πλέον υπάρχουν και άλλες εφαρμογές εκεί όπου απαιτείται

η αντοχή των υλικών στη καταστροφή. Παραδείγματα τέτοια είναι η χρήση των RRIM καλυμμάτων και πλαισίων στις χορτοκοπτικές μηχανές και στα μηχανήματα χιονιού και η χρήση των εξαρτημάτων από RIM στο βαρύ εξοπλισμό των γραφείων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^Ο ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ

2.1 Διαδικασία διαμόρφωσης με αντίδραση / έγχυση RIM (Reaction Injection Molding)

2.1.1 Γενικά περί της διαδικασίας

Η διαμόρφωση με αντίδραση - έγχυση (RIM) είναι μια αποδεδειγμένη τεχνολογική διαδικασία που ικανοποιεί τις ανάγκες της παραγωγής, όπως αυτές ορίζονται από την αυτοκινητοβιομηχανία προκειμένου να παραχθούν μεγάλα και περίπλοκα εξαρτήματα. Πρόκειται για μια διαδικασία στην οποία δυο μονομερή σε υγρή κατάσταση αναμιγνύονται σε ένα δοχείο ανάμιξης με εφαρμογή υψηλών πιέσεων, θερμοκρασία κοντά σε αυτή του περιβάλλοντος και ρευστότητα κάτω των 500cps. Στην συνέχεια το μίγμα αυτό ρέει υπό χαμηλή πίεση μέσα σε ένα καλούπι. Η αντίδραση ολοκληρώνεται μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα για να δημιουργηθεί το επιθυμητό σχήμα και μέγεθος. Οπότε, η τεχνολογία RIM περιλαμβάνει το χημικό μετασχηματισμό καθώς και το μηχανισμό της διαδικασίας.

Η αντίδραση RIM συστατικών μπορεί να ελεγχθεί επακριβώς δίχως σχηματισμό παραπροϊόντων. Αυτά τα συστήματα έχουν επίσης ενδιαφέρουσα μορφολογία. Είναι πολυμερή τύπου (A-B)_n που αποτελούνται από σκληρά και μαλακά τμήματα. Ποικιλία στον τομέα της μορφολογίας επιτυγχάνεται μέσω της αλλαγής των συστατικών που ορίζουν τη τελική σκληρότητα σε ένα ευρύ φάσμα φυσικών ιδιοτήτων.

Η διαδικασία αυτή αναπτύχθηκε αρχικά για τις πολυουρεθάνες ανεξάρτητα από την μορφή τους. Τα συστήματα RIM εφαρμόστηκαν και με άλλα μονομερή υγρά, αλλά κανένα δεν κατάφερε να προσεγγίσει το ποσοστό επιτυχίας της πολυουρεθάνης. Τα προϊόντα RIM διαφέρουν

από τα υπόλοιπα πλαστικά υλικά λόγω του ότι δεν τα προμηθεύονται μέσα σε σάκους αλλά το τελικό προϊόν παράγεται κατ' ευθείαν από το μονομερές.

Η χρήση της RIM επεκτάθηκε πολύ τα τελευταία χρόνια. Οι αιτίες της ραγδαίας αυτής εξάπλωσης συνοψίζονται στα ακόλουθα:

1) Υπάρχει η δυνατότητα παραγωγής μεγάλων εξαρτημάτων. Με τις κλασσικές μηχανές τα εξαρτήματα τα οποία κατασκευάζονται είναι έως και 10 kg. Τα μεγαλύτερα εξαρτήματα απαιτούν ειδικές μηχανές υψηλής απόδοσης και μια περιθωριακή αύξηση του κόστους.

2) Η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας που χρειάζεται για τη διαδικασία RIM, η οποία είναι χαμηλότερη από κάθε άλλη εναλλακτική διαδικασία διαμόρφωσης.

3) Το χαμηλό κόστος εξοπλισμού, αφού για τα μεγάλα εξαρτήματα η διαδικασία απαιτεί σχετικά ελαφριά καλούπια, χαμηλές πιέσεις σύσφιξης και χρησιμοποιούνται ελαφριές πρέσες. Ο εξοπλισμός της διαδικασίας RIM κοστίζει λιγότερο από τον αντίστοιχο εξοπλισμό που απαιτείται για την έγχυση των θερμοπλαστικών.

4) Τα λεπτά τμήματα μορφοποιούνται εύκολα ώστε να αποκτήσουν την επιθυμητή μορφή με το ελάχιστο κόστος υλικών.

5) Η εκπληκτική επιφάνεια που επιδέχεται βαφή των εξαρτημάτων που διαμορφώθηκαν με τη διαδικασία RIM επιτρέπει την επίτευξη μιας επιφάνειας ποιότητας “Α”. Οι επιφάνειες είναι απαλλαγμένες από σημάδια.

6) Η πιστή αναπαραγωγή περίπλοκων εξαρτημάτων και περίπλοκων σχεδίων. Το χαμηλό ιξώδες του αντιδρώντος μίγματος και η διαστολή για την παραγωγή ενός κυψελοειδούς πυρήνα εξασφαλίζει την καλή επαφή των περίπλοκων καλουπιών με τις επιφάνειες.

7) Τα εξαρτήματα που παρήχθησαν με τη διαδικασία RIM εμφανίζουν μικρότερη τάση σε σχέση με τα θερμοπλαστικά που κατασκευάστηκαν με έγχυση να παρουσιάσουν σημάδια στην επιφάνεια τους όταν αυτά περιέχουν ένθετα ή ραβδώσεις.

8) Τα ένθετα και οι ενισχύσεις εύκολα συνεργάζονται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας RIM. Τα ένθετα που τοποθετούνται στο καλούπι διαβρέχονται με το χαμηλού ιξώδους αντιδρών μίγμα και μετατρέπονται σε ολοκληρωμένα μέρη του εξαρτήματος.

9) Τα ελαφριά, δίχως καταπονήσεις RIM κομμάτια, μικρά ή μεγάλα, είναι απαλλαγμένα από την ανάγκη χρήσης δαπανηρών συστημάτων επιπλέον θέρμανσης.

10) Η οικονομική παραγωγή αφού η διαδικασία RIM παρουσιάζει υψηλούς ρυθμούς παραγωγικότητας. Αυτό αποτελεί και τον κύριο πόλο έλξης για τα μεγάλα κομμάτια.

11) Η βαφή κατά την διαμόρφωση καταλήγει σε ένα χρώμα το οποίο είναι χημικά συνδεδεμένο με το εξάρτημα και είναι ιδιαίτερα ανθεκτικό στη καταστροφή.

Τα πλεονεκτήματα των RIM υλικών μπορούν να αξιολογηθούν με βάση τις διάφορες απαιτήσεις απόδοσης των πλαισίων. Αυτές είναι:

1) Ένα υψηλό όριο (150000-350000 psi) που να παρέχει την απαραίτητη σκληρότητα στο υλικό για να υποστηρίξει τον εαυτό του στατικά και δυναμικά.

2) Καλή διαστατική σταθερότητα στις υψηλές θερμοκρασίες για να μειώσει τις παραμορφώσεις κατά την διάρκεια των χειρισμών που ακολουθούν το στάδιο της διαμόρφωσης (βαφή, σκλήρυνση, κ.τ.λ).

3) Καλή απόδοση σε πρόσκρουση για ένα μεγάλο φάσμα θερμοκρασιών.

4) Ένα συντελεστή γραμμικής θερμικής διαστολής (CLTE) σχετικά κοντά σε εκείνο του αντίστοιχου μετάλλου. Επιπλέον, ένας χαμηλός συντελεστής CLTE είναι απαραίτητος για να αντέξει το κομμάτι σε επαναλαμβανόμενη έκθεση σε υψηλές και χαμηλές θερμοκρασίες, καθώς και σε υγρασία χωρίς να παρουσιάσει δυσάρεστη παραμόρφωση.

5) Επιφάνεια ποιότητας A σε βαμμένα και άβαφα εξαρτήματα.

6) Ικανότητα να επεξεργάζεται εύκολα ώστε να επιτρέπει υψηλούς ρυθμούς παραγωγικότητας εξαρτημάτων δίχως ελαττώματα. Αυτό απαιτεί αντοχή για σύντομο χρόνο διαμόρφωσης (30 δευτερόλεπτα) και εξαιρετική ικανότητα ροής, αφού τα εξωτερικά πλαίσια είναι συνήθως λεπτά.

7) Η ικανότητα να αποδίδουν σωστά όταν χρησιμοποιούνται διάφορα μέσα κατά τη διαμόρφωση. Αυτό επιτρέπει μια ουσιαστική αύξηση της παραγωγικότητας παράλληλα με μείωση των άχρηστων τεμαχίων λόγω ατελειών.

1) Οι προαναφερθέντες απαιτήσεις είναι βασικές για την υψηλή παραγωγικότητα αποδεκτών εξαρτημάτων. Οι πολυουρεθάνες RIM εύκολα μπορούν να ανταποκριθούν σε αυτές τις απαιτήσεις και να προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα έναντι των μεταλλικών και πλαστικών εξαρτημάτων.

2.1.2 Στάδια της διαδικασίας RIM

Τα εξαρτήματα από RIM πολυουρεθάνη συνήθως παρασκευάζονται χρησιμοποιώντας δύο υγρά χημικά συστατικά, ένα polyol μίγμα και ένα MDI-based isocyanate μίγμα. Τα στάδια αυτής της διαδικασίας είναι τα ακόλουθα :

1) Η προετοιμασία των δύο υγρών χημικών στοιχείων, π.χ. προσαρμόζοντας τη θερμοκρασία στα ιδανικά πλαίσια, αφαιρώντας τον

παγιδευμένο αέρα (ή αέριο) από το εσωτερικό και ελέγχοντας το επίπεδο των μη διαλυμένων αερίων.

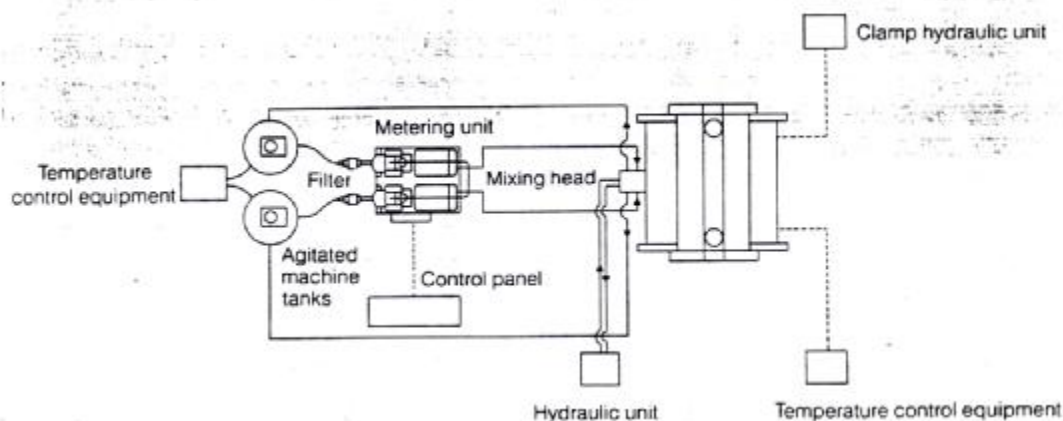
- 2) Η μέτρηση της σωστής ποσότητας των συστατικών.
- 3) Η ανάμιξη των απαιτούμενων ποσοτήτων των συστατικών σε μια μικρή, αυτοκαθαριζόμενη και με διόδους αναμικτική κεφαλή, έτσι ώστε να πάρουμε το απαιτούμενο ενεργό μίγμα.
- 4) Η έγχυση του ενεργού μίγματος στο καλούπι μέσω μιας ειδικά σχεδιασμένης πύλης εισαγωγής, ώστε να εμποδίζεται η τύρβη και να αποφεύγεται ο εγκλωβισμός του αέρα στο εσωτερικό του καλουπιού.
- 5) Ο χρόνος που ακολουθεί είναι απαραίτητος για τον πολυμερισμό και την επαρκή ολοκλήρωση της διαμόρφωσης, ώστε να έχουμε μια ομαλή εξαγωγή του εξαρτήματος από το καλούπι.
- 6) Η αποσύνδεση / εξαγωγή του εξαρτήματος από το καλούπι.
- 7) Ο χρόνος που απαιτείται για την επαναφορά του εξαρτήματος στις κανονικές συνθήκες θερμοκρασίας, ώστε να είναι κατάλληλο για την παραπέρα κατεργασία του χωρίς να υπάρχει ο κίνδυνος μόνιμων παραμορφώσεων.
- 8) Επιπλέον κατεργασία, αν απαιτείται, για το τελείωμα και την παραγωγή του τελικού εξαρτήματος.

2.1.3 Μηχανή RIM

2.1.3.α Περιγραφή της μηχανής

Η εικόνα 2.1 δείχνει το σχεδιάγραμμα μιας RIM μηχανής η οποία είναι συνδεδεμένη με ένα μόνο καλούπι. Στην πραγματικότητα αυτές οι μηχανές εξυπηρετούν περισσότερα από ένα καλούπια και διαθέτουν περισσότερες κεφαλές ανάμιξης. Το βασικό κομμάτι της μηχανής αυτής αποτελείται από δυο δεξαμενές που περιέχουν τα υγρά χημικά

συστατικά, δύο μετρητικές αντλίες και τουλάχιστον μια κεφαλή ανάμιξης μαζί με ένα βοηθητικό υδραυλικό σύστημα, ηλεκτρονικούς ή ηλεκτρικούς ελέγχους και την μονάδα ελέγχου της θερμοκρασίας και για τα χημικά συστατικά και για το καλούπι.



Εικόνα 2.1 Μηχανή RIM

Οι δεξαμενές της μηχανής είναι κλειστά δοχεία από τα οποία τα συστατικά μπορούν να διοχετευτούν κάτω από πίεση από τις μετρητικές αντλίες. Οι δεξαμενές βρίσκονται υπό πίεση με την βοήθεια ξηρού αέρα ή αζώτου. Είναι επίσης εφοδιασμένες με ένα σύστημα ελέγχου της θερμοκρασίας και με μεταλλικούς αναμίκτης για να εμποδίσουν το διαχωρισμό των συστατικών και να διατηρήσουν τη προκαθορισμένη θερμοκρασία. Οι δεξαμενές που προορίζονται για συνεχή παραγωγή, συνήθως εφοδιάζονται με αυτόματο επαναφορτιστή ώστε να διατηρούν σταθερό το επίπεδο των υγρών συστατικών που περιέχουν.

Η μέθοδος RIM χρησιμοποιεί σύστημα μέτρησης υπό πίεση, για τα συστατικά isocyanate και polyol με μικρά, ανθιστάμενα ακροφύσια (opposed nozzles), στη προσπάθεια να υπάρξει υψηλή ταχύτητα εισβολής του υγρού δημιουργώντας ταυτόχρονα μεγάλη τύρβη στη μικρή κεφαλή ανάμιξης. Το μέτρημα υπό υψηλή πίεση συνήθως γίνεται με

αντλίες που περιέχουν είτε αξονικά είτε ακτινικά έμβολα διότι αυτά δίνουν την απαιτούμενη ακρίβεια στη μέτρηση με ασταθή αποτελέσματα. Τέτοιες αντλίες είναι ικανοποιητικές για ανάμιξη με ανθιστάμενα ακροφύσια σε απλά αναμικτικά δοχεία συστημάτων χαμηλού ιξώδους, κυρίως για συστήματα δύο συστατικών που απαιτούν αναλογία ανάμιξης 1 / 1. Η ανάγκη συνεργασίας των ένθετων είτε σε μορφή ινών είτε σε μορφή ξεχωριστών σωματιδίων, και η εισαγωγή συστημάτων με μεγαλύτερο ιξώδες, οδήγησε στην ανάπτυξη εναλλακτικών μετρητικών συστημάτων χρησιμοποιώντας ένα μετρητικό κύλινδρο, συνήθως υδραυλικό. Η συσκευή εκτόπισματος, ιδίως όταν σχεδιάζεται για χρήση με συστατικά που περιέχουν ένθετα, συνήθως έχει μια σταθερή ταχύτητα που ελέγχεται από ένα σύστημα επανατροφοδότησης του υδραυλικού κινητήρα, ή διαφορετικά μπορεί να γίνεται μηχανικά μέσω ηλεκτρονικά ελεγχόμενων κινητήρων στην προσπάθεια να εξασφαλίσουν ακριβή μέτρηση. Μηχανές με εκτόπισμα 8kg/sec χρησιμοποιούνται στην μέθοδο RRIM.

Η πρόοδος στο τομέα της ανάμιξης ικανοποίησε την ανάγκη επανακυκλοφορίας των συστατικών στο χρονικό διάστημα μεταξύ δυο διαδοχικών εκτοπισμάτων, στη προσπάθεια βελτίωσης του ελέγχου της θερμοκρασίας και στη αποφυγή κατακάθισης των αδιάλυτων πρόσθετων. Επίσης κάλυψε την ανάγκη εξαφάνισης της χρήσης διαλυτικών και/ ή συμπιεσμένου αέρα για τον καθαρισμό της κεφαλής. Παράλληλα μειώθηκε η απώλεια υλικού και, για ορισμένα είδη εξαρτημάτων, έγινε εφικτή η κατασκευή τους από χαμηλού ιξώδους πολυουρεθανικά συστήματα. Η χρήση ενός υδραυλικού εμβόλου για την εκτόξευση του υπόλοιπου μίγματος από την κεφαλή ανάμιξης στο τέλος του κύκλου υιοθετείται, αλλά ο καθαρισμός των βαλβίδων και ο έλεγχος τους, καθώς

και η γεωμετρία του αναδευτήρα διαφέρουν από κατασκευαστή σε κατασκευαστή.

Διάφοροι αυτοκαθαριζόμενοι αναδευτήρες διατίθενται σε μεγέθη τα οποία είναι σχεδιασμένα για συγκεκριμένους ρυθμούς ροής, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά ροής των υλικών που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν. Οι προμηθευτές των πολυουρεθανικών συστημάτων θα πρέπει να ενημερώνονται σχετικά με την καταλληλότητα του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται για την επεξεργασία των υλικών τους. Η αποδοτικότητα των μικρών αναδευτήρων στηρίζεται στη δημιουργία υψηλής τύρβης στο εσωτερικό της κεφαλής ανάμιξης. Το μέγεθος της τύρβης βασίζεται στην κινητική ενέργεια των υγρών που εισέρχονται στην κεφαλή και αυτό είναι συνάρτηση του ρυθμού ροής, το μέγεθος των ακροφυσίων και των χαρακτηριστικών ροής των συστατικών. Για να γίνει μια σωστή ανάμιξη είναι απαραίτητη η μέτρηση υπό υψηλή πίεση. Για ένα καλό ρυθμό ροής, η απόδοση της ανάμιξης θα επιδεινωθεί με την αύξηση του μεγέθους των ακροφύσιων και με την αύξηση του ιξώδους των συστατικών. Συνεπακόλουθο είναι το γεγονός ότι η απόδοση της ανάμιξης μειώνεται με την μείωση της θερμοκρασίας των συστατικών. Επίσης, τείνει να επιδεινωθεί καθώς η αναλογία μεταξύ των χημικών συστατικών του μίγματος αυξάνει πέρα από την ιδανική τιμή 1 / 1. Τα συστήματα RIM και RRIM που βασίζονται στα διάφορα MDI, όταν χρησιμοποιούνται σε εξοπλισμό ο οποίος διαθέτει πιέσεις μέτρησης από 100 έως 200 Bar, απαιτούν επιπλέον αναδευτήρες μεταξύ του σώματος και της πύλης του καλουπιού.

Ένας τυπικός μεταναδευτήρας, έχει δύο βασικές λειτουργίες : διαιρεί και επανασυνδέει τη ροή του ενεργού μίγματος μέσω πολλών μικρών αναδευτήρων, στη προσπάθεια να ολοκληρώσει την ανάμιξη των συστατικών και συλλέγει τα τυχόν υπολείμματα του υλικού που έχουν

προκύψει, ειδικά σε αναμίξεις μεγάλων ποσοτήτων υλικού ή εκεί όπου τα συστατικά διαφέρουν πολύ ως προς το ιξώδες τους.

Το ενεργό μίγμα πρέπει να εισέλθει στο καλούπι με ροή είτε κατά στρώματα είτε χωρίς τύρβη ώστε να αποφευχθεί η εισροή αέρα και να διασφαλιστεί η υψηλή ποιότητα και η ομαλότητα της επιφάνειας. Η δημιουργία ροής κατά στρώματα είναι αποτέλεσμα της πύλης εισόδου στο καλούπι. Κατά καιρούς χρησιμοποιήθηκαν διάφοροι τύποι εισόδου στο καλούπι. Ο καταλληλότερος τύπος εισόδου για την ελαστομερική RIM πολυουρεθάνη είναι μια είσοδος με πλάτος τόσο ώστε να διατηρεί την ταχύτητα ροής κάτω από το όριο στο οποίο παρατηρείται τύρβη και έχουμε την εισαγωγή παγιδευμένου αέρα. Η κρίσιμη τιμή της ταχύτητας κυμαίνεται από 2 έως 4 m/s και εξαρτάται από την γεωμετρία του εξαρτήματος, το ιξώδες του RIM συστήματος και την θερμοκρασία του, το τελείωμα της επιφάνειας και τη θερμική αγωγιμότητα του καλουπιού. Η αγωγιμότητα του υλικού κατασκευής του καλουπιού επηρεάζει τον βαθμό της θερμικής αγωγιμότητας στο ενεργό μίγμα και επίσης το ιξώδες και το ρυθμό αντίδρασης του. Αυτές οι πύλες βρίσκονται πάντα στην διαχωριστική γραμμή του καλουπιού και μπορούν να έχουν σχήμα έλικας, αλλά για μεγάλα και λεπτά εξαρτήματα καλύτερα αποτελέσματα επιφέρει η χρήση της πύλης τύπου κορδέλας (ribbon gate).

Απεναντίας, τα μικρά εξαρτήματα μπορούν να διαμορφωθούν με τη χρήση πολλαπλών καλουπιών με απλές κυλινδρικές εισόδους εγχύσεως. Εάν οι κοιλότητες των καλουπιών σε ένα σύστημα πολλαπλών καλουπιών έχουν όλες την ίδια χωρητικότητα, καλύτερα να τοποθετηθούν συμμετρικά γύρω από την μοναδική είσοδο έτσι ώστε να έχουν την ίδια απόσταση. Επίσης, τα μικρά εξαρτήματα που περιέχουν διαφορετικά τμήματα μπορούν να κατασκευασθούν με τα πολλαπλά

καλούπια ισορροπώντας τις εισόδους έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ομοιόμορφη ροή σε όλα τα καλούπια.

Ο σωστός σχεδιασμός του καλουπιού έχει βασική σημασία για την οικονομική παραγωγή των RIM εξαρτημάτων. Στη συνέχεια αναφέρονται οι πιο σημαντικοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν κατά τον σχεδιασμό του καλουπιού.

2.1.3.β Υλικά

Η εκλογή των υλικών για την κατασκευή του καλουπιού εξαρτάται από τον αριθμό των εξαρτημάτων που θα κατασκευασθούν, το είδος και την ποιότητα της επιφάνειας του εξαρτήματος, τον απαιτούμενο ρυθμό παραγωγής ανά καλούπι και την πιθανότητα μελλοντικής τροποποίησης του καλουπιού. Τα μέταλλα είναι τα πιο ανθεκτικά υλικά για τα καλούπια και λόγω της υψηλής θερμικής τους αγωγιμότητας, είναι η καλύτερη λύση για τα ιδιαίτερος ενεργά RIM συστήματα. Καλούπια από epoxy ρητίνες και καλούπια με μεταλλικά epoxy ένθετα, είναι αρκετά ανθεκτικά για τα RIM συστήματα και εύκολα τροποποιούνται. Η χρήση τους όμως περιορίζεται στη κατασκευή του πρωτότυπου και για μικρές παραγωγές. Αυτό κυρίως οφείλεται στο γεγονός ότι η ποιότητα της επιφάνειας και η ταχύτητα απελευθέρωσης των RIM συστημάτων είναι ανάλογη της ποιότητας της επιφάνειας του καλουπιού και του ελέγχου της θερμοκρασίας της επιφάνειας του καλουπιού. Το τελευταίο είναι ιδιαίτερος σημαντικό για τα συστήματα RIM τα οποία έχουν εξωθερμική αντίδραση. Η θερμότητα που εκλύεται από αυτή τη εξώθερμη αντίδραση πρέπει να απομακρυνθεί από την επιφάνεια διαμόρφωσης.

Οι επιφάνειες των καλουπιών σχετίζονται με την επιφάνεια του μετάλλου όσον αφορά την ποιότητα, την ανθεκτικότητα και τον εύκολο έλεγχο της θερμοκρασίας. Όμως, η μικρή ανθεκτικότητα των επιφανειών με epoxy ρητίνες κατά την θέρμανση, σε συνδυασμό με την χαμηλή

θερμική αγωγιμότητα τους συχνά οδηγούν σε προβλήματα κατά την απελευθέρωση του εξαρτήματος από το καλούπι. Τα μεταλλικά καλούπια κατασκευάζονται από κράματα χάλυβα, αλουμινίου και ψευδαργύρου, βηρυλλίου / χαλκού και νικελίου / χαλκού. Ο επεξεργασμένος χάλυβας, που αποπερατώνεται είτε με γυάλισμα, είτε με επιχρωμίωση, είτε με επινικέλωση, είναι το πιο ανθεκτικό υλικό για τη κατασκευή καλουπιών και δεν παρουσιάζει προβλήματα κατά την απελευθέρωση.

Μια εσωτερική επιφάνεια καλουπιού πολύ καλής ποιότητας επιτρέπει την διαμόρφωση ορισμένων εξαρτημάτων RIM δίχως την εφαρμογή μέσων απελευθέρωσης στην επιφάνεια του καλουπιού. Τα χαλύβδινα καλούπια που χρησιμοποιήθηκαν για μαζική παραγωγή δίνουν από 100.000 έως 200.000 διαμορφώσεις. Το επεξεργασμένο, σφυρήλατο αλουμίνιο είναι λιγότερο ανθεκτικό αλλά δίνει καλή απελευθέρωση και ευκολότερο έλεγχο της θερμοκρασίας σε σχέση με τα άλλα μέταλλα και έχει το πλεονέκτημα ότι έχει μικρό βάρος. Η χαμηλή πυκνότητα του αλουμινίου μπορεί να μειώσει σημαντικά το κόστος χειρισμού πολύ μεγάλων καλουπιών. Καλούπια από κράμα ψευδαργύρου (kirksite) έχουν μεγάλο βάρος. Αυτά παρέχουν καλή απελευθέρωση και καλό τελείωμα επιφάνειας και με μια σωστή συντήρηση έχουν όριο ζωής έως και 50.000 διαμορφώσεις. Αυτά τα καλούπια είναι ευκολότερο να επιδιορθωθούν σε σχέση με τα υπόλοιπα μεταλλικά καλούπια. Τα καλούπια από χυτό αλουμίνιο είναι σχετικά φθηνά αλλά κρίθηκαν μη ικανοποιητικά για RIM διαμορφώσεις λόγω του πορώδους και της τραχύτητας της επιφάνειας τους. Το χυτό αλουμίνιο όμως, είναι ικανοποιητικό για χαμηλής πυκνότητας RIM αφρό και για άλλα προϊόντα τα οποία επικαλύπτονται πριν τη χρήση τους.

Άλλες τεχνικές κατασκευής καλουπιών περιλαμβάνουν τη χρήση ψεκασμένων μεταλλικών κελιών από GRP ή μέταλλο και τη χρήση

σιλικόνης και πολυουρεθανικών ελαστομερών. Και οι τρεις τεχνικές θα δώσουν ένα ακριβές αντίτυπο των επιφανειών με χαμηλό κόστος, αλλά η ανθεκτικότητα της επιφάνειας του καλουπιού είναι περιορισμένη. Η διάρκεια ζωής αυτών των καλουπιών εξαρτάται μέχρι ενός σημείου από την αντιδραστικότητα του RIM χημικού συστήματος, ιδίως από το βαθμό σκλήρυνσης της επιφάνειας. Γενικά, το ψεκασμένο μέταλλο, η σιλικόνη και τα ελαστομερή της πολυουρεθάνης δεν είναι κατάλληλα για τη διαμόρφωση των σκληρών RIM ελαστομερών και κυρίως της πολυουρίας RIM, γιατί η θερμότητα που εκλύεται από την ισχυρή εξώθερμη αντίδραση προκαλεί ρήξεις στην επιφάνεια του καλουπιού. Τα καλούπια με ψεκασμένο μέταλλο δίνουν από αρκετές εκατοντάδες έως λίγες χιλιάδες εξαρτήματα από αφρό, γεγονός που εξαρτάται από τη προσοχή που δίνεται κατά την απελευθέρωση και τον καθαρισμό του καλουπιού, καθώς η ψεκασμένη με μέταλλο επιφάνεια είναι ιδιαίτερος απαλή και εύκολα καταστρέφεται. Τα καλούπια με σιλικόνη είναι συνήθως ικανοποιητικά για τη παραγωγή 100-200 εξαρτημάτων που φτιάχνονται από εύκαμπτο αφρό. Τα καλούπια που είναι εσωτερικά επενδεδυμένα με χυτά ελαστομερή πολυουρεθάνης είναι πιο ανθεκτικά και επιτρέπουν την κατασκευή μέχρι και 1000 εξαρτημάτων.

2.1.3.γ Έλεγχος της θερμοκρασίας

Ο έλεγχος της θερμοκρασίας του καλουπιού είναι πολύ σημαντικός για την υλοποίηση αναπαραγόμενων διαμορφώσεων με ίδιες ιδιότητες, υψηλής ποιότητας επιφάνεια και καλή απελευθέρωση από το καλούπι. Και τα δύο μισά του καλουπιού πρέπει να συμπεριλαμβάνουν σωλήνες για την κυκλοφορία του υγρού ψύξης, συνήθως νερού. Τα καλούπια γεμίζονται στην ελεγχόμενη θερμοκρασία των 50-70°C ανάλογα με το RIM σύστημα που χρησιμοποιείται, το περιεχόμενό του και την αγωγιμότητα του καλουπιού. Θερμοκρασίες πάνω από 70°C ίσως είναι

απαραίτητες για ορισμένα συστήματα RIM πολυουρίας. Τα ενιαία εξαρτήματα συνήθως κατασκευάζονται με θερμοκρασία καλουπιού από 40°C έως 50°C. Η θερμοκρασία της επιφάνειας του καλουπιού πρέπει να είναι ομοιόμορφη. Η διαδικασία RIM είναι μια εξώθερμη διαδικασία, ένα τυπικό σύστημα απελευθερώνει θερμότητα 50kcal/kg υλικού, το οποίο κυρίως σε λεπτά υλικά, απορροφάται από το καλούπι. Η ομοιομορφία της ψύξης του καλουπιού είναι ακόμα πιο σημαντική στην προσπάθεια αποφυγής της δημιουργίας θερμών σημείων κατά την παραγωγή. Ο ρυθμός απομάκρυνσης της θερμότητας από το καλούπι θα επηρεάσει το χρόνο αποσύνδεσης και τον ρυθμό παραγωγής. Η γρήγορη και ομοιόμορφη ψύξη είναι ιδιαίτερος σημαντική στη RIM πολυουρία.

2.1.3.δ Αερισμός του καλουπιού

Ο επαρκής αερισμός του καλουπιού είναι βασικός για να επιτρέψουμε στον αέρα που βρίσκεται μέσα στο καλούπι να διαφύγει καθώς το καλούπι γεμίζει με το μίγμα. Ο χρόνος της έγχυσης κυμαίνεται από ένα έως μερικά δευτερόλεπτα, ανάλογα με το μέγεθος του εξαρτήματος και το χημικό σύστημα. Τα καλούπια αερίζονται μέσω της γραμμής που ξεκινά από την πύλη εισόδου. Αυτή η μέθοδος επιτρέπει έναν επαρκή αερισμό ώστε να αποφευχθεί ο εγκλωβισμός του αέρα στο εσωτερικό και ελαχιστοποιεί την εκτόπιση της πολυουρεθάνης μέσω του αερισμού, γιατί το ενεργό μίγμα μετατρέπεται σε ένα παχύρρευστο πολυμερές μέχρι να φθάσει στο υψηλότερο σημείο.

2.1.3.ε Η αντίσταση και ο χειρισμός του καλουπιού

Τα καλούπια για RIM και RRIM σχεδιάζονται για σχετικά χαμηλές πιέσεις συγκρινόμενες με αυτές που απαιτούνται για την διαμόρφωση με έγχυση των θερμοπλαστικών. Η μέγιστη πίεση που αναπτύσσεται στην

RIM πολυουρεθάνη είναι συνήθως λιγότερη από 4bar, παρόλο που παρατηρήθηκαν πιέσεις των 12bar κατά την κατασκευή μεγάλων κομματιών με ενίσχυση ινών γυαλιού στα εργαστήρια της ICI. Τα μικρά καλούπια και τα πρότυπα καλούπια μπορούν να στηριχθούν σε ένα άκαμπτο πλαίσιο με την βοήθεια αρμών και συνδέσεων με πείρους για το άνοιγμα και το κλείσιμο του καλουπιού. Οι συνδέσεις με πείρους και άλλες συσκευές κλεισίματος με μοχλό δεν είναι ικανοποιητικές για χρήση στην παραγωγή, πλην των μικρών καλουπιών, εκτός αν βασίζονται σε ένα πνευματικό ή υδραυλικό σύστημα για εξασφάλιση της απαραίτητης δύναμης κλεισίματος. Οι συνδέσεις του καλουπιού που σχεδιάστηκαν για χρήση στη RIM, συχνά εφοδιάζονται με μέσα διαχώρισης του καλουπιού σε ένα ή δύο επίπεδα, είτε χειροκίνητα είτε αυτόματα, κατά την διάρκεια ή αμέσως μετά την ολοκλήρωση του γέμισματος ώστε αυτό να βοηθήσει στον αερισμό και το γέμισμα του καλουπιού. Μεγάλες συνδέσεις συνήθως χρησιμοποιούνται για να παρουσιάσουν το ανοικτό καλούπι στον χειριστή με τρόπο που να βοηθά στην απελευθέρωση του εξαρτήματος, την εξέταση των επάνω και κάτω επιφανειών του καλουπιού και την εφαρμογή των ουσιών απελευθέρωσης στην επιφάνεια του καλουπιού.

2.1.3.στ Αποδέσμευση από το καλούπι

Συνήθως είναι απαραίτητη η εφαρμογή μέσων απελευθέρωσης στο καλούπι σε μια προσπάθεια αποφυγής της προσκόλλησης του τελικού εξαρτήματος στην επιφάνεια του καλουπιού. Το μέσο απελευθέρωσης είναι πιο αποτελεσματικό με τον ψεκασμό του ανοικτού καλουπιού. Τα συνήθη μέσα είναι μικροκρυσταλλικά κεριά διασκορπισμένα σε διαλύτες. Ο χειριστής πρέπει να προστατεύεται από την εισπνοή αερίων των μέσων απελευθέρωσης ή των ατμών του διαλύτη που παράγονται κατά την εφαρμογή των μέσων αυτών. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας

επιβάλλεται ο εξαερισμός των αερίων που απαιτεί η χρήση isocyanate, και είναι απαραίτητος ο έλεγχος του συστήματος για την απομάκρυνση οποιονδήποτε ατμών που δημιουργούνται με την εφαρμογή των μέσων απελευθέρωσης. Διαφορετικά, μια αναπνευστική μάσκα είναι απαραίτητη για τον εξοπλισμό του χειριστή.

Επιπλέον, με το μικροκρυσταλλικό και/ή πολυαιθυλενικό κερί, κάποιες συνθέσεις περιέχουν πρόσθετα συμπεριλαμβανομένης και της σιλικόνης. Αυτές είναι χρήσιμες στην εξάπλωση ενός λεπτού στρώματος του μέσου στην επιφάνεια του καλουπιού και στην παρεμπόδιση του πολυουρεθανικού ενεργού μίγματος από την διαπότιση της επιφάνειας του καλουπιού. Τα πρόσθετα που περιέχουν σιλικόνη ποτέ δεν πρέπει να χρησιμοποιηθούν όταν τα RIM εξαρτήματα πρόκειται να βαφούν. Κι' αυτό επειδή ένα μικρό ποσοστό των βοηθημάτων αυτών μεταφέρεται στην επιφάνεια του εξαρτήματος. Τα βοηθητικά μέσα που περιέχουν κερί απομακρύνονται από το εξάρτημα πριν τη βαφή με πλύσιμο χρησιμοποιώντας απολυμαντικά ή διαλύτες, αλλά οι σιλικόνες απομακρύνονται πολύ δύσκολα και αναμιγνύονται με τη βαφή.

Έχει γίνει σημαντική δουλειά στην προσπάθεια να αποφευχθεί η ανάγκη χρήσης των μέσων απελευθέρωσης. Το ζητούμενο δεν είναι απλά η αύξηση της ταχύτητας με την οποία προχωρά η διαδικασία, αλλά η βελτίωση της ομοιομορφίας και της ποιότητας της επιφάνειας των διαμορφωμένων εξαρτημάτων. Η χρήση ενός μέσου σε ένα RIM καλούπι μπορεί να επηρεάσει την αναπαραγωγικότητα των λεπτομερειών της επιφάνειας και να απαιτήσει συχνό καθαρισμό κατά την διάρκεια της παραγωγής. Η χρήση των βοηθητικών μέσων με κερί δεν είναι παγκοσμίως εφαρμόσιμη, αλλά διάφορες τεχνικές είναι διαθέσιμες για την αποφυγή ή την απομάκρυνση των μέσων από συγκεκριμένες περιοχές.

2.1.3.ζ Σχεδιασμός καλουπιού

Για την κατασκευή εύκαμπτου αφρού χρησιμοποιήθηκαν καλούπια από λεπτό και εν κενώ κατεργασμένο φύλλο πολυστυρενίου ή πολυπροπυλενίου. Αυτά τα σχέδια καλουπιών είναι κατάλληλα για την κατασκευή εξαρτημάτων με επίπεδες επιφάνειες.

2.1.3.η Επικάλυψη

Ένα στρώμα της βαφής μεταφέρεται από το καλούπι στο υπό κατασκευή εξάρτημα. Αυτή η τεχνική χρησιμοποιήθηκε αρχικά στα RIM ενιαία αφρώδη εξαρτήματα (εύκαμπτα και άκαμπτα) και τώρα εφαρμόζεται στα εξωτερικά τμήματα του αυτοκινήτου που κατασκευάζονται από RIM και RRIM ελαστομερή πολυουρεθάνης. Το μεταφερόμενο στρώμα βαφής δένει χημικά με τη RIM πολυουρεθάνη και αποδίδει εξαιρετική αντίσταση κατά την πρόσκρουση.

Υπάρχουν πολυμερικές επικαλύψεις οι οποίες μειώνουν την χρήση της επιφάνειας του καλουπιού. Έχουν όμως περιορισμένη εφαρμογή. Για παράδειγμα, οι λεπτές επικαλύψεις ελαστομερικής σιλικόνης χρησιμοποιούνται σε ορισμένες διαμορφώσεις αφρών και για την εν ψυχρώ διαμόρφωση των εύκαμπτων RIM αφρών.

2.1.3.θ Χημικά συστήματα πολλαπλής απελευθέρωσης

Αυτά είναι ταχείας αντίδρασης συστήματα πολυουρίας RIM και πολυουρεθάνης που περιέχουν πρόσθετα και μέσα επιτάχυνσης της απελευθέρωσης της επιφάνειας του εξαρτήματος. Χρησιμοποιούνται στα χαλύβδινα καλούπια με θερμοκρασία επιφάνειας γύρω στους 70°C και επιτρέπουν αρκετές απελευθερώσεις με μια μόνο εφαρμογή του μέσου. Πάνω από 1000 απελευθερώσεις είναι εφικτές με μια μόνο εφαρμογή του μέσου ανάλογα με την αντιδραστικότητα του χημικού συστήματος, το σχήμα και το τελείωμα της επιφάνειας του καλουπιού.

2.2 Διαδικασία διαμόρφωσης κατά φύλλα (SMC)

2.2.1 Γενικά για την διαδικασία

Τα ενισχυμένα με γυαλί πλαστικά GRP (Glass Reinforced Plastics) του 1950 ήταν οι υγρές ρητίνες, το epoxy και οι ακόρεστοι πολυεστέρες, τα οποία φτιάχτηκαν προκειμένου να ενισχυθεί η σύνθεση πριν τη διαδικασία cure. Οι ενώσεις SMC χρησιμοποιήθηκαν στα λειτουργικά τμήματα του αυτοκινήτου, όπως τα μπροστινά και πλευρικά πλαίσια για αρκετά χρόνια. Με τη σωστή διαμόρφωση και κατεργασία το SMC έπαιξε ουσιαστικό ρόλο στη κατασκευή των πιο απαιτητικών δομικών εξαρτημάτων.

Μέσα από μια πληθώρα υλικών, εξοπλισμού και τεχνικών μπορεί να παραχθεί μια οικογένεια SMC υλικών. Τα βασικά συστήματα αυτής είναι το SMC-R, το SMC-D και το SMC-C, όπου το "R" σημαίνει τυχαία (Random), το "D" σημαίνει κατευθυντικά (Directional) και το "C" σημαίνει συνεχή (Continuous) και δηλώνουν τη διαμόρφωση της ενίσχυσης που χρησιμοποιείται. Ο συνδυασμός των ινών επιτρέπει το σχηματισμό και άλλων υλικών όπως το SMC-C/R και το SMC-D/R.

Το SMC παρέχεται ως φύλλα ακόρεστων ινών γυαλιού με πολυεστερικές ρητίνες συγχωνεύοντας έναν καταλύτη και συνήθως έναν επιπρόσθετο αδρανές ένθετο. Διαμορφώνεται μεταξύ θερμαινόμενων μεταλλικών καλουπιών υπό πίεση. Η παραγωγή παρόλο που δεν συγκρίνεται με τη διαμόρφωση των μετάλλων (steel pressing) ή με την injection molding είναι αρκετά μεγάλη.

Παρόλο που οι πιο πολλές SMC δομές βασίζονται σε παραδοσιακούς πολυεστέρες με τυχαίες ματ ίνες, υπάρχουν σήμερα πολλές ποικιλίες διαθέσιμες: κάποιες είναι βασισμένες στους βινυλεστέρες και άλλοι περιέχουν μικρή ποσότητα θερμοπλαστικών. Η

δομή τους σχεδιάστηκε για εφαρμογές όπου απαιτείται υψηλή ακαμψία όπως π.χ. οι προφυλακτήρες, οι οποίοι μπορεί να περιέχουν περίπου 60% μη προσανατολισμένες ίνες γυαλιού. Αντιπροσωπευτικοί σχεδιασμοί απέδειξαν πως οι στατικές μηχανικές ιδιότητες εξαρτώνται από τη περιεκτικότητα του γυαλιού, τον προσανατολισμό και τη θερμοκρασία ελέγχου.

Βασισμένοι σε ισάξια λειτουργία αυτά τα συστήματα είναι ελαφρύτερα από τα αντίστοιχα μεταλλικά και γενικά πιο φθηνά όσον αφορά τις πρώτες ύλες. Η διαδικασία SMC έχει πολλά πλεονεκτήματα, από τα οποία τα πιο κύρια είναι η μείωση του βάρους, η αντίσταση στη διάβρωση, η ευλυγισία στο σχεδιασμό και ο συντομότερος χρόνος επεξεργασίας. Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι το χαμηλό κόστος των εργαλείων, το οποίο ελαχιστοποιείται για μικρές παραγωγές. Αρκετές μέθοδοι έχουν επινοηθεί για την βελτίωση της ποιότητας επιφάνειας προσθέτοντας πίεση και επιταχύνοντας την διαδικασία, αλλά έως τώρα οι πιο σημαντικές δημοσιεύσεις για την αυτοκινητοβιομηχανία αφορούν την ανάπτυξη της SMC.

Ιστορικά, το σημαντικότερο πρόβλημα το οποίο περιόρισε τη χρήση αυτής της διαδικασίας ήταν η κακής ποιότητας επιφάνεια των εξαρτημάτων που παράγονται με τη μέθοδο αυτή. Τρεις είναι οι παράγοντες που συνηγορούν στην ποιότητα της επιφάνειας: η κυμάτωση, το πορώδες και οι φυσαλίδες. Κανένας από αυτούς τους παράγοντες δεν εξαλείφτηκε, αλλά έχει σημειωθεί σημαντική τεχνική πρόοδος από την βιομηχανία και το μέλλον διαγράφεται ευοίωνο.

2.2.2 Στάδια διαμόρφωσης SMC

Η διαδικασία SMC πρέπει να αντιμετωπιστεί ως ένα σύστημα και όχι σαν ένα υλικό το οποίο πρόκειται να αντικαταστήσει τον χάλυβα. Η θεώρηση του SMC σαν ένα σύστημα απαιτεί τον έλεγχο των ακόλουθων

περιοχών: α) σχεδιασμός και ανάλυση, β) εκλογή υλικών, γ) σχεδιασμός διαμόρφωσης, δ) σύνθεση μίγματος, ε) συσκευή και στ) βαφή.

2.2.2.α Σχεδιασμός και ανάλυση

Ο σχεδιασμός και η δομική ανάλυση του εξαρτήματος είναι βασικά στοιχεία. Τα σύνθετα υλικά δεν έχουν καμία σχέση με τα μέταλλα και για αυτό το λόγο δεν μπορεί να γίνει πιστή αντιγραφή του εξαρτήματος.

Κατά το σχεδιασμό ενός SMC εξαρτήματος είναι σημαντικό να δοθεί έμφαση στο τρόπο σταθεροποίησης του. Επίσης, πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν ότι το σχέδιο πρέπει να είναι λειτουργικό και διαμορφώσιμο. Καλό είναι να αποφεύγεται ο συνδυασμός περίπλοκων εξαρτημάτων και να μη προστίθενται επιπλέον εξαρτήματα για ενίσχυση εάν και εφόσον δεν κρίνονται απαραίτητα.

Υπάρχουν πολλά παραδείγματα του τρόπου με τον οποίο ο σχεδιασμός επιδρά στη ποιότητα των εξωτερικών πλαισίων των αμαξωμάτων. Αυτό που πρέπει να αναγνωριστεί είναι ότι οι συνθέσεις, όπως και τα μέταλλα, έχουν μοναδικά χαρακτηριστικά τα οποία πρέπει να γίνουν αντιληπτά. Η σωστή εκμετάλλευση των χαρακτηριστικών αυτών επιδρά θετικά στη ποιότητα του εξαρτήματος. Εάν γίνει κάποιο λάθος κατά το σχεδιασμό του προγράμματος, τότε οι τροποποιήσεις στα υλικά και στη διαδικασία δεν πρόκειται να λύσουν τα προβλήματα που θα προκύψουν αργότερα.

Ο σωστός σχεδιασμός είναι κάτι παραπάνω από τη σχεδίαση κάποιων γραμμών σε ένα κομμάτι χαρτί. Κάθε σχέδιο μπορεί να έχει κρυφές παγίδες. Ο καλύτερος τρόπος αποφυγής των παγίδων αυτών είναι η ανάλυση και η δοκιμή του σχεδίου. Η τελική ανάλυση των στοιχείων και η προτυποποίηση μπορούν να βοηθήσουν στη βελτίωση της ποιότητας και της απόδοσης του εξαρτήματος. Επίσης, η τελική ανάλυση

των στοιχείων αποτελεί τον καλύτερο τρόπο εξασφάλισης ενάντια στα προβλήματα που αντιμετωπίζουν τα εξαρτήματα.

2.2.2.β Επιλογή υλικών

Μετά τον σχεδιασμό του εξαρτήματος η επιλογή των υλικών είναι σημαντική. Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα των σύνθετων υλικών είναι η ελαστικότητα. Για παράδειγμα, διάφοροι συνδυασμοί από γυαλί, ρητίνες και ένθετα στη σύνθεση SMC είναι πιθανοί. Ο προσανατολισμός της ενίσχυσης του γυαλιού ασκεί σημαντική επίδραση στη ποιότητα του εξαρτήματος. Η σωστή επιλογή του συστήματος ρητινών και ενίσχυσης με γυαλί μπορεί επίσης να επιδράσει στην τελική ποιότητα του εξαρτήματος και για αυτό χρειάζεται να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή σ' αυτή.

Το σημείο κλειδί είναι η ποικιλία των συνδυασμών των υλικών που είναι διαθέσιμη να ικανοποιήσει τα standards. Πρέπει να διατίθεται χρόνος για να γίνει η κατάλληλη επιλογή των υλικών που ανταποκρίνονται στις ανάγκες. Πολλές προηγούμενες αποτυχίες που περιλάμβαναν πλαστικά ή συνθέσεις σε εφαρμογές στα αυτοκίνητα οφείλονταν σε εσφαλμένη επιλογή υλικών. Τα υλικά δεν ήταν άχρηστα, απλά δεν ταιριάζανε στην εφαρμογή και στα standards της απόδοσης που ήταν απαραίτητα για να ικανοποιήσουν την ποιότητα και το κόστος.

2.2.2.γ Σχεδιασμός του καλουπιού

Τώρα, αφού επιλέγει το κομμάτι και έχει ολοκληρωθεί ο σχεδιασμός του και η επιλογή του υλικού κατασκευής του, πρέπει να επιλεγεί ο τρόπος διαμόρφωσης του. Κατά την διάρκεια αυτού του σταδίου πρέπει να επικεντρωθεί το ενδιαφέρον σε ζητήματα ποιότητας. Εάν απαιτείται το τελικό κομμάτι να έχει ποιότητα πρέπει να αγοραστούν ακριβά εργαλεία.

Η σωστή θέρμανση κατά την επεξεργασία SMC σχετίζεται με την τελική ποιότητα του εξαρτήματος. Μια αντικειμενική ματιά και ένα λεπτομερές σχέδιο για τις γραμμές θέρμανσης που θα ακολουθηθούν

κατά την διάρκεια της διαμόρφωσης αποδεικνύουν την ανάγκη για σωστή εκμετάλλευση χρόνου. Οι συμβατικές τεχνικές συνήθως κατέληγαν σε ανώμαλες θερμοκρασίες διαμόρφωσης μετά από ένα παρατεταμένο κύκλο επεξεργασίας. Αυτό μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στην απόδοση, στην επιφάνεια και παρατεταμένους κύκλους σκλήρυνσης οι οποίοι θα μειώσουν την παραγωγικότητα.

2.2.2.δ Σύνθεση

Μια από τις ευκαιρίες για βελτίωση της ποιότητας των SMC εξαρτημάτων είναι η ικανότητα σύνθεσης τους σε ομοιόμορφες και υψηλής ποιότητας δημιουργίες. Οι μεταβλητές της σύνθεσης που επιδρούν στην ποιότητα του τελικού εξαρτήματος είναι το βάρος του φύλλου, το ποσοστό του γυαλιού που περιέχεται στη σύνθεση και το πάχος του εξαρτήματος.

Η παρούσα διαδικασία σύνθεσης SMC χρειάζεται βελτίωση προκειμένου να ελέγχονται οι μεταβλητές αυτές. Κάποια σημεία της διαδικασίας αυτής δεν προσφέρονται για έλεγχο με τις καθιερωμένες μεθόδους και απαιτούν μοναδικές λύσεις όσον αφορά προβλήματα μέτρησης και ελέγχου.

Το βάρος ανά μονάδα επιφάνειας για κάθε περιοχή είναι πρωταρχικού ενδιαφέροντος παράμετρος στην σύνθεση SMC. Αφού ο καθορισμός της φόρτισης στη διαμόρφωση με συμπίεση ορίζεται από το βάρος, κάθε αλλαγή στο βάρος του φύλλου θα προκαλέσει αντίστοιχη αλλαγή ή προσθήκη συμπληρωματικών λωρίδων για τη φόρτιση. Κάθε τύπος αλλαγής στη συσκευή φόρτισης μπορεί να προκαλέσει μεταβολές στη ροή, που ίσως επηρεάσουν την απόδοση του εξαρτήματος ή την εμφάνιση της επιφάνειας.

Το γυαλί που περιέχεται στη σύνθεση, μετριέται σαν ποσοστό του βάρους και είναι πιθανόν το δεύτερο πιο σημαντικό χαρακτηριστικό των SMC φύλλων. Οι μεταβολές στη περιεκτικότητα του γυαλιού μπορούν

ευθέως να επηρεάσουν τη διαμορφωθείσα δύναμη και εμφάνιση του εξαρτήματος. Οι μεταβολές αυτές μπορεί να είναι μακράς διάρκειας, να επηρεάζουν ολόκληρο το φύλλο ή κάποια τμήματα του που είναι τυχαία τοποθετημένα στο φύλλο. Όλοι οι τύποι μεταβολών είναι επιζήμιοι και πρέπει να διευθύνονται από διαφορετικά σχεδιαγράμματα ελέγχου. Ο ρυθμός μείωσης του πάχους της πάστας είναι καλά ορισμένος. Το ιξώδες δεν πρέπει να αυξάνεται τόσο γρήγορα, διότι η πάστα δεν μπορεί επαρκώς να απομακρύνει τις ίνες του γυαλιού κατά τη διαδικασία της σύνθεσης. Όσο η καμπύλη ιξώδους - χρόνου βρίσκεται ανάμεσα στα επιθυμητά όρια, το SMC θα είναι ικανό να διαμορφώνεται για ορισμένο χρόνο.

Κάθε FRP εξάρτημα έχει μια αποδεκτή περιοχή του ιξώδες της συγκόλλησης για το SMC από το οποίο διαμορφώνονται αποδεκτά κομμάτια. Η χρονική περίοδος κατά τη διάρκεια της οποίας το ιξώδες της συγκόλλησης βρίσκεται σε αυτή τη περιοχή αποκαλείται "διαμορφωμένο παράθυρο" των υλικών. Η διάρκεια του παραθύρου αυτού καθορίζεται από το ακριβές σχήμα της καμπύλης του ιξώδους για το συγκεκριμένο είδος της συγκόλλησης.

2.2.2.ε Διαμόρφωση

Μετά από την ωρίμανση της σύνθεσης SMC, το επόμενο βήμα περιλαμβάνει τη διαμόρφωση του κομματιού. Σ' αυτό το στάδιο, η ρύθμιση της διαδικασίας και ο έλεγχος είναι ουσιαστικά σημεία. Τα σχέδια φόρτισης και η τοποθέτηση πρέπει να οριστούν επακριβώς. Αυτό ίσως απαιτεί μεγαλύτερη χρήση του αυτοματισμού και της ρομποτικής. Οι πρέσες ποιότητας είναι βασικές και διαθέσιμες σε επαρκή ποικιλία που να καλύπτει όλες τις απαιτήσεις. Η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών υπόσχεται να βελτιώσει τα αποτελέσματα που επιτυγχάνονται με τις συμβατικές πρέσες.

Η χρήση του κύκλου διπλής συμπίεσης στα πρώτα 10-15 δευτερόλεπτα του κύκλου, βρέθηκε ότι βελτιώνει την ποιότητα του εξαρτήματος. Οι περισσότερες από τις συμβατικές πρέσες έχουν αυτή την ικανότητα ή μπορούν να τροποποιηθούν.

Επίσης, σημειώθηκε σημαντική βελτίωση όσον αφορά το χρόνο του κύκλου κατεργασίας. Το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από το διαδοχικό πάτημα των κομβίων μειώθηκε ενώ παράλληλα βελτιώθηκε η παραγωγικότητα χωρίς να θυσιαστεί η ποιότητα.

Νέες υδραυλικές πρέσες με εγκατεστημένη παραλληλότητα και έλεγχο κλειστού δακτυλίου (closed-loop control) βρίσκονται υπό ανάπτυξη. Το πλεονέκτημα του ελέγχου της διαδικασίας που προσφέρεται από αυτόν τον τύπο εξοπλισμού θα θέσει τα standards και θα αναπτύξει τις παραμέτρους ελέγχου της διαμόρφωσης σε συμβατικές πρέσες.

2.2.2.στ Τελείωμα και συναρμολόγηση

Οι διαδικασίες τελειώματος και συναρμολόγησης είναι ο άγνωστος στο σημείο αυτό. Μια περιοχή στην οποία έχει πρόσφατα σημειωθεί αξιόλογη πρόοδος είναι η σύνδεση. Βελτιωμένα υλικά σύνδεσης και διαδικασίες είναι διαθέσιμα. Αυτές οι αλλαγές συνέβαλαν στην ανάπτυξη συσκευών καλύτερης ποιότητας. Όμως, πρέπει να αξιολογηθούν προσεκτικά οι ανάγκες στο τομέα αυτό, ώστε να επιλεγεί το σωστό υλικό και η σωστή διαδικασία για να καλυφθούν οι απαιτήσεις.

Τα μεγαλύτερα προβλήματα που παρατηρούνται κατά το τελείωμα και τη συναρμολόγηση, συνήθως σχετίζονται με την ενσωμάτωση των SMC εξαρτημάτων στις συμβατικές υψηλής θερμοκρασίας γραμμές βαφής, και στις συμβατικές γραμμές συναρμολόγησης. Η έλλειψη σωστού σχεδιασμού μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την ποιότητα του εξαρτήματος.

Για να είναι επιτυχείς οι συνθέσεις πρέπει να είναι αποδοτικές εντός των ορίων των συμβατικών διαδικασιών τελειώματος και συναρμολόγησης. Όμως, ο προσεκτικός σχεδιασμός μπορεί να υιοθετήσει μικρές αλλαγές, οι οποίες υπόσχονται ότι θα βελτιώσουν σημαντικά την ποιότητα του εξαρτήματος δίχως να καθυστερούν την υπάρχουσα παραγωγή ή να αναμειχθούν στη παραγωγικότητα της εγκατάστασης.

Αφού η μεγάλη πρόκληση σ' αυτόν τον τομέα είναι η ανάπτυξη της ικανότητας σύνθεσης ενιαίου, ομοιόμορφου και υψηλής ποιότητας SMC, πρέπει οι πηγές της μεταβολής αυτής να εντοπιστούν ώστε είτε να ελεγχθούν, είτε να εξαφανιστούν.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι βελτίωσης της ποιότητας. Ένας τρόπος προσέγγισης του θέματος είναι μέσω των κύριων μεταβλητών που συμβάλλουν στο SMC υλικό και στην δημιουργία μιας νέας SMC μηχανής που να συνδυάζει τους αισθητήρες και τους ελέγχους προκειμένου να εξαφανίσει αυτές τις μεταβολές.

2.2.3 Μηχανή SMC

Η μηχανή SMC πρέπει να έχει το κατάλληλο μέγεθος για να υποστηρίξει και άλλα αναπτυξιακά προγράμματα. Η βάση αυτού του εξοπλισμού έχει standard 0,91 μέτρα ή 36" πλάτος. Η μηχανή χωρίζεται σε τέσσερα υποομάδες για να επιτρέπει την εύκολη προσάρτηση ή απομάκρυνση των τμημάτων της διαδικασίας. Οι υποομάδες εφοδιάζονται με κυλίνδρους παράλληλα τοποθετημένους σε ράγες για να διατηρούνται ευθύγραμμες.

Η μηχανή SMC αποτελείται από δύο διπλά συμπαγή τμήματα, τα οποία βρίσκονται αριστερά και δεξιά της μεταφορικής ταινίας και τα οποία περιέχουν ένα πλέγμα καλωδίων. Το πλέγμα αυτό είναι

διαφορετικού μεγέθους σε κάθε τμήμα, για να επιτρέπει έτσι την αύξηση της περιοχής απόθεσης του υλικού και την ομαλή διάταξη του επάνω στην μεταφορική ταινία.

Η μεταφορική ταινία μετακινείται με την βοήθεια κυλίνδρων και η ταχύτητα της είναι πλήρως ελεγχόμενη. Στο τέλος της ταινίας υπάρχει μια σειρά από κυλίνδρους συμπίεσης, ανάμεσα από τους οποίους θα περάσει το υλικό που βρίσκεται επάνω στην ταινία. Επιπλέον, η μηχανή εξοπλίζεται με μονάδες διπλής κοπής ινών γυαλιού διαφορετικών αξονικών διαμέτρων, για να παρέχει έτσι την δυνατότητα κοπής ευρείας γκάμας μήκους ινών. Η αξονική περιφέρεια των 30,48 cm θα κοπεί σε μήκος 0,64 cm ενώ η αξονική περιφέρεια των 60,96 cm θα κοπεί σε ίνες μήκους 1,27 cm.

2.2.4 Τύποι SMC συστημάτων

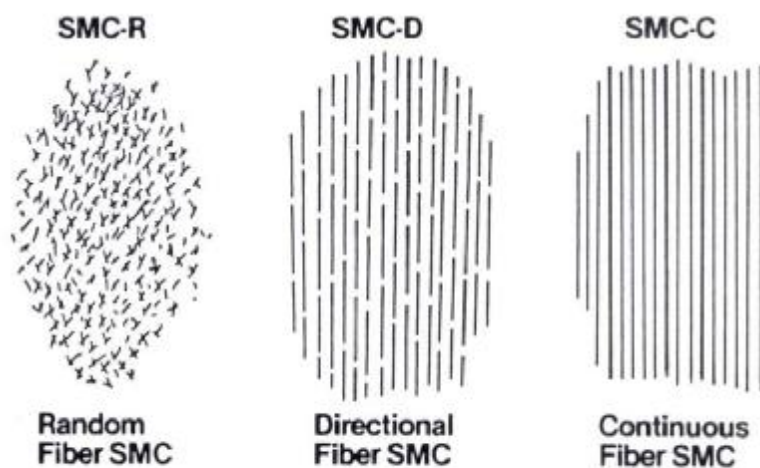
2.2.4.α SMC-R

Το SMC-R εικ 2.2 και 2.3 ορίζεται ως SMC με τυχαία προσανατολισμένες ίνες. Περιέχει ενισχύσεις με ίνες που έχουν μήκος έως 3 ίντσες με τυχαίο σχεδιασμό σε δύο διαστάσεις. Η ονομαστική περιεκτικότητα του γυαλιού δηλώνεται από τον αριθμό που ακολουθεί μετά το γράμμα R π.χ SMS-R50 θα περιέχει 50% ίνες γυαλιού. Η ενίσχυση μπορεί να γίνει με ομοιόμορφο μήκος ή με συνδυασμό διαφόρων μηκών. Το σύνηθες μήκος που χρησιμοποιείται από τις βιομηχανίες είναι 1 in. Η ονομαστική περιεκτικότητα του γυαλιού κυμαίνεται από 30 έως 70 % για δομικές εφαρμογές , αλλά η πλειοψηφία των χρήσεων επικεντρώνεται στο 50% ή και παραπάνω.

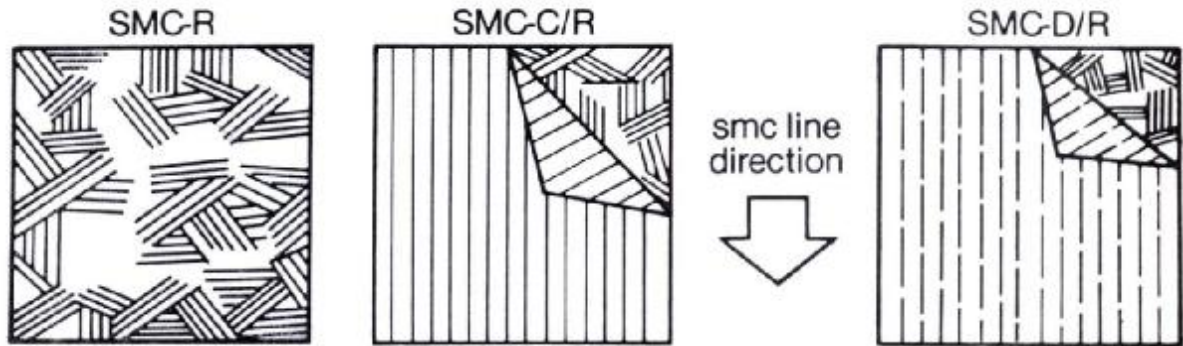
Υλικά - Μία ποικιλία ρητινών όπως πολυεστέρες , εστέρες βινυλίου και εποξικά αξιολογήθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν σε

πειράματα. Όπως π.χ. η E 980 πολυεστερική ρητίνη των Owens-Corning Fiberglass , μία ισοφθαλική πολυεστερική ρητίνη με υψηλή αντιδραστικότητα ειδικά επιλεγμένη για χρήση στο δομικό SMC. Πρόσθετα χαμηλής συστολής μπορούν να ενσωματωθούν στη ρητίνη για εφαρμογές όπως είναι το τιμόνι όπου απαιτείται υψηλός έλεγχος διαστάσεων και παραμορφώσεων. Στην πλειοψηφία των δομικών εφαρμογών , τα χαρακτηριστικά της εξωτερικής επιφάνειας και ο διαστατικός έλεγχος είναι επαρκής χωρίς την χρήση πρόσθετων συστολής.

Ορισμένες ρητίνες εξαρτώνται κατά πολύ από τη περιεκτικότητα του γυαλιού και τις συνθήκες λειτουργίας, καθώς και η υγρασία του γυαλιού παίζει σημαντικό ρόλο. Τα συνήθη πρόσθετα των ρητινών κυμαίνονται από 1,5-1 για 30% γυαλί και 0,5-1,0 για 50% γυαλί. Με περιεκτικότητα σε γυαλί της τάξης των 65% δεν προτείνεται κανένα πρόσθετο.



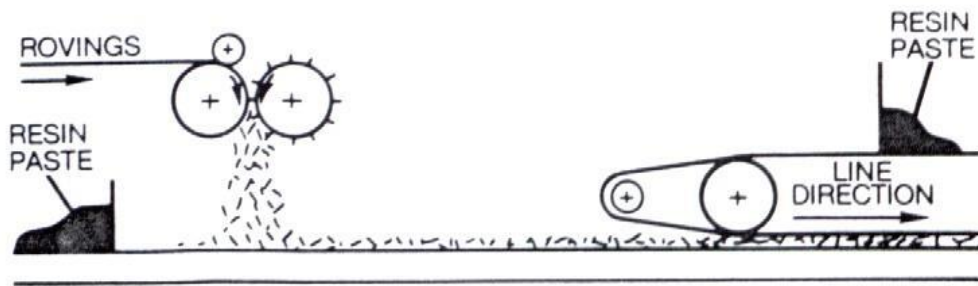
Εικόνα 2.2 Τύποι των ενισχυτικών ινών στα SMC συστήματα



Εικόνα 2.3 Συνδυασμοί των ινών για την παραγωγή των SMC συστημάτων

Μια ποικιλία από οξείδια μετάλλων αλκαλικών γαιών και υδροξείδια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αύξηση της πυκνότητας του SMC πολτού. Η επιλογή ενός συγκεκριμένου πυκνωτικού μέσου εξαρτάται από τον τύπο της ρητίνης, τη περιεκτικότητα των πρόσθετων υλικών και την επιθυμητή τιμή του ιξώδους. Καθώς μειώνεται το πρόσθετο υλικό, μειώνονται οι ρυθμοί συμπύκνωσης και το ιξώδες περιορίζεται σε χαμηλό επίπεδο. Για χαμηλή περιεκτικότητα πρόσθετων υλικών, ως πυκνωτικό μέσο χρησιμοποιείται το οξείδιο του μαγνησίου (MgO), το οποίο πρέπει προσεχτικά να χρησιμοποιηθεί και να αποθηκευτεί έτσι ώστε να εμποδίσουμε τη υδρόλυση.

Διαδικασία - Οι συμβατικές μηχανές SMC χρησιμοποιούνται στην παραγωγή του SMC-R. Ένας πολτός που αποτελείται από ρητίνες, ένθετα, καταλύτες, χημικά συστήματα αποδέσμευσης και πυκνωτικά μέσα, ομοιόμορφα μεταφέρεται στις ειδικές μεταφορικές ταινίες, εικ.2.4.



Εικόνα 2.4 Διαδικασία SMC-R

Πρέπει να δοθεί προσοχή στη παραγωγή του SMC, το οποίο επισταμένα υγραίνεται, για τις υψηλές περιεκτικότητες του γυαλιού. Αυτό ίσως απαιτεί μικρότερη ταχύτητα παραγωγής και μια μείωση του βάρους ανά τετραγωνικό πόδι σε σχέση με αυτό που χρησιμοποιείται για τις παραγωγές με χαμηλότερο ποσοστό γυαλιού. Για περιεκτικότητες 60-70%, τα φύλλα με βάρος έως και 20 ουγκιές ανά τετραγωνικό πόδι (ounces/ft²) παράγονται με ταχύτητα 10-20 πόδια ανά λεπτό (ft/min).

Οι συνθήκες διαμόρφωσης ποικίλουν ανάλογα με τη πολυπλοκότητα του εξαρτήματος. Γενικά, η πίεση κυμαίνεται από 800-1500 λίβρες ανά τετραγωνική ίντσα (psi), ενώ οι θερμοκρασίες διαμόρφωσης κυμαίνονται από 290-310°F. Κάτω από αυτές τις συνθήκες διαμορφώνονται, σχετικά ικανοποιητικά, τα υλικά με τις υψηλότερες περιεκτικότητες.

Το ιξώδες του πολτού του SMC-R30 πολυεστερικών ενώσεων κυμαίνονται από 40-60 εκατομμύρια centipoise, όπως μετρήθηκε από το ιξωδόμετρο HBT του Brookfield. Οι ενώσεις SMC-R50 και SMC-R65 συνήθως διαμορφώνονται με χαμηλότερο ιξώδες. Ένα ιξώδες από 5-15 εκατομμύρια centipoise είναι ικανοποιητικό. Χαμηλότερο ιξώδες έχει ως αποτέλεσμα ένα κολλώδες φύλλο και τον διαχωρισμό της ρητίνης από το

γυαλί κατά τη διαμόρφωση. Υψηλότερο ιξώδες απαιτεί κατά αναλογία και υψηλότερες πιέσεις.

Πλεονεκτήματα και περιορισμοί - Το SMC-R έχει την μεγαλύτερη παραγωγικότητα. Εξαρτήματα διάφορων σχεδίων που περιλαμβάνουν πτερύγια και άξονες στροφών είναι διαμορφώσιμα ακόμα και με υψηλές περιεκτικότητες γυαλιού. Όμως η παρουσία πτερυγίων και αξόνων ίσως απαιτεί τη χρήση μικρότερων ινών και χαμηλών περιεκτικοτήτων σε γυαλί για να διατηρηθεί η καλή κατανομή του γυαλιού.

Το SMC-R βρίσκει εφαρμογή στα εξαρτήματα όπου η ομοιόμορφη αντοχή είναι απαραίτητη. Θεωρείται ισοτροπικό στην αδιαμόρφωτη μορφή του αλλά μετατρέπεται σε ανισοτροπικό καθώς ρέει για διάπλαση. Για να ελαχιστοποιήσουμε τις ανισοτροπικές ιδιότητες του, πρέπει να χρησιμοποιήσουμε μια επιπλέον φόρτιση με μεγαλύτερη κάλυψη. Η παρουσία προσανατολισμού στις ίνες και γραμμών που έχουν υποστεί στρόφη, μπορεί να μετρηθεί κατά ένα ποσοστό με τη διαμόρφωση πολύχρωμων ενώσεων, με αφαίρεση δια της καύσεως των διαμορφωμένων εξαρτημάτων και με τις τεχνικές των ακτινών X. Αυτές οι τεχνικές είναι χρήσιμες προκειμένου να καθοριστεί το σωστό σχέδιο φόρτισης.

Μηχανικές ιδιότητες - α. Ιδιότητες αντοχής σε διάφορες περιεκτικότητες γυαλιού. Το SMC-R δεν έχει κληρονομήσει κατευθυντικά χαρακτηριστικά. Όμως, αυτή η ισοτροπία θυσιάζεται εάν παρουσιαστεί εκτεταμένη ροή.

β. Ιδιότητες σε συνεχώς αυξανόμενες θερμοκρασίες. Είναι απαραίτητο να ληφθούν υπ' όψιν τα στοιχεία που προκύπτουν από την μελέτη λειτουργίας σε θερμοκρασίες κοντά σε εκείνες που συναντώνται σε συγκεκριμένη εφαρμογή.

γ. Οι ιδιότητες του στατικού εφελκυσμού και της ευκαμψίας των ελασμάτων μετρήθηκαν σε ανυψούμενες θερμοκρασίες μετά από σύντομη έκθεση τους για 30 λεπτά, όπως καθορίζουν οι έλεγχοι.

2.2.4.β SMC-C και SMC-C/R

Το SMC-C ορίζεται ως SMC με συνεχής ίνες. Περιέχει ενίσχυση από συνεχής ίνες, τοποθετημένες με μονοφορικό συνεχή τρόπο. Το συνεχών ινών SMC παράγεται σε συνδυασμό με το SMC-C/R με τυχαία τοποθετημένες ίνες.

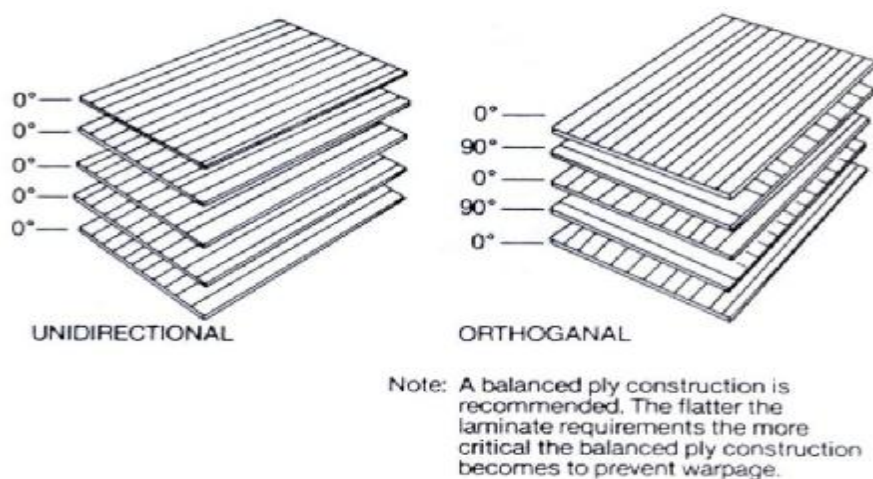
Σ' αυτά τα δύο συστήματα, το ποσοστό της ενίσχυσης μπορεί να αποτελεί έως και 70% του βάρους για τη παραγωγή ενώσεων ειδικά φτιαγμένων για συγκεκριμένες εφαρμογές.

Παραδείγματα συγκεκριμένων τύπων είναι το SMC-C60 με 60% περιεκτικότητα σε ίνες με μονοφορικό σύστημα διάταξης και το SMC-C30/R20 με 30% περιεκτικότητα σε ίνες με μονοφορική διάταξη και 20% ίνες τυχαία τοποθετημένες.

Υλικά - Η χρήση ενίσχυσης με συνεχείς ίνες μπορεί να προκύψει από μια πληθώρα τύπων απόσχισης ή πιθανώς να είναι ένα μονοφορικό σύστημα, που μερικές φορές ονομάζεται "δέσμη". Όταν χρησιμοποιούμε ενίσχυση συνεχών ινών με τυχαία διάταξη (SMC-C/R), υπάρχει η πιθανότητα εμφάνισης υδρικών ενώσεων διαφόρων τύπων ινών, για παράδειγμα S-2 γυαλί και E-γυαλί, γραφίτης και E-γυαλί και aramid και E-γυαλί. Το μεγαλύτερο μέρος της μελέτης προσανατολίστηκε στη χρήση ένθετων γυαλιού, κυρίως του E-γυαλιού.

Πλεονεκτήματα και περιορισμοί - SMC-C: αυτό το σύστημα είναι ικανό να παράγει τις μέγιστες μηχανικές ιδιότητες κατά τη διεύθυνση των ινών, αλλά κάθετα στη διεύθυνση των ινών οι ιδιότητες αυτές έχουν μικρή αξία. Συνδυάζοντας πτυχές σε διάφορες γωνίες μεταξύ τους,

μπορεί να επιτευχθεί μείωση της ανισοτροπίας των μηχανικών ιδιοτήτων και της παρουσίας συγκεκριμένων χαρακτηριστικών ιδιοτήτων που είναι απαραίτητα, κυρίως όρια και συμπύκνωση, εικ. 2.5.



Εικόνα 2.5 Παραδείγματα της επίπεδης κατασκευής με την χρήση του SMC-C

Η στρατηγική τοποθέτηση κομματιών SMC-R μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ενίσχυση συγκεκριμένων περιοχών. Λόγω της μονοφέρειας της ενίσχυσης, ο χειρισμός της ακεραιότητας του φύλλου SMC-C δεν είναι τόσο καλός όσο στο SMC-R. Περιορισμοί στη ροή θα απαιτήσουν 100% κάλυψη της διεύθυνσης των ινών. Κάποιο ποσοστό ροής στην εγκάρσια διεύθυνση πιθανόν να εξαρτάται από το σχήμα του κομματιού και από το σύστημα της ρητίνης που χρησιμοποιείται. Ο συνδυασμός των αξόνων στροφών, πτερυγίων ή άλλων στοιχείων τριών διαστάσεων μέσα στο ίδιο το κομμάτι δεν είναι επιθυμητός.

SMC-C/R: Ο συνδυασμός των τυχαία τοποθετημένων ινών μέσα στο σύστημα SMC-C βελτιώνει τον χειρισμό της διαδικασίας και της φόρτισης κατά τη διαμόρφωση. Υπάρχει μια βελτίωση στις εγκάρσιες μηχανικές ιδιότητες καθώς αυξάνεται το ποσοστό των συνεχών ινών. Προϊόντα με μεγαλύτερο βάρος φύλλου και με το ίδιο ποσοστό γυαλιού

μπορούν πιο εύκολα να παραχθούν, σε σχέση με αυτά με τις μονοφερείς συνεχείς ίνες που προαναφέρθηκαν.

Το ίδιο σχέδιο φόρτισης και οι περιορισμοί στη ροή, με αυτούς που προαναφέρθηκαν για το SMC-C σύστημα, θα επικρατήσουν αλλά σε μικρότερο βαθμό. Το ενδεχόμενο συνδυασμού μικρών αξόνων και πτερυγίων θα βελτιωθεί κάπως, ιδίως όταν αυξηθεί η αναλογία των αποκομμένων ινών.

Εξαρτήματα θα διαμορφώνονται είτε με συνεχείς είτε με τυχαία κομμένες ίνες στην επιφάνεια. Οι τυχαίες ίνες παράγουν πιο ομαλή εμφάνιση, ενώ οι συνεχείς ίνες παρέχουν καλύτερες ιδιότητες ευκαμψίας.

Οι θεωρήσεις που έγιναν για τη παραγωγική διαδικασία του συστήματος με 100% ποσοστό συνεχών μονοφορικών ινών, ισχύουν και σε αυτή τη περίπτωση.

Μηχανικές ιδιότητες - Σημαντικές είναι οι μηχανικές ιδιότητες των συστημάτων SMC-C και SMC-C/R. Τα στοιχεία δείχνουν εκπληκτικές ιδιότητες αντοχής, καθώς η υψηλή διευθυντικότητα συνδυάζεται με τα συστήματα υλικών που διαθέτουν συνεχείς ίνες. Η χρήση συνεχών ινών αυξάνει σημαντικά τις τιμές των ορίων, σε σχέση με αυτές που ισχύουν για τα SMC-R συστήματα με την ίδια περιεκτικότητα σε γυαλί.

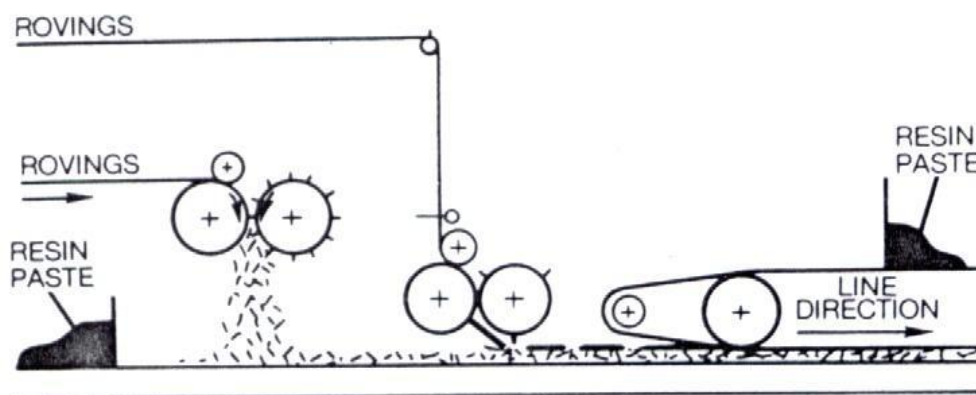
2.2.4.γ SMC-D και SMC-D/R

Το SMC-D ορίζεται σαν SMC με κατευθυντικές ίνες. Περιέχει ίνες με μήκος 4 ή παραπάνω ίντσες σε ένα ασυνεχές μονοφορικό σχέδιο. Θεωρήσεις χειρισμού και λειτουργίας συνήθως απαιτούν το SMC-D να παράγεται σε συνδυασμό με το SMC-D/R με τυχαίες ίνες.

Υλικά - Οι ρητίνες, τα πρόσθετα υλικά, οι ενισχύσεις και τα άλλα υλικά για το SMC-D είναι τα ίδια με εκείνα που αναφέρθηκαν στα SMC-R και SMC-C.

Διαδικασία - Υπάρχουν δυο μηχανικές διαδικασίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παράγουμε τα υλικά SMC-D και SMC-D/R: η εντός παραγωγικής γραμμής και η εκτός παραγωγικής γραμμής. Και οι δύο χρησιμοποιούν μια όμοια άτρακτο κοπής μακριών ινών για να χωρίσουν τη περιστροφή σε μακριά μονοφορικά σχέδια. Τα ελάσματα σε αυτή την άτρακτο ρυθμίστηκαν για να κόβουν ίνες με μεγάλο μήκος σε ένα τυχαίο σχέδιο κοπής.

Σύμφωνα με την παραγωγικής γραμμής εκδοχή, το κοπίδι των ινών με μεγάλο μήκος τοποθετείται στη μηχανή. Συγχρονίζοντας τη περιφερειακή ταχύτητα του κοπιδιού με αυτή του ιμάντα, οι ίνες κόβονται στο κινούμενο τμήμα του φύλλου SMC, έτσι ώστε τα περιστρεφόμενα άκρα καρφώνονται μεταξύ τους, εικ. 2.6.



Εικόνα 2.6 Σχηματική αναπαράσταση της διαδικασίας παραγωγής του SMC-D/R με την χρήση διπλών κοπιδών για την κοπή των ινών

Η εναλλακτική λύση για τη παραγωγή SMC-D/R υλικών είναι μια εκτός παραγωγικής γραμμής εκδοχή, η οποία χρησιμοποιεί καλούπι SMC-C/R. Το φύλλο επιτρέπεται να συμπτυχθεί κατά τρία χιλιοστά

centipoise και παραπάνω από το ιξώδες του πολτού πριν αυτός συμπεριληφθεί στη διαδικασία κοπής.

Τα ελάσματα διεισδύουν στο φιλμ και κόβουν τις συνεχείς ίνες σε προκαθορισμένα μήκη. Έτσι το SMC-C/R μετατρέπεται σε SMC-D/R. Αυτή η διαδικασία μπορεί να επιτευχθεί και με τις συμβατικές μηχανές κοπής/σχισίματος SMC.

Πλεονεκτήματα και περιορισμοί - Ο κυριότερος λόγος για την υιοθέτηση του SMC-D είναι τα βελτιωμένα χαρακτηριστικά που παρουσιάζει σε σύγκριση με το SMC-C. Η κοπή των συνεχών ινών επιτρέπει στο υλικό να ρέει στη διεύθυνση των ινών καθώς και στην εγκάρσια διεύθυνση. Έτσι το σύστημα αυτό παρέχει ένα συμβιβασμό μεταξύ των καλών χαρακτηριστικών ροής του SMC-R και των ανώτερων μηχανικών ιδιοτήτων του SMC-C.

Το SMC-D έχει μια ορισμένη πόλωση κατεύθυνσης, η οποία σχετίζεται με τις μηχανικές ιδιότητες και γι' αυτό πρέπει να χρησιμοποιείται εκεί όπου αυτά τα χαρακτηριστικά θα συμβάλλουν στην απόδοση. Η συγκεκριμένη επιλογή υλικών βασίζεται στις απαιτήσεις του κομματιού και στους περιορισμούς κατά τη διαμόρφωση του. Τυχαία ανοίγματα γίνονται κατά τη διάρκεια της διαμόρφωσης του ελάσματος. Το μέγεθος και οι επιδράσεις τους ελέγχονται από το ποσοστό της ροής που θα λάβει χώρα, το μήκος των ινών που χρησιμοποιούνται, το κλάσμα των μακριών και κοντών ινών που περιέχονται και το συνολικό ποσοστό του γυαλιού.

Μηχανικές ιδιότητες - Η εταιρία Owens-Corning συνεχώς αναζητά διαδικασίες ελέγχου που θα επιτρέψουν μια αντιπροσωπευτική μέτρηση των SMC-D ιδιοτήτων για υψηλές περιεκτικότητες γυαλιού. Η ανησυχία εντοπίζεται στο γεγονός ότι υπάρχουν κάποιες τοπικές ασυνέχειες και οι σχετικά περιορισμένοι έλεγχοι, όπως αυτοί καθορίζονται από τα ASTM

τεστ, μπορεί να μη παρέχουν αληθή αποτελέσματα για τις ιδιότητες των συνθέσεων.

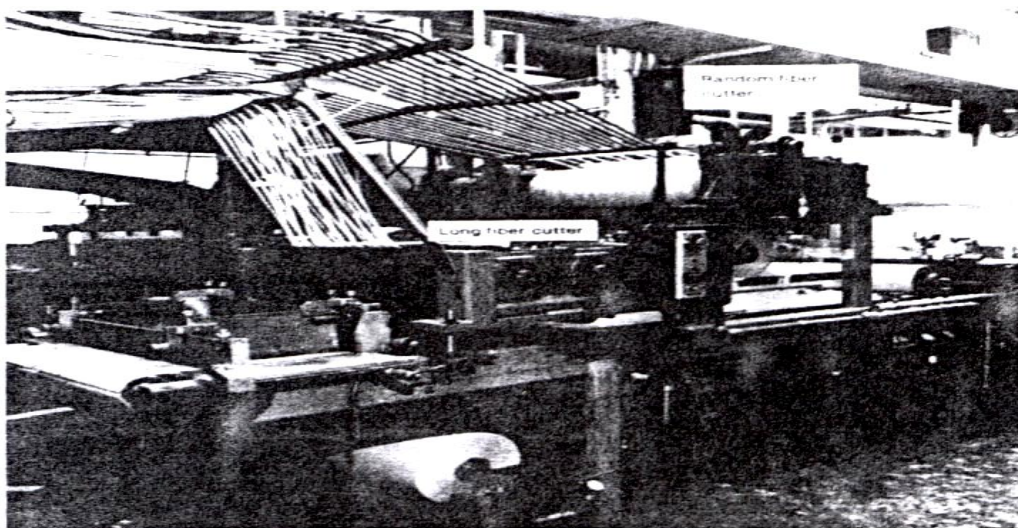
Οι μηχανικές ιδιότητες του SMC-D μπορεί ενδεχομένως να βρίσκονται κάπου μεταξύ εκείνων του SMC-R και του SMC-C για την ίδια περιεκτικότητα γυαλιού, με τιμές που πλησιάζουν αυτές του SMC-C καθώς αυξάνεται το μήκος των μακρών μονοφορικών ινών.

2.2.5 Εφαρμογές του SMC

Το SMC είναι πολύ καλά εδραιωμένο στο τομέα της βιομηχανίας. Με βάση την ετήσια παραγωγή αυτοκινήτων από 20000 σε 50000 η Chevrolet Corvette είχε τον κορμό της κατασκευασμένο από SMC πλαίσια ήδη από τα μέσα του 1960 αντικαθιστώντας τους πιο παλιούς τρόπους εργασίας στα μοντέλα του 1953.

Οι πρώτες σημαντικές εφαρμογές του SMC στην Ευρώπη ήταν στους προφυλακτήρες και τα πλευρικά πλαίσια του Renault 5. Το κύρος του SMC σαν υλικό κατασκευής των πλαισίων του αμαξώματος ενισχύθηκε σημαντικά μετά την επιτυχία που σημειώθηκε κατά τη χρήση του στις καμπίνες των φορτηγών στις αρχές του 1970. Η καμπίνα ERF, η πρώτη παγκοσμίως πλαστική καμπίνα φορτηγού, αποτελούταν από 17 ξεχωριστά μεταξύ τους πλαίσια SMC που συνδεόταν σε ένα ατσάλινο πλαίσιο με μπουλόνια. Τα οφέλη περιλάμβαναν την μείωση στα δύο τρίτα του κόστους των εργαλείων και επίσης την βελτίωση του σχεδιασμού. Αυτό αποτέλεσε και το λόγο για την αυξανόμενη χρήση της μεθόδου αυτής. Νεότερες εξελίξεις συμπεριλάμβαναν το καπό της Citroen BX και το τμήμα υποστήριξης για τα φώτα στο Passat της VW του 1990. Αυτά είναι υψηλού βαθμού παραγωγικότητας εξαρτήματα, τα οποία βάζονται κατά την παραγωγική διαδικασία και έχουν εξαιρετικής ποιότητας φινίρισμα. Οι μοντέρνες φόρμουλες και τεχνικές δίνουν τη

δυνατότητα παραγωγής εξαρτημάτων υψηλών προδιαγραφών με μεγάλο βαθμό διαμόρφωσης, όπως οι αεροτομές της Ferrari.



Εικόνα 2.7 Διαδικασία παραγωγής SMC-D/R με κοπίδια συνεχών και τυχαίων ινών

2.3 Διαδικασία επένδυσης κατά τη SMC διαμόρφωση

Για πολλά χρόνια, στην κατασκευή των εξωτερικών πλαισίων των αμαξωμάτων χρησιμοποιήθηκε το SMC. Τα πλεονεκτήματα του SMC έναντι των άλλων υποψήφιων υλικών, περιλάμβαναν μεταξύ άλλων τη μείωση του βάρους, την αντίσταση στη διάβρωση και τη καλή στερέωση του κομματιού. Το μεγαλύτερο πρόβλημα που εμποδίζει την ακόμη μεγαλύτερη χρήση του SMC στον τομέα αυτό είναι οι ατέλειες στην επιφάνεια. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα της επιφάνειας είναι το πορώδες. Αυτό οδηγεί σε μη αποδεκτά εξαρτήματα, τα οποία για να χρησιμοποιηθούν απαιτούν περαιτέρω κατεργασία, η οποία γίνεται με το χέρι.

Στα τέλη της δεκαετίας του 1970, αναπτύχθηκε μια διαδικασία, η οποία ονομάζεται επένδυση κατά τη διαμόρφωση (in-mold coating) και η οποία εξαφανίζει το πορώδες της επιφάνειας. Μια συνδυασμένη μελέτη από τις εταιρίες General Tires και General Motors Manufacturing Development κατέληξε σε μια διαδικασία η οποία ήταν κατάλληλη για τη παραγωγή. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει τη τοποθέτηση επένδυσης στην επιφάνεια του εξαρτήματος ενώ αυτό βρίσκεται ακόμη μέσα στο καλούπι διαμόρφωσης. Με το πέρασμα του χρόνου έγιναν διάφορες αλλαγές στη διαδικασία, στα υλικά και στον εξοπλισμό της.

Ορισμός του προβλήματος - Το SMC είναι ένα μίγμα από θερμοσκληρυνόμενη ρητίνη, μικρές ίνες γυαλιού, ανόργανα ένθετα και μικρές ποσότητες διάφορων άλλων υλικών. Το χαμηλού ιξώδους σύστημα ρητίνη - ένθετα τοποθετείται σε μια μεταφορική ταινία και επάνω είναι σε προκαθορισμένο σημείο οι ίνες του γυαλιού. Μια δεύτερη μεταφορική ταινία επίσης επενδύεται με το μίγμα ρητίνης- ένθετων και έπειτα συνδυάζεται με τη πρώτη. Τα αλληπάλληλα φύλλα ρητίνη -γυαλί- ρητίνη στη συνέχεια περνούν από μια σειρά κυλίνδρων συμπίεσης. Στη συνέχεια το SMC φύλλο τυλίγεται και περνά κάποιος χρόνος μέχρι η ρητίνη να αποκτήσει το κατάλληλο ιξώδες για διαμόρφωση.

Ο συνδυασμός του συστήματος ρητίνης - ένθετα με τις ίνες γυαλιού, το οποίο στη συνέχεια ελασματοποιείται μεταξύ των κυλίνδρων συμπίεσης, καταλήγει σε ένα υλικό το οποίο από τη φύση του περιέχει εγκλωβισμένο αέρα. Όταν ο εγκλωβισμένος αυτός αέρας βρίσκεται κοντά στην επιφάνεια, τότε αυτό δημιουργεί το πορώδες της επιφάνειας. Αυτό το πορώδες απαιτεί επιπλέον κατεργασία του SMC εξαρτήματος και οδηγεί σε μη αποδεκτή ποιότητα επιφάνειας.

2.3.α Διαδικασία

Τα ακόλουθα στάδια λαμβάνουν χώρα στη διαδικασία επένδυσης κατά τη διαμόρφωση:

1. Το φορτίο SMC τοποθετείται στο καλούπι συμπίεσης με το σωστό τρόπο.
2. Η πρέσα κλείνει και το SMC πληρεί το καλούπι και αρχίζει η σκλήρυνση
3. Όταν το SMC σκληρυνθεί επαρκώς, η πρέσα ανοίγει στις 0,250 in. Αυτό επιτυγχάνεται με υδραυλικούς κυλίνδρους απόθησης τοποθετημένους σε κάθε γωνία της πρέσας.
4. Το υλικό που διαμορφώνεται με ταυτόχρονη επένδυση, εγχύεται στο καλούπι πάνω από την επιφάνεια του εξαρτήματος που θέλουμε να κατασκευάσουμε.
5. Η πρέσα επανασυμπιέζεται, το υλικό της επένδυσης ψεκάζεται παντού και καλύπτει ολόκληρη την επιφάνεια του καλουπιού. Η πίεση ωθεί το υλικό επένδυσης ανάμεσα στα κενά της επιφάνειας και κάτω από την επιφάνεια του κομματιού, εξαφανίζοντας έτσι το πορώδες. Έπειτα, η επένδυση παθαίνει σκλήρυνση.
6. Η πρέσα ανοίγει και το κομμάτι απομακρύνεται από αυτήν.

Η παραπάνω διαδικασία είναι πλήρως αυτοματοποιημένη και ελέγχεται από μικροεπεξεργαστή. Ο χειριστής κλείνει την πρέσα και όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία την ανοίγει προκειμένου να απομακρυνθεί το κομμάτι.

2.3.β Εφαρμογές στη παραγωγή

Μετά την ανάπτυξη της διαδικασίας και του ελέγχου της διαμόρφωσης επίπεδης πλακέτας, από την εταιρία General Motors Manufacturing Development, κατασκευάστηκε ένα εργαλείο για τη παραγωγή εξωτερικών πλαισίων για καλύμματα, με επένδυση κατά τη διαμόρφωση. Αυτό το εργαλείο βελτίωσε αρκετά τη διαδικασία και τη δημιουργία πλαισίων για ένα πλήρες πρόγραμμα βαφής.

2.3.γ Υλικά

Το πρώτο υλικό που χρησιμοποιήθηκε επιτυχώς στη διαμόρφωση με ταυτόχρονη επένδυση, ήταν ένα διμερές σύστημα, το οποίο αποτελείται από ακόρεστο πολυαιθέρα και πολυαιθερική ουρεθάνη. Ο πολυεστέρας παρέχει σκληρότητα και η ουρεθάνη προάγει τη συγκόλληση στο SMC υπόστρωμα.

Με τη ροπή προς την ηλεκτροστατική βαφή εντός των εγκαταστάσεων, υπάρχει η ανάγκη ενός αγωγίμου συστήματος επένδυσης. Διάφορα συστήματα δοκιμάστηκαν προκειμένου να καλύψουν αυτή την απαίτηση.

Μια άλλη ανάπτυξη που παρουσιάστηκε στο τομέα των υλικών αυτής της διαδικασίας, είναι το μονομερές σύστημα. Μονομερές καλείται το σύστημα εκείνο το οποίο δεν απαιτεί ανάμιξη για κάθε διαμορφωμένο κομμάτι. Η ζωή των υλικών αυτού του τύπου δεν ξεπερνά την μια εβδομάδα. Το πλεονέκτημα του μονομερούς συστήματος σε σχέση με το διμερές, είναι ο γνωστός ρυθμός ελέγχου για σχετικά μεγάλη ποσότητα επενδυμένων υλικών.

2.3.δ Εξοπλισμός

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε στην πρώτη εργαστηριακή πρέσα ήταν ουσιαστικά ανύπαρκτος. Σήμερα, ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται περιέχει πολλά και νέα συστήματα.

Μια από τις περιοχές όπου σημειώθηκε μεγάλη ανάπτυξη ήταν οι εγχυτές. Ο εγχυτής παρέχει πρόσβαση στο εσωτερικό του καλουπιού για τον ψεκασμό του υλικού επένδυσης. Το δροσερό νερό εμποδίζει την πρόωρη σκλήρυνση της επένδυσης. Επιπλέον, ο εγχυτήρας πρέπει να μονωθεί στους 300°F.

Οι πρώτοι εγχυτές τοποθετήθηκαν σε κάθετη θέση. Αυτό επέτρεπε στο υλικό επένδυσης να ψεκαστεί με άνοιγμα καλουπιού από 0,040-0,060 in. Το μειονέκτημα των κάθετων εγχυτήρων ήταν το υψηλό κόστος τοποθέτησης, η δυσκολία στο service και το γεγονός ότι απαιτούσαν πλήρη αντιστάθμιση του καλουπιού. Οι οριζόντιοι εγχυτήρες εξαφάνισαν την ανάγκη για αντιστάθμιση του καλουπιού και μείωσαν το κόστος. Το μειονέκτημα τους ήταν ότι το καλούπι έπρεπε να ανοίξει έως και 1/4". Αυτό όμως προκαλούσε προβλήματα στην επιφάνεια.

Η πρώτη παραγωγή εξαρτημάτων χρησιμοποίησε έναν ιμάντα, επάνω στον οποίο τοποθετούνταν το υλικό επένδυσης. Υπάρχουν ακόμα πολλά σημεία στον εξοπλισμό τα οποία επιδέχονται βελτίωση. Επίσης, εξετάζονται διάφορες ιδέες για χρήση μονομερών κατά την εφαρμογή νέων συστημάτων εξοπλισμού.

Η επένδυση κατά τη διαμόρφωση αποδείχθηκε αξιόπιστη διαδικασία παραγωγής για την βελτίωση της ποιότητας της επιφάνειας των SMC εξαρτημάτων. Κατά την διάρκεια της ανάπτυξης αυτής, σημειώθηκε πρόοδος στον εξοπλισμό, στα υλικά και στη διαδικασία γενικότερα. Αυτές οι πρόοδοι θα διευρύνουν τη παραπέρα χρήση της

διαδικασίας και θα προκαλέσουν την αυξημένη χρήση των SMC πλαισίων.

2.4 Άλλες τεχνικές διαμόρφωσης σύνθετων υλικών

Ο Πίνακας 2.1 είναι ένας συνοπτικός πίνακας των τεχνικών παραγωγής για τα πλαστικά. Τα πιο σχετικά με την αυτοκινητοβιομηχανία από αυτά σχολιάζονται παρακάτω. Ο Πίνακας 2.2 συγκρίνει την παραγωγική ικανότητα σε θέματα όπως : (α) λεπτομέρειες αναπαραγωγής , (b) ανοιχτά ή κοίλα ,(c) ποιότητα τελικής επιφάνειας , (d) μία ή δύο κατεργαζόμενες επιφάνειες.

Πίνακας 2.1 Διαδικασίες παραγωγής πλαστικών

Τύπος ακατέργαστου υλικού	Θερμοπλαστικά	Θερμοσκληρυνόμενα
Μονομερή και υγρές ρητίνες	έγχυση σε καλούπι	RIM,R-RIM, S-RIM, RTM
Σκόνες και πάστες	επίστρωση κοιλότητας, υγρή επικάλυψη, συμπίεση με κυλίνδρους, περιστροφική διαμόρφωση και συμπύκνωση	διαμόρφωση υπο πίεση
Κοκκώδη υλικά	διαμόρφωση με έγχυση, εμφύσηση, εξώθηση	διαμόρφωση με έγχυση
Φύλλα	διαμόρφωση υπο κενό, υπο πίεση και GMT διαδικασία	σχηματισμός prepregs, SMC

Είναι φανερό ότι είναι αδύνατο να καθορίσουμε τα απαραίτητα πλαστικά συστατικά χωρίς να γνωρίζουμε τι είναι πρακτικό για κάθε τύπο υλικού και για κάθε διαδικασία. Επίσης, είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε τους περιορισμούς που υπάρχουν για το μέγεθος, το σχήμα, το κόστος και την τελική εμφάνιση του εξαρτήματος που κατασκευάζεται.

Πίνακας 2.2 Ικανότητες των διαδικασιών

Διαδικασία	A	B	Γ	Δ
Έγχυση	Καλή	Ανοιχτά	Ναι	Δύο
Structural foam	Καλή	Ανοιχτά	Όχι	Δύο
Εμφύσηση	Καλή	Κοίλα	Όχι	Μια
BMC	Καλή	Ανοιχτά	Ναι	Δύο
SMC	Καλή	Ανοιχτά	Ναι	Δύο
GMT	Καλή	Ανοιχτά	Όχι	Δύο
RIM	Καλή	Ανοιχτά	Ναι	Δύο
RTM	Καλή	Ανοιχτά	Ναι	Δύο

2.4.α Διαμόρφωση με έγχυση

Η διαμόρφωση με έγχυση είναι η παλαιότερη διαδικασία για την λεπτομερή κατασκευή των πλαστικών. Χρησιμοποιούμενη κυρίως για τα πλαστικά, περιλαμβάνει το λιώσιμο του υλικού που βρίσκεται υπό μορφή κόκκων σε ένα θερμαινόμενο βαρέλι με παλινδρομικό κοχλία και

έγχυση αυτού υπό υψηλή πίεση σε κλειστό καλούπι. Η συχνότητα πλαστικοποίησης , έγχυσης , ψύξης και αποκόλλησης του κομματιού από το καλούπι ελέγχονται με μεγάλη ακρίβεια κατά τον κύκλο της διαδικασίας. Οι μοντέρνες μηχανές που χρησιμοποιούν την διαμόρφωση με έγχυση είναι μεγάλες και πολύπλοκες. Ένα εργαστήριο διαμόρφωσης με μεγάλες δυνατότητες μεγέθους είναι μια ακριβή επένδυση.

Οι κατασκευαστές αυτοκινήτων ασχολούνται και με το κόστος ενός συγκεκριμένου εξαρτήματος. Τα εργαλεία διαμόρφωσης συνήθως κατασκευάζονται από σκληρυμένο ατσάλι με ακριβείς διαστάσεις, ώστε να έχουν υψηλές σχεδιαστικές ικανότητες. Υπάρχει λοιπόν πρόβλεψη κόστους στον προϋπολογισμό κάθε διαμόρφωσης με έγχυση. Ειδικοί υπολογισμοί είναι απαραίτητοι για να συσχετίσουν τις νέες κατασκευές ετήσια με την ζωή του μοντέλου , την ταχύτητα φθοράς του και τον αριθμό των εργαλείων που απαιτούνται ή (για την περίπτωση μικρών συστατικών) τον αριθμό των διαμορφώσεων στο εργαλείο. Οργανώνοντας το πρόγραμμα εργασίας του εργαλείου απαιτεί τη χρήση των καλύτερων σύγχρονων τεχνικών σχεδιασμού. Τα πλεονεκτήματα που υπερिशύουν και τα οποία καθορίζουν όλα αυτά τα προβλήματα και το κόστος παραγωγής σε πολλές περιπτώσεις είναι τα εξής :

-Σχεδιαστική ελευθερία , επιτρέποντας μεγάλη ποικιλία σχήματος και τύπων.

-Σταθερότητα των συστατικών.

-Μικρότερο κόστος εξαρτημάτων σε μεγάλου μεγέθους παραγωγή.

Η φύση της συμβατικής διαμόρφωσης με έγχυση σημαίνει ότι είναι πιθανόν να παράγουμε κλειστά σχήματα με μεγάλη μείωση του κόστους.

Έχει δε επεκταθεί τα τελευταία χρόνια από μερικές πολύ ιδιοφυείς ανακαλύψεις, όπως :

- Multi-colour moulding. Αυτή η έννοια επινοήθηκε για την αυτοκινητοβιομηχανία, ειδικά για τους φακούς των πίσω φώτων από PMMA (polymethyl methacrylate). Γίνεται με περιστροφική διαμόρφωση, όπου τα διαφορετικά χρώματα εγχύονται από διαφορετικούς κυλίνδρους καθώς το καλούπι περιστρέφεται.

- Structural Foam Moulding. Στην απλοποιημένη μορφή της, αυτή συνεπάγεται την εμφύσηση χημικού αερίου στους κόκκους που βρίσκονται ήδη μέσα στο καλούπι, επιτυγχάνοντας έτσι ένα σταθερό εύκαμπτο αφρό. Οι περιορισμοί της διαδικασίας είναι η "φτωχή" ποιότητα της τελικής επιφάνειας και ο μεγάλος κύκλος παραγωγής. Η βελτίωση της μεθόδου αυτής με αύξηση της πίεσης δίνει ένα στερεό εξωτερικό κάλυμμα με αρκετά καλό τελείωμα.

- Gas Injection Systems. Η ουσία αυτών των συστημάτων είναι ότι το αέριο είναι περιορισμένο, στη μέση του καλουπιού και όχι διασκορπισμένο πάνω από το υλικό. Η υψηλή ακαμψία και η καλής ποιότητας τελική επιφάνεια παραμένουν το σημαντικότερο λειτουργικό πλεονέκτημα της διαδικασίας αυτής.

- Sandwich Moulding. Αυτός είναι ένας τρόπος συνδυασμού των καλύτερων χαρακτηριστικών δύο υλικών με την περιοδική έγχυση τους μέσα από την ίδια βαλβίδα, έτσι ώστε το ένα να γίνεται το εξωτερικό περίβλημα και το άλλο ο πυρήνας του κομματιού. Το υλικό που χρησιμοποιείται στο εξωτερικό τμήμα μπορεί να παρέχει γυαλάδα ή αντίσταση στις επιφανειακές εκδορές, ενώ ο πυρήνας παρέχει υψηλή ακαμψία και χαμηλότερο κόστος ιδίως όταν πρόκειται για ανακυκλώσιμα υλικά. Η διαδικασία της ICI εστιάζόταν σε εφαρμογές που

χρησιμοποιούσαν ένα αφρώδη πυρήνα για να μεγιστοποιήσουν την ακαμψία/ αναλογία βάρους.

- Fusible core injection moulding. Αυτός είναι ένας τρόπος για να παραχθούν διάτρητα αντικείμενα με πολύπλοκη δομή. Είναι μια διαδικασία " lost-wax", κατά την οποία τα συστατικά είναι τοποθετημένα γύρω από ένα μεταλλικό πυρήνα που λειώνει σε χαμηλή θερμοκρασία (π.χ. το κράμα κασσίτερου-βισμούθιου τήκεται στους 150°C). Ο πυρήνας εισέρχεται με ένα συμβατικό εργαλείο και το πλαστικό υλικό εγχύεται γύρω του. Στο στάδιο αυτό ο πυρήνας λειώνει λόγω της θερμότητας και στερεοποιούμενος είναι έτοιμος να ξαναχρησιμοποιηθεί για νέες δοκιμές. Διάφορα μηχανικά ενθέματα έχουν εφευρεθεί για να ανακαλυφτούν νέοι οικονομικότεροι τρόποι αναπλήρωσης και αναπαραγωγής του κράματος. Τα μέταλλα είναι ακριβά, και οι πυρήνες μπορεί να έχουν μεγάλο βάρος, με αποτέλεσμα να απαιτούν ειδικές τεχνικές εφαρμογής και τοποθέτησης τους με ακρίβεια ανάμεσα στα δύο μισά του εργαλείου έγχυσης. Μετά από μια παρατεταμένη περίοδο ανάπτυξης αυτά έχουν πλέον εδραιωθεί και στα θερμοπλαστικά (το ενισχυμένο με ίνες γυαλιού Nylon 66) και στα θερμοσκληρυνόμενα υλικά.

- Injection moulding thermosets. Κατά κύριο λόγο η διαδικασία αυτή είναι ίδια όπως και στα θερμοπλαστικά. Η διαφορά είναι η βασική ανάγκη για έλεγχο του χρόνου και της θερμοκρασίας με μεγάλη ακρίβεια κατά τη διάρκεια του σταδίου της πλαστικοποίησης, ώστε να αποφευχθεί η πρόωρη σκλήρυνση. Οι μηχανικές φαινόλες χρησιμοποιούνται ευρέως σήμερα κυρίως σε διαμορφώσεις έγχυσης με μικρές ανοχές όπως η αντλία νερού. Επίσης, το πολυεστερικό BMC έχει επιτύχει υψηλό βαθμό χρήσης στην πίσω πόρτα του αυτοκινήτου όπως π.χ στο Fiat Tipo.

2.4.β Εκβολή (Extrusion)

Αντίθετα από την διαμόρφωση με έγχυση και τις περισσότερες από τις άλλες λειτουργίες η εκβολή (extrusion) είναι μια συνεχή διαδικασία. Οι κόκκοι του θερμοπλαστικού πλαστικοποιούνται και τήκονται μέσα σε ένα θερμαινόμενο βαρέλι. Μετά προωθούνται με την βοήθεια ενός κοχλία στο καλούπι του σχήματος που επιθυμούμε για να παραχθεί το εξάρτημα. Τα προϊόντα αυτοκινήτων που παράγονται με αυτή τη μέθοδο είναι πολύ γνωστά :

1. Επενδύσεις καλωδίων.
2. Συρμάτινα νήματα.
3. Ταινίες.
4. Σωλήνες.

2.4.γ Διαδικασία εμφύσησης (Blow molding)

Η διαδικασία εμφύσησης είναι η πιο απλή και αποδοτική μέθοδος κατασκευής κοίλων πλαστικών αντικειμένων. Υπάρχουν τρία βασικά στάδια σ' αυτήν την εργασία : το λιωμένο υλικό διοχετεύεται αδιάκοπα σε έναν συλλέκτη και από εκεί με συμπίεση και μέσω προσχηματισμένων αυλακώσεων εγχύεται προς τα κάτω μέσα στο ανοιχτό καλούπι. Στη συνέχεια το καλούπι κλείνει, το υλικό που βρίσκεται μέσα σε αυτό διαστέλλεται και παίρνει τη μορφή του καλουπιού. Για τα λειωμένα πολυμερή με μεγάλο ιξώδες είναι απαραίτητο να εξασφαλίσουμε την δομική σταθερότητα του σωληνοειδούς "parison" μεταξύ της προβολής από το καλούπι και του σταδίου της εμφύσησης. Δεν πρόκειται για διαδικασία υψηλών πιέσεων, για αυτό το λόγο το κόστος του εξοπλισμού

είναι χαμηλό. Αναπόφευκτα, η ποιότητα της επιφάνειας τείνει να είναι κατώτερη από εκείνης που προκύπτει από την διαδικασία της έγχυσης (injection moulding process), και η εσωτερική επιφάνεια δεν σχηματίζεται απευθείας από το εργαλείο εξώθησης.

Η διαδικασία της εμφύσησης δεν περιορίζεται μόνο σε κοίλα τμήματα. Ο σχηματισμός του δίδυμου κελύφους "twin shell" περιλαμβάνει την ξεχωριστή κατασκευή του κάθε κομματιού και στη συνέχεια την ένωση τους. Η διαδικασία της εμφύσησης έχει ωριμάσει με τη βοήθεια της μοντέρνας τεχνολογίας των υπολογιστών. Είναι σήμερα δυνατή η εμφύσηση σε διάφορα ασύμμετρα σχήματα. Η διαδικασία της εμφύσησης σε πολλά στρώματα αποτελεί πλέον πραγματικότητα προσφέροντας την δυνατότητα συνδυασμού των πλεονεκτημάτων δυο διαφορετικών υλικών.

Τα δοχεία διαστολής, τμήματα του πλαισίου των οργάνων (instrument panel sections) και οι σωλήνες της θέρμανσης είναι μερικές από τις παλαιότερες εφαρμογές της διαδικασίας εμφύσησης (σε PP), αλλά έως τώρα η πιο σημαντική εφαρμογή είναι στις δεξαμενές καυσίμων από υψηλής μοριακότητας HDPE. Η διαμόρφωση των πλαστικών με εμφύσηση επιτρέπει την κατασκευή περίπλοκων σχημάτων. Ο βαθμός πολυπλοκότητας που επιτυγχάνεται είναι πολύ μεγαλύτερος από αυτόν που επιτυγχάνεται με τη χρήση οικονομικών μεταλλικών φύλλων. Αυτό δίνει στις δεξαμενές καυσίμων τη μέγιστη χωρητικότητα για ένα συγκεκριμένο χώρο. Τα πλαστικά συνδράμουν στο σχεδιασμό των πολύπλοκων αυτών συστημάτων καυσίμου με την ικανότητά τους να ταιριάζουν σε κάθε αμάξωμα. Αυτή η μοναδική ικανότητά τους επιτρέπει την ύπαρξη περισσότερου χώρου, ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την τοποθέτηση άλλων εξαρτημάτων και για την κατασκευή μεγαλύτερης καμπίνας επιβατών.

2.4.δ Διαδικασία σχηματισμού θερμοπλαστικών ενισχυμένων με γυαλί (GMT)

Τα τελευταία χρόνια τα ενισχυμένα με ματ γυαλί θερμοπλαστικά (GMT) ολοένα και περισσότερο εισχώρησαν στην βιομηχανία του αυτοκινήτου και κυρίως χρησιμοποιήθηκαν σε εφαρμογές με υψηλά θερμικά και μηχανικά φορτία.

Το υψηλό επίπεδο των ιδιοτήτων των GMT υλικών, σε συνδυασμό με την εύκολη επεξεργασία των θερμοπλαστικών, τα καθιστούν ως την οικονομικότερη λύση σε σχέση με τα SMC και BMC υλικά. Τα θερμοπλαστικά με ματ γυαλί (GMT) είναι υλικά με μάλλον διαφορετικά χαρακτηριστικά.

Υπάρχουν δυο ξεχωριστές διαδικασίες για το GMT: Η μια χρησιμοποιεί εξώθηση λειωμένου υλικού για να εμποτίσει το προσχηματισμένο ματ γυαλί, ενώ η άλλη βασίζεται στο σχηματισμό φύλλου, ξεκινώντας με ένα αραιό πολυμερές σε μορφή σκόνης και κομμένες ίνες γυαλιού και συνεχίζοντας με πίεση, ξήρανση και στερεοποίηση.

Αρκετά μηχανικά πλαστικά έχουν χρησιμοποιηθεί σαν καλούπια και στα δύο συστήματα GMT. Παρόλα αυτά η χρησιμότητα και το χαμηλό κόστος του προπυλενίου (PP), το καθιστούν το πιο δημοφιλές υλικό για αυτή τη χρήση. Και οι δύο τύποι του GMT κατασκευάστηκαν από μια διαδικασία γνωστή ως "hot flow stamping". Αυτή είναι όμοια της διαμόρφωσης κατά φύλλο (sheet molding), αλλά χρησιμοποιεί προθερμασμένα blanks που πρεσάρονται σε κρύα καλούπια, με χρόνο κύκλου λιγότερο από ένα λεπτό, συγκριτικά με τη διαμόρφωση με έγχυση (injection molding).

Ξέχωρα από τον συντομότερο κύκλο κατεργασίας, τα πλεονεκτήματα του GMT σε σχέση με το SMC είναι ο χρόνος ζωής των blanks και η καλύτερη αντοχή στη πρόσκρουση. Επιπλέον, τα GMT υλικά είναι ελαφρύτερα από τα SMC υλικά με αποτέλεσμα να έχουμε ακόμα μεγαλύτερη μείωση του συνολικού βάρους του αυτοκινήτου.

Ο κυριότερος περιορισμός της GMT είναι η αδυναμία να επιτύχουμε τελική επιφάνεια ποιότητας A, η οποία αποκλείει τη χρήση του PP γυαλιού στα πλαίσια του αμαξώματος. Τα συστήματα PET και PBT είναι βασισμένα σε ματ γυαλί έχουν προταθεί για τα εξωτερικά πλαίσια του αμαξώματος με τη προσθήκη ενός στρώματος δίχως γυαλί, ώστε να είναι δυνατή η επίτευξη ποιότητας A στη τελική επιφάνεια.

Από τις αρχές του 1980 πολλές εφαρμογές έχουν αναπτυχθεί, όπως το πάτωμα της καμπίνας των επιβατών, το κιβώτιο της μπαταρίας, τα πλαίσια στήριξης του ψυγείου, οι προφυλακτήρες και οι πλάτες των καθισμάτων.

Επίσης, ένα μεγάλο πεδίο εφαρμογής των GMT υλικών είναι στον τομέα της ηχομόνωσης της μηχανής. Για την εφαρμογή αυτή, από τα υλικά απαιτούνται κυρίως αντοχή στη κρούση ακόμα και σε υψηλές θερμοκρασίες καθώς επίσης αντίσταση στα χημικά. Αυτές οι απαιτήσεις καλύφθηκαν από τα GMT υλικά τα οποία επιπλέον παρείχαν ελευθερία στο σχεδιασμό και χαμηλό βάρος. Όλα αυτά είναι εξαρτήματα τα οποία δεν επιδέχονται βαφή και τα οποία κατασκευάζονται μέσα σε PP πολυμερές καλούπι.

Η αεροδιαστημική βιομηχανία χρησιμοποιεί σήμερα σύνθετες κατασκευές σε σημαντικό ποσοστό. Στα περισσότερα από αυτά εμφανίζονται ενισχύσεις με τυχαίες και μη προσανατολισμένες συνεχείς ίνες, με ίνες άνθρακα ως τους κυριότερους παράγοντες ενίσχυσης. Τα

πολυμερή καλούπια είναι συνήθως θερμοσκληρυνόμενα με αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες και χαμηλή ευφλεκτότητα και μερικές φορές είναι ενισχυμένα με προσθήκες αρωματικών θερμοπλαστικών. Τα ίδια υλικά ενισχυμένα με μη προσανατολισμένες ίνες άνθρακα χρησιμοποιούνται για τη παραγωγή υψηλής αντοχής θερμοπλαστικών prepregs.

Όλα αυτά απέχουν πολύ από την αυτοκινητοβιομηχανία όπως τη γνωρίζουμε. Η αεροδιαστημική βιομηχανία πρέπει να κάνει πολλούς ακριβείς υπολογισμούς για την αντοχή και την ευφλεκτότητα και πάνω από όλα πρέπει να επιτύχει τη μείωση του βάρους. Η αυτοκινητοβιομηχανία δεν έχει αυτό το κίνητρο και (πέραν του κόστους) κάποια εξεζητημένα εξαρτήματα δεν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές άλλες από τη Φόρμουλα 1, όπου οι κατασκευές υψηλής αντοχής με ίνες άνθρακα έχουν αποδείξει την αξία τους.

Παρόλα αυτά, οι εξελίξεις στην αεροναυπηγική είναι σχετικές με εκείνες που σημειώθηκαν στην αυτοκινητοβιομηχανία. Μελέτες και πειράματα βρίσκονται σε εξέλιξη σε πολλές χώρες, αναζητώντας ιδέες από την αεροναυπηγική για φθηνότερα υλικά. Πολύπλοκες δομές βασισμένες κυρίως σε συγκολλήσεις και συνεχείς ίνες γυαλιού, έχουν δοκιμαστεί για αρκετά χρόνια. Οι πιο γνωστές εφαρμογές είναι στα φυλλωτά ελατήρια, που σχηματίζονται με συμπίεση συνεχών ινών και τα ένθετα των στροφαλοφόρων αξόνων. Η τεχνική συμπεριφορά αυτών των βασικών και περίπλοκων εξαρτημάτων έχει αποδειχθεί επανειλημμένα, αλλά το κόστος είναι ακόμα πολύ μεγάλο για ελεγχόμενη παραγωγή. Αυξάνοντας όμως σε μεγάλο βαθμό την βιομηχανοποίηση και τον αυτοματισμό της παραγωγικής διαδικασίας αυτά τα εκπληκτικά υλικά θα έχουν κάποια μέρα ευρεία χρήση στην αυτοκινητοβιομηχανία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΣΥΝΘΕΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ

3.1 Γενικά

Κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, τα σύνθετα υλικά κέρδισαν δημοτικότητα σαν μηχανικά υλικά. Τα σύνθετα υλικά αναπτύσσονται και ενσωματώνονται στο σχεδιασμό πολλών εξαρτημάτων στα αυτοκίνητα. Ενώ το RRIM, το SMC και τα ενισχυμένα με γυαλί πλαστικά απέσπασαν το μεγαλύτερο ποσοστό προσοχής, υπάρχουν άλλες ομάδες σύνθετων υλικών με χαμηλή απόδοση που χρησιμοποιούνται στα εσωτερικά πλαίσια. Αυτό το κεφάλαιο θα ασχοληθεί με μια ομάδα υλικών, τις συνθέσεις που χρησιμοποιούνται στις εσωτερικές εφαρμογές των αυτοκινήτων.

Οι συνθέσεις για τα εσωτερικά πλαίσια αποτελούν μια διαφοροποιημένη οικογένεια υλικών, η οποία περιλαμβάνει μια ποικιλία υλικών και ιδιοτήτων. Θα εστιάσουμε στις κοινές συνθέσεις για τα εσωτερικά, συμπεριλαμβανομένων των ινών από ξύλο και των θερμοπλαστικών με ένθετα. Η σύνθεση των υλικών, τα φυσικά χαρακτηριστικά, οι απαιτήσεις της απόδοσης και η τρέχουσα κατάσταση των συνθέτων υλικών επίσης θα μας απασχολήσουν.

Οι συνθέσεις για εσωτερικές εφαρμογές χρησιμοποιήθηκαν στο σχεδιασμό πολλών εξαρτημάτων, όπως :

- Ø Τα πλαίσια στις πόρτες

- Ø Τα πλευρικά τοιχώματα
- Ø Crash pads (Μαξιλάρια ή ένθετα για προστασία κατά την σύγκρουση)
- Ø Το σκελετό των καθισμάτων

Τα σύνθετα υλικά επιλέγονται για αυτές τις εφαρμογές διότι προσφέρουν στους σχεδιαστές και στους κατασκευαστές πλεονεκτήματα κόστους και ελευθερίας στο σχεδιασμό, χαρακτηριστικά τα οποία απουσιάζουν από τα κλασικά πλαστικά και τα ξύλινα υλικά.

Ρητίνη και ένθετα

Τα σύνθετα υλικά για τα εσωτερικά πλαίσια είναι συνδυασμός ρητινών, θερμοπλαστικών, θερμοσκληρυνόμενων και οικονομικών ένθετων. Γενικά, οι ρητίνες δρουν σαν φορείς των ένθετων και παρέχουν τα χαρακτηριστικά διαμόρφωσης και σχεδιασμού. Όταν χρησιμοποιούνται σε συνθέσεις με θερμοπλαστικά που περιέχουν ένθετα, οι ρητίνες λειτουργούν σαν καλούπι και σε συνθέσεις με μεγάλο ποσοστό ένθετων η ρητίνη δένει τις ίνες. Οι συνθέσεις που περιέχουν ένθετα όπως ύφασμα, ίνες ξύλου, σκόνη ξύλου και κυτταρίνη (cellulose), είναι οικονομικές.

Τα ένθετα δεν είναι ευαίσθητα στη θερμοκρασία και βοηθούν την σύνθεση να αντιστέκεται στη θερμική διαστρέβλωση και να παρουσιάζει διαστατική σταθερότητα. Τα θερμοπλαστικά με ένθετα διαφέρουν από τις συνθέσεις με ίνες ξύλου, στο τρόπο με τον οποίο σχετίζονται με τα μηχανικά χαρακτηριστικά των ινών.

Σύνθετα υλικά

Τα χαρακτηριστικά των συνθέσεων εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά των ένθετων που περιέχουν, το καλούπι τους και τον σχεδιασμό της σύνθεσης. Οι συνθέσεις αυτές χρησιμοποιούν ίνες, νιφάδες, σωματίδια και ύφασμα σαν ένθετα και θερμοπλαστικά και θερμοσκληρυνόμενα σαν καλούπι. Τα ένθετα μπορούν να χρησιμοποιηθούν με πολλαπλούς τρόπους, επιπρόσθετα η σύνθεση μπορεί να συμπιεστεί κατά στρώματα. Για τη παραγωγή συνθέσεων υπάρχουν δύο στρατηγικές που ακολουθούνται: α) χρησιμοποιώντας τα χαρακτηριστικά των ένθετων (σε υψηλού ποσοστού ένθετων συνθέσεις) και β) χρησιμοποιώντας το ένθετο για τη τροποποίηση των χαρακτηριστικών του καλουπιού (σκελετικές συνθέσεις).

Απαιτήσεις στην απόδοση των συνθέσεων

Οι μηχανικές απαιτήσεις των συνθέσεων για τα εσωτερικά εξαρτώνται από την εφαρμογή. Για παράδειγμα, οι απαιτήσεις για το πλαίσιο της πόρτας είναι σημαντικά μεγαλύτερες από αυτές για τα διακοσμητικά ένθετα. Για αυτό, η επιλογή των υλικών πρέπει να βασιστεί στις απαιτήσεις της εφαρμογής του εξαρτήματος.

Γενικά, όλες οι συνθέσεις για το εσωτερικό πρέπει να ικανοποιούν συγκεκριμένες ελάχιστες μηχανικές και περιβαλλοντικές απαιτήσεις, τα υλικά πρέπει να έχουν αρκετή αντοχή για συναρμολόγηση, να είναι εντός των διαστατικών ανοχών και να ικανοποιούν συγκεκριμένα στάνταρτ ασφάλειας ενάντια στη φωτιά. Τα εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται σε δομικές εφαρμογές απαιτούν μεγαλύτερη αντοχή και αντίσταση στη πρόσκρουση.

3.2 Εφαρμογές

Η άνεση, τα επίπεδα θορύβου, η αισθητική, ο εργονομικός σχεδιασμός και η πρακτικότητα του εσωτερικού χώρου ενός αυτοκινήτου παίζουν σημαντικό ρόλο κατά την επιλογή του αυτοκινήτου. Τα πλαστικά συμβάλλουν στην επίτευξη καλής εμφάνισης του εσωτερικού των αυτοκινήτων.

3.2.1 Ταπετσαρία

Ο αφρός ουρεθάνης είναι το πλαστικό που κατά κόρον χρησιμοποιείται στην τοποθέτηση της ταπετσαρίας. Η ικανότητα ανακύκλωσης σε συνδυασμό με την ικανότητα τους να πληρούν τις οικονομικές και σχεδιαστικές απαιτήσεις που προτάσσονται από τον κατασκευαστή, το καθιστά ιδανικό υλικό για αυτές τις εφαρμογές. Πρόσφατες καινοτομίες στην τεχνική τοποθέτησης επιτρέπουν στον κατασκευαστή να μειώσει τη ποσότητα αφρού ουρεθάνης που χρησιμοποιείται κατά την τοποθέτηση, με ταυτόχρονη έγχυση αφρού και διοξειδίου του άνθρακα προκειμένου να αυξήσει την ένταση του χωρίς να μειώνονται τα επίπεδα άνεσης, θορύβου, τραχύτητας και ταλαντώσεων (NVH) ή η ευκαμψία στη γραμμή παραγωγής. Τα προσκέφαλα κατασκευάζονται από αφρό ουρεθάνης. Λόγω των αποδοτικών και οικονομικών διαδικασιών, ο αφρός ουρεθάνης μπορεί να ανακυκλωθεί για να χρησιμοποιηθεί στη ταπετσαρία των αυτοκινήτων, του σπιτιού ή στο γραφείο.

Η μόνωση της ταπετσαρίας είναι σημαντική για τη μείωση των επιπέδων NVH. Μια σχετικά νέα διαδικασία επιτρέπει τη χρήση αφρού πολουρεθάνης μεταξύ του πατώματος και της ταπετσαρίας, η οποία υπόσχεται ακόμα μεγαλύτερη μείωση των επιπέδων NVH, μια πιο άνετη

επιφάνεια και ένα βελτιωμένο αποτέλεσμα. Περισσότερο σημαντικό είναι μια οικονομική διαδικασία που εύκολα τροποποιείται και ανταποκρίνεται στις υπάρχουσες γραμμές παραγωγής και αλλάζει ανάλογα με το μοντέλο.

3.2.2 Πλαίσια οργάνων ένδειξης

Συνήθως, τα πλαίσια των οργάνων ένδειξης κατασκευάζονται από ξεχωριστά μεταξύ τους κομμάτια, τα οποία έπρεπε να βαφούν και τα οποία συνδεόταν μεταξύ τους με την βοήθεια χαλύβδινων υποστηριγμάτων τα οποία βρισκόταν πίσω από το πλαίσιο. Σήμερα, λόγω της νέας τεχνολογίας των πλαστικών, τα πλαίσια αυτά κατασκευάζονται από ABS, κράματα ABS/πολυκαρβονικών, πολυκαρβονικά, πολυπροπυλένιο, τροποποιημένο πολυφαινυλαιθέρα(PPE) και SMA στυρένιο. Αυτά τα πλαστικά είναι κατάλληλα για πολύπλοκες εφαρμογές όπως μεγάλα και ενιαία πλαίσια, αερόσακους και στα πλαίσια των οργάνων ένδειξης. Επίσης, χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των υπολοίπων εξαρτημάτων του εσωτερικού των αυτοκινήτων συνεισφέροντας σημαντικά στη μείωση του βάρους και του κόστους.

3.2.3 Τιμόνι

Στο μηχανισμό διεύθυνσεως τα πλαστικά παίζουν ρόλο κλειδί. Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν κατά καιρούς από την βιομηχανία του αυτοκινήτου για την εφαρμογή αυτή είναι :α) σκληρό καουτσούκ, β) κυτταρίνη acetabutyrate, γ) μαλακό PVC και δ) πολυπροπυλένιο (PP). Στην Ευρώπη κατά την διάρκεια των τελευταίων 15 ετών αυτά τα υλικά έχουν αντικατασταθεί κυρίως από PUR αφρό, τόσο ώστε σήμερα περίπου το 80% των τιμονιών παράγονται από πολυουρεθάνη. Η χρήση της πολυουρεθάνης ως επικάλυψη παρέχει πολλά πλεονεκτήματα και κυρίως

καλύπτει τις απαιτήσεις της αυτοκινητοβιομηχανίας για την συγκεκριμένη εφαρμογή.

3.2.4 Καθίσματα

Η αναγκαιότητα των πλαστικών υλικών σε αυτή την εφαρμογή είναι γνωστή. Τα καθίσματα πρέπει να είναι άνετα, μαλακά και ταυτόχρονα να παρέχουν την κατάλληλη στήριξη. Πρέπει δηλαδή να συνδυάζουν την πολυτέλεια και την λειτουργικότητα.

Για αυτό, στην κατασκευή των καθισμάτων χρησιμοποιείται μαλακός αφρός στο κεντρικό τμήμα για να εξασφαλίζει την άνεση και σταθερός αφρός στα πλευρικά τμήματα για την απαιτούμενη πλευρική υποστήριξη. Το κυριότερο υλικό κατασκευής των καθισμάτων είναι οι αφροί MDI (diphenylmethane diisocyanate) και το οποίο καλύπτει τις απαιτήσεις της βιομηχανίας του αυτοκινήτου. Πρόκειται για έναν ιδιαίτερα σταθερό εύκαμπτο αφρό, συγκριτικά με αυτούς που προηγήθηκαν στην εφαρμογή αυτή, ο οποίος παρέχει ελευθερία στο σχεδιασμό και την κατασκευή των καθισμάτων.

3.2.5 Συστήματα εισαγωγής αέρα

Το Nylon και το πολυπροπυλένιο χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των συστημάτων καθαρισμού του αέρα που εισάγεται. Το πολυπροπυλένιο έγινε αποδεκτό κατά την διάρκεια του 1970 ως ένα αποτελεσματικό και με χαμηλό κόστος υλικό κατασκευής των φίλτρων αέρος το οποίο αντέχει στην έκθεση του σε χημικά και σε υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στη μηχανή. Χρησιμοποιήθηκαν διάφοροι σχηματισμοί με ενισχύσεις γυαλιού και μεταλλικά ένθετα. Η διαμόρφωση με έγχυση διασφάλισε το χαμηλό κόστος έναντι της κατασκευής με μεταλλικά φύλλα. Στις περισσότερες συσκευές φίλτρων

αέρα, το ίδιο το φίλτρο συγκρατείται μαζί με την βοήθεια PUR αφρού υψηλής πυκνότητας και το οποίο αποτελεί μια σφιχτή φλάντζα μεταξύ του σώματος και του καλύμματος. Τα σημεία εισαγωγής των αεραγωγών που συχνά τοποθετούνται κοντά στο σύστημα αγωγών των καυσαερίων, συνήθως διαμορφώνονται από Nylon ενισχυμένο με γυαλί λόγω της μεγαλύτερης αντίστασης του στη θερμική παραμόρφωση.

3.2.6 Σύστημα ψύξης

3.2.6.α Κίνηση του αέρα

Ο ανεμιστήρας του ψυγείου είναι βασικό στοιχείο του συστήματος ψύξης του αυτοκινήτου. Ένας ανεμιστήρας ψυγείου πρέπει να αντέχει στις υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στην μηχανή και ταυτόχρονα να έχει αντοχή στην διάβρωση που προκαλείται από τα χημικά, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται στα ψυγεία.

Οι πρώτοι πλαστικοί ανεμιστήρες και τα πλαστικά καλύμματα τους εμφανίστηκαν στις αρχές του 1960. Ορόσημο ήταν η εισαγωγή ενός ανεμιστήρα κατασκευασμένο από Nylon με πέντε λεπίδες από την Mercedes το 1968. Στη συνέχεια ακολούθησαν και άλλες όμοιες καινοτομίες. Υπήρχαν εμφανή πλεονεκτήματα από την αντικατάσταση των εξαρτημάτων που κατασκευαζόταν από μεταλλικά φύλλα με εξαρτήματα που προέρχονται από την διαμόρφωση με έγχυση σε ένα και μόνο κομμάτι. Το PP παρέχει καλή ικανότητα διαμόρφωσης και ιδιότητες με χαμηλό κόστος και είναι το καταλληλότερο υλικό κατασκευής ανεμιστήρων. Για υψηλότερες τιμές της θερμοκρασίας θα προτεινόταν ίσως το ενισχυμένο με ίνες γυαλιού PP, ενώ για υψηλότερες τιμές της αντίστασης θα προτεινόταν το ενισχυμένο με ίνες γυαλιού Nylon. Για

περιβάλλον εργασίας με πολύ σκόνη και άμμο, η Peugeot εισήγαγε τους ανεμιστήρες από ενισχυμένο με μακριές ίνες Nylon 66.

Η ικανότητα των Nylon πλαστικών να αντέχουν σε υψηλές θερμοκρασίες επιτρέπει στον ανεμιστήρα του ψυγείου να διατηρεί την ακεραιότητα του χωρίς καμία ουσιαστική παραμόρφωση που μπορεί να μειώσει την ροή του αέρα μέσα από το ψυγείο. Το μικρό βάρος του Nylon και η ευλυγισία που παρουσιάζει στο σχεδιασμό επιτρέπει την κατασκευή ανεμιστήρων ψυγείου με τα λιγότερα εξαρτήματα με σημαντική μείωση βάρους για τους κατασκευαστές.

Στα καλύμματα των ανεμιστήρων η κυριότερη απαίτηση είναι αυτή της ακαμψίας, συχνά στα πολύ λεπτά τμήματα του εξαρτήματος, και λιγότερο η αντίσταση στη κρούση. Για το λόγο αυτό τα ενισχυμένα με γυαλί υλικά χρησιμοποιούνται παγκοσμίως, ιδιαίτερα το ενισχυμένο PP, τα SMC και GMT-PP, καθώς επίσης και το ενισχυμένο Nylon να παρουσιάζουν ραγδαία αναπτυσσόμενη χρήση. Το 1980 η Peugeot πρωτοστάτησε στην ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου μπροστινού πλαισίου στο οποίο το κάλυμμα του ανεμιστήρα ήταν μέρος της δομής του πλαισίου.

3.2.6.β Ψυγείο

Η μεγαλύτερη επιτυχία της χρήση των πλαστικών στο σύστημα ψύξης ήταν η κατασκευή του ψυγείου. Αυτό κατασκευάστηκε πρώτα στην Γαλλία στις αρχές του 1970 από την εταιρία Sofica (τόρα γνωστή ως Valeo) για το Volkswagen Passat. Αντικατέστησε το ψυγείο που κατασκευαζόταν μέχρι τότε με επικάλυψη χαλκού και απαιτούσε πολύ δουλειά και συχνά παρουσίαζε φαινόμενα διαρροών. Στη θέση του τοποθετήθηκε μια συσκευή κατασκευασμένη από αλουμίνιο στην οποία

οι πλαστικές δεξαμενές προσαρμόστηκαν στο κυρίως μέρος του ψυγείου με τσιμπίδες. Αυτό ήταν μια καινοτομία αφού έως τότε ούτε η εταιρία Sofica ούτε η εταιρία VW είχαν ασχοληθεί με το σύστημα ψύξης του αυτοκινήτου.

Διεξοδικοί έλεγχοι του αντιψυκτικού υπό υψηλές πιέσεις καθιέρωσαν το ενισχυμένο με ίνες γυαλιού Nylon 66 ως το καλύτερο υλικό κατασκευής των δεξαμενών ψυγείου. Τα είκοσι χρόνια που ακολούθησαν και τα εκατομμύρια των δεξαμενών που κατασκευάστηκαν οδήγησαν μόνο σε μικρές αλλαγές που έγιναν για τη βελτίωση της αντίστασης στην υδρόλυση. Ορισμένα Γαλλικά και Ιταλικά μοντέλα χρησιμοποίησαν δεξαμενές ψυγείων κατασκευασμένες από PPO αρχικά, λόγω των διαστατικών πλεονεκτημάτων που προσέφεραν με την μικρή συρρίκνωση που παρατηρείται στο άμορφο υλικό, αλλά μακροπρόθεσμα η αντίσταση στη κόπωση αποδείχθηκε να είναι χαμηλότερη στο ενισχυμένο Nylon.

3.2.6.γ Αντλίες νερού

Το προστατευτικό κάλυμμα των αντλιών του νερού (και το κάλυμμα του θερμοστάτη) ήταν για αρκετό καιρό ο στόχος των προμηθευτών πλαστικών υλικών. Από τη πλευρά των διαστάσεων αυτά τα εξαρτήματα απαιτούν μεγάλη ακρίβεια και οι μηχανικές φαινόμενες φαίνονται να αποτελούν το πιο πιθανό υποψήφιο υλικό.

Στις αντλίες νερού χρησιμοποιούνται τα διαμορφωμένα με έγχυση Nylon και πολυφαινυλικά σουλφίδια (PPS). Οι αντλίες του νερού βοηθούν στην ψύξη των συστημάτων της μηχανής. Το Nylon και το PPS παρέχουν μεγάλη αντίσταση στη διάβρωση. Η ικανότητα τους να

αντέχουν σε υψηλές πιέσεις τα καθιστά ιδανικά υλικά για να χρησιμοποιηθούν σε ανάλογες εφαρμογές.

3.2.7 Σύστημα εισαγωγής καυσίμου

3.2.7.α Δεξαμενές καυσίμων

Οι πλαστικές δεξαμενές καυσίμου κατασκευάζονται από υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο (HDPE), ένα δυνατό και ελαφρύ υλικό που επέτρεψε στους κατασκευαστές των αυτοκινήτων να μειώσουν σημαντικά το συνολικό βάρος του οχήματος και έτσι να έχουν καλύτερη απόδοση καυσίμου. Οι δεξαμενές καυσίμων που κατασκευάστηκαν από HDPE διαμορφωμένο με εμφύσηση εδραιώθηκαν στην βιομηχανία των μηχανών, τόσο πολύ που είναι δύσκολο να πιστέψει κανείς τις προκαταλήψεις που υπάρχουν για τις πλαστικές δεξαμενές. Εν μέρει αυτό ήταν αποτέλεσμα της παλαιάς νομοθεσίας π.χ. όταν βγήκε στην αγορά το πρώτο μοντέλο της Volkswagen με πλαστική δεξαμενή, το 1973, οι βρετανοί κατασκευαστές ήταν ακόμη αναγκασμένοι σύμφωνα με το νόμο του 1929 να κατασκευάζουν χαλύβδινες δεξαμενές.

Η αλλαγή επιταχύνθηκε από την διαπίστωση ότι οι πλαστικές δεξαμενές μπορούσαν να κατασκευαστούν γρήγορα σε οικονομικά σχήματα και πέραν του ότι οι πλαστικές δεξαμενές ήταν ακίνδυνες, ήταν πιο ασφαλής από τις μεταλλικές διότι η πιθανότητα έκρηξης είχε σχεδόν εξαφανιστεί. Αρχικά η επιλογή του υλικού ήταν δύσκολη. Από τα πλαστικά που ήταν διαθέσιμα με συγκεκριμένο κόστος, το Nylon πρόσφερε την καλύτερη στεγανότητα ενάντια στο πετρέλαιο, αλλά ήταν ιδιαίτερα δύσκολο να διαμορφωθεί σε μεγάλα κομμάτια και ταυτόχρονα να διατηρήσει την αντίσταση του στη πρόσκρουση. Το HDPE με το μεγάλο μοριακό βάρος του έγινε γρήγορα η επιλογή για την εφαρμογή

αυτή, εξαιτίας της ικανότητας του να διαμορφώνεται με εμφύσηση σε μεγάλα κομμάτια και της αντίστασης του στη πρόσκρουση.

Οι πλαστικές δεξαμενές καυσίμων κατασκευάζονται με διαδικασία διαμόρφωσης πολλών στρωμάτων υλικού με εμφύσηση, η οποία χρησιμοποιεί ανακυκλωμένο και κανονικό HDPE. Το ενδιάμεσο υλικό αποτελείται από αιθυλενο-βινυλική αλκοόλη (EVOH) και χρησιμοποιείται για να επιτευχθεί η απαραίτητη αγωγιμότητα που επιτρέπει σημαντική μείωση της εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα από την δεξαμενή.

Οι πλαστικές δεξαμενές καυσίμου παρουσιάζουν αντοχή στη διάβρωση, οι HDPE δεξαμενές δεν πρόκειται να σκουριάσουν ούτε να μολύνουν το καύσιμο που περιέχουν. Η υψηλή αντοχή σε τήξη των πλαστικών παρέχει δεξαμενές με αυξημένη αντοχή στη πρόσκρουση για μια πληθώρα θερμοκρασιών. Αυτές οι ιδιότητες εξασφαλίζουν ένα ανθεκτικό προϊόν και παρέχουν αυξημένη ασφάλεια, όσον αφορά τη δεξαμενή καυσίμων, ενώ παράλληλα μειώνουν τις εκπομπές ρύπων που προκύπτουν από τις υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στη δεξαμενή.

3.2.7.β Σωλήνες μεταφοράς καυσίμων

Μια από τις πιο σημαντικές εφαρμογές των πλαστικών στις περιοχές κάτω από το κάλυμμα της μηχανής είναι στα συστήματα εισαγωγής, κυρίως στις μηχανές με έγχυση καυσίμου. Εδώ είναι καθαρά αποδεδειγμένα τα πλεονεκτήματα των πλαστικών όσον αφορά τη μείωση του κόστους, του βάρους (έως και 50%) και τη βελτιωμένη απόδοση των ομαλότερων εσωτερικών επιφανειών.

Τα προβλήματα που εμπλέκονται στη δημιουργία των συστημάτων εισαγωγής με διαμόρφωση έγχυσης σημαίνουν ότι η διαδικασία ανάπτυξης και παραγωγής είναι εκτεταμένη και πολυδάπανη. Το προτεινόμενο υλικό ήταν το PA 66 ενισχυμένο με 35% ίνες γυαλιού. Η πρώτη επιτυχής παραγωγή ξεκίνησε το 1990 με τις 6-κύλινδρες μηχανές της BMW, από BASF υλικό.

Τα θερμοσκληρυνόμενα υλικά χρησιμοποιήθηκαν με παρόμοιο τρόπο, αξιολογημένη είναι η χρήση του BMC για το Ford Escort 1.8 diesel. Η Ford ανακάλυψε ότι το ενισχυμένο Nylon παρείχε καλύτερη αντίσταση στους κραδασμούς και στη κρούση από το BMC και το 1992 υιοθέτησε το PA 66 ενισχυμένο με 35% ίνες γυαλιού για την Zeta μηχανή που κατασκεύασε.

3.2.7.γ Σωλήνες παροχής καυσίμου

Το κυριότερο υλικό κατασκευής των σωληνώσεων καυσίμου είναι το Nylon. Οι ποικιλίες του Nylon οι οποίες χρησιμοποιούνται περιέχουν ένα ενδιάμεσο στρώμα όμοιο με αυτό που χρησιμοποιείται στις δεξαμενές καυσίμων για την μείωση της εκπομπής ρύπων. Η χρήση ενδιάμεσων στρωμάτων στις σωληνώσεις από Nylon είναι εφικτή λόγω της ανάπτυξης τεχνικών εξαγωγής πολλαπλών στρωμάτων. Το μικρό βάρος, η ευλυγισία και η μικρή αγωγιμότητα τους είναι προσόντα που οι κατασκευαστές τα θεωρούν άκρως ελκυστικά.

Συγκριτικά με τους αντίστοιχους μεταλλικούς σωλήνες, οι πλαστικοί σωλήνες είναι σημαντικά ελαφρύτεροι. Η χρήση των πλαστικών σωληνών παροχής καυσίμου συμβάλλει στην συνολική μείωση του βάρους του οχήματος. Το σημαντικότερο στοιχείο των σωληνώσεων καυσίμου είναι η συνεισφορά τους στην ασφάλεια του

αυτοκινήτου. Η ευλυγισία και η ακαμψία του Nylon συνεισφέρει στην αύξηση της ασφάλειας σε περίπτωση ατυχήματος.

Τα εύκαμπτα συστήματα σωληνώσεων παροχής καυσίμου αυξάνουν την ασφάλεια σε περίπτωση ατυχήματος, αφού σε αντίθεση με τα μεταλλικά, μπορούν να καμφθούν ώστε να γίνουν επίπεδα αντί να σκίζονται και να παρατηρείται διαρροή καυσίμων με ταυτόχρονο κίνδυνο μιας έκρηξης ή μιας πυρκαγιάς. Οι σωληνώσεις από Nylon είναι ανθεκτικές στις ταλαντώσεις, ενώ η αντίσταση τους στη διάβρωση, στη σύνθλιψη και φθορά λόγω τριβών είναι μεγάλη. Η εκπληκτική ικανότητά τους να λυγίζουν και να αντέχουν σε μια μεγάλη ποικιλία πιέσεων, τα κατατάσσει στις πρώτες θέσεις της λίστας κατάλληλων υλικών για την κατασκευή σωληνώσεων καυσίμου.

3.2.7.δ Αντλίες καυσίμων

Οι πλαστικές αντλίες καυσίμων προσφέρουν ένα ενιαίο σύστημα το οποίο μπορεί να εμπεριέχει ηλεκτρονικά συστήματα καταστολής θορύβων. Τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τη χρησιμοποίηση ενός ενιαίου προϊόντος δεν περιορίζονται μόνο στη μείωση βάρους αλλά και στην εξοικονόμηση χώρου, κόστους, και αριθμού εξαρτημάτων. Τα πλαστικά επιτρέπουν τον ενιαίο σχεδιασμό συστημάτων, τα οποία ταιριάζουν απόλυτα μεταξύ τους αποφεύγοντας τυχόν διαρροές καυσίμων στο κύκλωμα ή σε άλλα μέρη της αντλίας.

3.2.7.ε Μετρητές καυσίμου

Οι πλαστικοί μετρητές καυσίμου που στεγάζονται στην αντλία και οι πομποί που παρέχουν πληροφορίες για τα επίπεδα καυσίμου και φίλτρου, προσφέρουν στους μηχανικούς ευκολία στον χειρισμό. Οι πλαστικοί μετρητές καυσίμων επιτρέπουν την ομαλή διοχέτευση των

καυσίμων στην δεξαμενή υπό σταθερή και μόνιμη πίεση. Αυτή η λειτουργία καλύπτει τις απαιτήσεις των καταναλωτών και ταυτόχρονα επιτυγχάνεται με μικρό κόστος παραγωγής και σημαντικά εγγυημένα κέρδη.

3.2.7.στ Γραμμές καυσίμου

Τα πλαστικά προσφέρουν σημαντικά πλεονεκτήματα σε εφαρμογές όπως οι γραμμές καυσίμων. Με τον όρο γραμμή καυσίμου εννοούμε τον σωλήνα ο οποίος μεταφέρει το καύσιμο στους ηλεκτρικούς αναφλεκτήρες (μπουζί) και στη βαλβίδα ψυχρής εκκίνησης. Οι σύνθετες γραμμές προσφέρουν πολύπλευρες ικανότητες έγχυσης καυσίμου, για παράδειγμα διαφορετικά είδη ροής καυσίμου. Οι πλαστικές γραμμές καυσίμου είναι πιο οικονομικές και εύκολα συνδυάζονται με το σύστημα εισαγωγής καυσίμων σε μορφή νέφους, το οποίο χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο από την αυτοκινητοβιομηχανία.

3.2.8 Λεκάνη αποστράγγισης του ελαίου

Αυτή η εφαρμογή προκάλεσε την προσοχή των προμηθευτών πλαστικών υλικών χωρίς όμως την ανάλογη ανταμοιβή για τις προσπάθειές τους. Οι κυριότερες δυσκολίες είναι η θερμοκρασία που αναπτύσσεται (συνήθως 160°C) και η τάση για διαρροή μεταξύ των πλαστικών και των μεταλλικών επιφανειών. Πρέπει να τονίσουμε ότι οι περισσότερες λεκάνες αποστράγγισης κατασκευάζονται από πρεσσαριστά μέταλλα και δεν είναι τόσο ακριβή η κατασκευή τους. Γενικότερα, μόνο όταν ο σχεδιασμός περιλαμβάνει πολλαπλές πιέσεις και βαθιές τομές είναι πιθανόν να έχουμε οφέλη με την αλλαγή σε πλαστικό. Στοιχεία που προέκυψαν από τις μετρήσεις των θερμοκρασιών του νερού και του λαδιού, δείχνουν ότι η αλλαγή σε μια σύνθετη λεκάνη

αποστράγγισης θα επέτρεπε στην μηχανή να φθάσει πιο γρήγορα στην ιδανική θερμοκρασία λειτουργίας.

Τα μη ενισχυμένα πλαστικά δεν παρουσιάζουν επαρκή ακαμψία και αντοχή. Επίσης, οι συνθέσεις με τεμαχισμένες ενισχυτικές ίνες είναι λιγότερο πιθανό να επιλεγούν σε σχέση με αυτές που έχουν ενίσχυση με συνεχής ίνες ή με νιφάδες γυαλιού. Το Nylon 66 με διασκορπισμένες ίνες γυαλιού χρησιμοποιήθηκε για λίγο διάστημα από την βιομηχανία των ΗΠΑ αλλά σύντομα αποσύρθηκε. Διάφορες εκδόσεις του SMC με βινυλεστέρες αποδείχτηκαν ικανές για τις λεκάνες αποστράγγισης των βαρέων οχημάτων καθώς και της Porsche 944 του 1987. Το ανταγωνιστικό υλικό στον τομέα αυτό ήταν το αλουμίνιο. Η λεκάνη αποστράγγισης από SMC παρείχε μείωση στο ένα τρίτο του βάρους και κόστους και ήταν πιο ανθεκτική στους ελέγχους που έγιναν για την αντοχή σε κρούση και την ευφλεκτότητα της.

Τα εξαρτήματα που βρίσκονται σε επαφή με το έλαιο και βρίσκονται μέσα και γύρω από την μηχανή πρέπει να έχουν διάρκεια ζωής τουλάχιστον 5000 ώρες σε θερμοκρασίες γύρω στους 130°C σε κανονικές συνθήκες και περιστασιακά σε θερμοκρασίες που αγγίζουν τους 160°C. Για εξαρτήματα που βρίσκονται εκτός του στροφαλοθαλάμου οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται κυμαίνονται από 110-130°C. Τα καπάκια των δοχείων που περιέχουν το έλαιο κατασκευάζονται από PA 66 και το PP χρησιμοποιήθηκε για μεγαλύτερα καπάκια που περιείχαν σύστημα διαφυγής. Τα φίλτρα του λαδιού κατασκευάζονται από ενισχυμένο Nylon και μηχανικά φαινολικά.

3.2.9 Σύστημα μετάδοσης κίνησης

Τα συστήματα μετάδοσης της κίνησης περιέχουν ένα μεγάλο αριθμό πλαστικών εξαρτημάτων, η ύπαρξη των οποίων είναι άγνωστη στο ευρύ κοινό. Η Daimler Benz δήλωσε ότι ένα σύγχρονο αυτοκίνητο μπορεί να περιέχει πάνω από εκατό πλαστικά εξαρτήματα μέσα στο σύστημα μετάδοσης της κίνησης, με συνολικό βάρος που δεν ξεπερνά το 1Kgr. Οι τριβείς συγκαταλέγονται ανάμεσα στα πολυάριθμα και πιο ευρέως διαδεδομένα από αυτά εξαρτήματα. Τα πλαστικά χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή των διαμορφωμένων με έγχυση κυκλικών τριβέων από τις αρχές του 1960 και τώρα παρουσιάζονται σε σημαντικές συσκευές όπως το διαφορικό, το σύστημα απεμπλοκής του συμπλέκτη, το σύστημα μετάδοσης κίνησης και τους τροχούς.

Το υλικό που χρησιμοποιείται περισσότερο είναι το PA 66. Το θερμικά σχηματιζόμενο Nylon χωρίς ένθετα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις όπου έχουμε παρατεταμένη αύξηση της θερμοκρασίας έως τους 90°C, χωρίς την ύπαρξη υπερβολικών φορτίων. Το ενισχυμένο με γυαλί PA χρησιμοποιείται για συνεχή θέρμανση έως τους 120°C και σε περιπτώσεις όπου η αλλαγή της φόρτισης είναι πιθανών να είναι πολύ υψηλή για το μη ενισχυμένο πολυμερές. Για θερμοκρασίες εργασίας πάνω από 120°C η αντίσταση στην οξείδωση του PA 66 είναι αμφίβολη: στην περιοχή των υψηλών θερμοκρασιών (έως 180°C) εδραιώνεται το PES συνήθως στον ενισχυμένο τύπο. Στην πραγματικότητα το PES είναι αρκετά ανώτερο του ορείχαλκου. Τα πολυμερή που παρουσιάζουν την πιο αξιοπρεπή απόδοση, όπως το ενισχυμένο με γυαλί PA 46 συναγωνίζονται στην περιοχή των θερμοκρασιών από 120°C έως 180°C. Το PA 46 χρησιμοποιείται στην κατασκευή των στηριγμάτων του κιβωτίου των ταχυτήτων που εργάζεται σε όμοιο περιβάλλον.

3.2.9.α Τριβείς

Αυτή είναι μια άλλη περιοχή η οποία περιέχει πολύ μικρά, αλλά αποτελεσματικά και οικονομικά πλαστικά εξαρτήματα. Το PA αποτέλεσε για πολλά χρόνια ένα βασικό συστατικό για την κατασκευή εξαρτημάτων όπως οι τριβείς στο σύστημα απεμπλοκής του συμπλέκτη, τα δακτυλίδια του συμπλέκτη, οι ωστικοί δακτύλιοι και οι κύριοι κύλινδροι. Το PA 66 χρησιμοποιείται περισσότερο, ενώ το PA 46 εμφανίζεται σε εφαρμογές όπου παρατηρούνται υψηλές θερμοκρασίες. Το PA χρησιμοποιείται σαν υλικό επικάλυψης στους τριβείς διότι η ευκαμψία του, επιτρέπει σε αυτό να συμπίεζεται κατά την εφαρμογή του και να διαστέλλεται μετά την τοποθέτηση του. Η χαμηλή τριβή του για μια μεγάλη περιοχή θερμοκρασιών το καθιστά ιδανικό υποκατάστατο το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε σφαιρικά έδρανα κίνησης και σε συστήματα ταχυμέτρων.

Η υψηλή ανθεκτικότητα του και η χημική του αντίσταση επιτρέπει την αύξηση της ζωής των τριβέων ενώ συμβάλλει στην μείωση του συνολικού βάρους του αυτοκινήτου. Τα ελατήρια ασφάλισης της μετάδοσης που χρησιμοποιούνται στα περισσότερα αυτοκίνητα είναι φτιαγμένα από fluoro polymers, τα οποία έχουν τα τυπικά πλεονεκτήματα των πλαστικών και επιπλέον διαθέτουν χαμηλή διαπερατότητα.

Τα μηχανικά φαινορικά χρησιμοποιούνται στα συστήματα αυτόματων μεταδόσεων και προσφέρουν χαμηλότερο κόστος σε σχέση με το αλουμίνιο και καλύτερη αντίσταση στη συνεχή μεταβολή του σχήματος του υλικού από ότι τα θερμοπλαστικά.

3.2.9.β Σφόνδυλοι

Ο σφόνδυλος είναι μια συσκευή αποθήκευσης της ενέργειας και βοηθά στην διατήρηση της περιστροφικής ροπής του στροφαλοφόρου άξονα μεταξύ των εμβόλων ανάφλεξης. Ο σφόνδυλος είναι επίσης σημαντικός στα ηλεκτρικά και στα υδροηλεκτρικά (hybrid-electric) οχήματα, όπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο της ενέργειας του οχήματος. Οι σφόνδυλοι από πλαστικό βοηθούν στην μείωση του βάρους του οχήματος. Η χρήση των πλαστικών μειώνει τον κίνδυνο ενός ελεύθερα περιστρεφόμενου σφονδύλου, αφού το ποσοστό διάλυσης του σφονδύλου κατά την σύγκρουση είναι ιδιαίτερα χαμηλό.

3.2.9.γ Μηχανισμός αλλαγής

Αυτή είναι μια εύφορη περιοχή για την ανάπτυξη ειδικών σχηματισμών που συνδυάζουν την ικανότητα περιορισμού τριβών με την αντίσταση στη μεταβολή του σχήματος και στην αύξηση της θερμοκρασίας. Ο μηχανισμός αλλαγής του μοντέλου Audi 80 αποτελείται από δύο επιμέρους κομμάτια που συναρμολογούνται πολύ γρήγορα σε μια Nylon σύνθεση που περιέχει PTFE,σιλικόνη και ίνες γυαλιού. Μια άλλη εφαρμογή είναι το κάλυμμα του κιβωτίου των ταχυτήτων, το οποίο κατασκευάζεται από ενισχυμένο με γυαλί PA 66.

3.2.9.δ Φτερωτές

Τα δυναμικά πλεονεκτήματα των ενισχυμένων με συνεχής ίνες συνθέσεων σε εξαρτήματα υψηλών προδιαγραφών όπως οι φτερωτές αποτέλεσαν πόλο έλξης των σχεδιαστών για πολλά χρόνια. Υπάρχουν πολλά οφέλη από την μείωση του θορύβου και των κραδασμών καθώς επίσης και από την μείωση του βάρους. Το 1980 οι εταιρίες Renault και VW παρουσίασαν μια επιτυχής σχεδίαση της φτερωτής. Το 1990

συντάχθηκε μια λεπτομερής ερεύνα για το Audi Quattro Sport όπου αποδείχθηκε ότι οι φτερωτές που κατασκευάζονται από συγκόλληση ενισχυμένη με ίνες άνθρακα έχουν πολύ καλή απόδοση κάτω από υπερβολική χρήση και στα crash tests.

3.2.10 Σύστημα μετάδοσης ισχύος

Το σύστημα μετάδοσης της ισχύος είναι ένα από τα πιο πολύπλοκα μηχανικά συστήματα του αυτοκινήτου. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται σε αυτές τις εφαρμογές θα πρέπει να έχουν μια ποικιλία γνωρισμάτων προκειμένου να έχουν καλή απόδοση. Η ικανότητα των πλαστικών να αντέχουν σε υψηλές θερμοκρασίες και σε διάφορα χημικά είναι ζωτικής σημασίας για αυτές τις εφαρμογές. Επιπλέον, το χαμηλό βάρος των υλικών, το χαμηλό κόστος και η ελευθερία στον σχεδιασμό τα καθιστά ως τα καταλληλότερα υλικά για χρήση στα συστήματα αυτά. Σχεδόν σε κάθε εφαρμογή στα συστήματα ισχύος υπάρχει ένα πλαστικό το οποίο εξασφαλίζει την ευκολία συναρμολόγησης του εξαρτήματος και την αξιοπιστία του.

Το μικρό βάρος των πλαστικών, η ανθεκτικότητά τους, η ευλυγισία στον σχεδιασμό και η ομοιόμορφη επιφάνεια, τα καθιστά ως ιδανικά υλικά για χρήση στα συστήματα μεταφοράς ισχύος. Λόγω της μείωσης του κόστους, του βάρους και της βελτίωσης της απορρόφησης θορύβου και κραδασμών τα πλαστικά χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή του συμπλέκτη με ενιαίο σχέδιο, στους σωλήνες εισαγωγής αέρα, στο πεντάλ επιτάχυνσης και επιβράδυνσης και στο κιβώτιο των ταχυτήτων.

Από την επικάλυψη και τη προστασία των τριβέων και των οδοντωτών τροχών έως τους ίδιους τους τροχούς, ειδικά πλαστικά

συμβάλλουν στη μείωση του βάρους και του κόστους παραγωγής ενώ παράλληλα αποτελούν φθινό υλικό ικανό να αντεπεξεχθεί στη χρήση κάτω από αντίξοες περιβαλλοντικές συνθήκες.

3.2.11 Φρένα

Η πιθανή εισαγωγή των πλαστικών πεντάλ στα φρένα των αυτοκινήτων μπορεί να θεωρηθεί ως η πιο σημαντική είσοδο των πλαστικών στην τεχνολογία των φρένων. Το σύστημα των φρένων είναι ένα από τα πιο σημαντικά συστήματα του αυτοκινήτου. Σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, η αποφυγή ατυχημάτων είναι αδύνατη χωρίς τη χρήση λειτουργικών φρένων. Τα νέα συστήματα φρεναρίσματος παρέχουν πίεση χιλιάδων λιβρών σε κάθε ένα από τα 4 φρένα. Το αυτόματο σύστημα φρεναρίσματος (ABS) κατασκευάζεται από πλαστικό και ο πίνακας του ηλεκτρικού κυκλώματος ελέγχου των φρένων κατασκευάζεται από εύκαμπτο πλαστικό. Τα πλαστικά στρώματα των φρένων κατασκευάζονται από σκληρές ίνες aramid, χρησιμοποιώντας το ίδιο υλικό με το οποίο κατασκευάζονται τα αλεξίσφαιρα γιλέκα.

Ένα άλλο πεδίο εφαρμογής του Nylon και ειδικότερα του PA 11 και του PA12 είναι στα φρένα με αέρα. Το ενισχυμένο με γυαλί PA χρησιμοποιείται σαν ασπίδα για τους δίσκους των φρένων και ειδικότερο το PA και το ενισχυμένο PBT χρησιμοποιήθηκαν για την επικάλυψη του σερβομηχανισμού των φρένων.

3.2.12 Ηλεκτρικό κύκλωμα

3.2.12.α Ανάφλεξη

Ο Robert Bosch δημιούργησε την πρώτη ανάφλεξη υψηλής τάσης το 1902. Αυτό αποτέλεσε και την έναρξη της χρήσης των πολυμερών στα

ηλεκτρικά του αυτοκινήτου, το ποσοστό των οποίων υπολογίζεται στο 25% του συνολικού κόστους των ηλεκτρικών εξαρτημάτων του αυτοκινήτου. Το καουτσούκ ήταν το δημοφιλέστερο υλικό για τη μόνωση των ηλεκτρικών καλωδίων, μέχρι την εμφάνιση του PVC. Η ρητίνη PF χρησιμοποιήθηκε ως μονωτικό υλικό από το 1909, αλλά από τα μέσα της δεκαετίας του 1920 και έπειτα υπερίσχυσε έναντι του καουτσούκ λόγω της βελτίωσης της τεχνολογίας διαμόρφωσης του PF, σε εξαρτήματα όπως οι διανομείς και οι μαγνήτες.

Το πολυεστερικό BMC αρχικά χρησιμοποιήθηκε στα καπάκια των διανομέων και στα πηνία της ανάφλεξης, αλλά η τεχνολογία των θερμοπλαστικών δεν εξελίχθηκε εις βάρος των θερμοσκληρυνόμενων πριν από το 1970. Αυτή η διαδικασία είχε μεγαλύτερη απήχηση στις ΗΠΑ παρά στην Ευρώπη, όπου το PET και το PBT χρησιμοποιούνται στα καπάκια και τους ρότορες των διανομέων και στα καπάκια των μπουζί. Το Nylon το οποίο εμφανίζεται με τη μορφή του PA 66 με μεταλλικά ένθετα για τα σώματα των πηνίων και με το PA 46 για τα καλύμματα των μπουζί. Τα κινητά στοιχεία των διακοπών ανάφλεξης της εταιρίας Mercedes κατασκευάζονται από μια ειδική σύνθεση PA 66 μαζί με PTFE και ίνες aramid. Η εταιρία Magneti Marelli εισήγαγε στην αγορά ειδικά υλικά για υψηλή απόδοση, όπως το PEEK στους βραχίονες του ρότορα στα αυτοκίνητα της Φεράρι Formula 1.

3.2.12.β Κιβώτιο μπαταρίας

Μέχρι πριν από λίγα χρόνια τα κιβώτια των μπαταριών κατασκευάζονταν από θερμοσκληρυνόμενα υλικά που περιείχαν ένθετα. Εκτός από τη χρήση του πολυστυρενίου για τα κιβώτια των μπαταριών στο NSU Prinz στις αρχές της δεκαετίας του 1960, τα θερμοσκληρυνόμενα υλικά δεν ήταν αποδεκτά για την εγκατάσταση των

μπαταριών στα επιβατικά αυτοκίνητα. Από το 1970 και μετά το πολυπροπυλένιο αναδείχθηκε ως το ιδανικότερο υλικό για την εφαρμογή αυτή, με εξαιρετική αντοχή στα οξέα, χαμηλό κόστος και ευκολία στη διαμόρφωση. Τα προβλήματα του διαστατικού ελέγχου αντιμετωπίστηκαν με την έλευση του "ελέγχου ροής της ύλης" παράλληλα με την ισοτροπική συρρίκνωση που εμφανίζει.

3.2.12.γ Σύνδεσμοι

Το πρωταρχικό στοιχείο για τη κατασκευή των συνδέσμων είναι το PA 66, λόγω της ικανότητας του να αντέχει σε εφαρμογές κάτω από καλύμματα, ενώ ο συνδυασμός σκληρότητας και αντίστασης στη παραμόρφωση το καθιστούν ικανό για τις συσκευές συγκράτησης. Ο σχηματισμός πρέπει να ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές της σύνδεσης και ειδικότερα στην αντοχή στην ανάφλεξη.

Η αύξηση της πολυπλοκότητας της χρήσης κάτω από το κάλυμμα της μηχανής, σηματοδοτεί νέες ευκαιρίες για τους πλαστικούς συνδέσμους, σε αυξημένες θερμοκρασίες του περιβάλλοντος εργασίας, οι οποίες ξεπερνούν τις δυνατότητες του PA 66. Αυτή η περιοχή αποτελεί το στίβο όπου συναγωνίζονται διάφορα υλικά ως προς την απόδοση τους, όπως το PPS, PES, PEI, PA 46 και το ήμι-αρωματικό (semi-aromatic) PA. Η επιλογή πρέπει να βασιστεί σε ουσιαστικές διαφορές μεταξύ των ιδιοτήτων, όπως φαίνεται παρακάτω. Ένας σύνδεσμος που κατασκευάζεται από AMP για το σύστημα ελέγχου της μηχανής της εταιρίας BMW χρησιμοποιεί PES: οι λόγοι είναι η υψηλή αντοχή σε θερμοκρασίες που αγγίζουν τους 180°C συν την ανάγκη για ελαστικότητα (που σχετίζεται με τα μη ενισχυμένα υλικά) και η ομοιόμορφη ηλεκτρική απόδοση για μια ευρεία περιοχή θερμοκρασιών (ένα από τα χαρακτηριστικά των άμορφων αρωματικών πολυμερών).

Ένας σύνδεσμος από TRW για το σύστημα αυτόματης μετάδοσης της VW χρειάζεται όχι μόνο τη δυνατότητα αντοχής σε θερμοκρασίες πάνω από 180°C, αλλά και την αντίσταση στο θερμό υγρό των φρένων, οπότε σ' αυτή τη περίπτωση η απάντηση βρίσκεται στο PA 46. Το PA 46 χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις όπου ο σύνδεσμος βρίσκεται σε άμεση επαφή με τη θήκη του κυλίνδρου της μηχανής.

3.2.12.δ Καλώδια

Κατά τη διάρκεια των παραγωγικών της χρόνων η βιομηχανία του αυτοκινήτου χρησιμοποίησε το καουτσούκ σαν μονωτικό υλικό. Η επικάλυψη των καλωδίων με εξελασμένο PVC άρχισε κατά τη διάρκεια του Δεύτερου Παγκόσμιου Πολέμου κυρίως λόγω των αναγκών που είχε η πολεμική αεροπορία ενώ λίγα χρόνια αργότερα η αυτοκινητοβιομηχανία με τη σειρά της χρησιμοποίησε το PVC ως μονωτικό υλικό.

Η ανάγκη της σωστής διάταξης των καλωδίων που βρίσκονται τοποθετημένα κάτω από το καπό και της προστασίας του PVC από τις υψηλές θερμοκρασίες προκάλεσε την δημιουργία νέων εφαρμογών για τα πλαστικά. Καλώδια από PA 66 (που διαλέχτηκαν για το συνδυασμό σκληρότητας και αντίστασης στη παραμόρφωση) διαμορφώνονται με έγχυση για μια μεγάλη ποικιλία μεγεθών και χαρακτηριστικών αντοχής. Ο συνεχώς αυξανόμενος αριθμός των θερμικών πηγών οδήγησαν στη χρήση ειδικών καναλιών και οδηγών για τα καλώδια, με υλικά που παρουσίαζαν μεγαλύτερη θερμική αντοχή όπως τα PES και PA 46.

Τα ακρυλικά καλώδια με οπτικές ίνες μπορούν να επαυξάνουν τον φωτισμό στο εσωτερικό του αυτοκινήτου, καθώς και να διευκολύνουν τις συνδέσεις μεταξύ των μπαταριών και των υπολοίπων εξαρτημάτων. Τα

πλαστικά καλώδια με οπτικές ίνες εισάγονται μέσα και μεταξύ των εξαρτημάτων του αυτοκινήτου. Επίσης, χρησιμοποιούνται στην επιτάχυνση και στη μεταφορά των πληροφοριών στα πολύπλοκα εξαρτήματα όπως είναι ο εξοπλισμός πλοήγησης GPS και οι αισθητήρες ABS. Με την χρήση των πλαστικών καλωδίων οπτικών ινών και μειώνοντας την ποσότητα καλωδίων χαλκού, μειώνεται το συνολικό βάρος του αυτοκινήτου, οι εφαρμογές δουλεύουν καλύτερα.

3.2.13 Ηλεκτρονικά συστήματα

Τα ηλεκτρονικά συστήματα καλύπτουν το 20% του συνολικού κόστους του αυτοκινήτου. Αυτή είναι μια ολοένα και περισσότερο σημαντική περιοχή εφαρμογής των πλαστικών, όχι τόσο από πλευράς ποσότητας, όσο από πλευράς ευκαιριών που παρέχονται για υλικά με υψηλές προδιαγραφές που καλύπτουν το φάσμα από τα παραδοσιακά μηχανικά πλαστικά μέχρι τα πιο εξελιγμένα πολυμερή.

Αυτή η ενότητα περιλαμβάνει τη περιγραφή διαφόρων πεδίων εφαρμογής των πλαστικών όπως οι σύνδεσμοι και οι διακόπτες. Αυτά που είναι μικρά εξαρτήματα τα οποία παράγονται κατά χιλιάδες, χρειάζονται υλικά διαμορφωμένα με έγχυση με ταχείς κύκλους επεξεργασίας. Για αυτό το λόγο σε αυτές τις εφαρμογές χρησιμοποιήθηκε αρχικά και για αρκετό καιρό το PA 66, ενώ πιο πρόσφατα ξεκίνησε η χρήση των PET και PBT. Οι υψηλές θερμοκρασίες που επικρατούν στο εσωτερικό της μηχανής στρέφουν τη προσοχή προς υλικά εκείνα τα οποία αντέχουν σε συνεχή χρήση στους 150-200°C, όπως τα PSU, PES, PAA, PPS, και PA 46. Μεταξύ αυτών των υλικών με υψηλές αποδόσεις, τα άμορφα πολυμερή όπως τα PES και PEI χωρίς ένθετα, είναι τα καλύτερα για το συνδυασμό ελαστικότητας και καλής εφαρμογής με ταυτόχρονα καλή αντίσταση στη θερμική παραμόρφωση και

σταθερότητα στις διαστάσεις. Ενώ τα υψηλής κρυστάλλωσης πολυμερή όπως το PPS και το PA 46 διασφαλίζουν την καλύτερη αντίσταση στη παραμόρφωση και τη χαλάρωση και σε υψηλές θερμοκρασίες μεγαλύτερη αντοχή στα χημικά.

Ακριβώς οι ίδιοι παράγοντες καθορίζουν και την επιλογή των υλικών στα νέα ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου. Ο ρόλος των πλαστικών υλικών είναι να δημιουργούν ένα εξάρτημα το οποίο να περιβάλλει τους αγωγούς ξεχωριστά και να λειτουργεί για μια ευρεία γκάμα θερμοκρασιών ακόμα και με ταυτόχρονη ύπαρξη χημικών στο χώρο. Για παράδειγμα, ένας αισθητήρας μπορεί να είναι τοποθετημένος μόνιμα στο άξονα του πίσω τροχού, όπως είναι ο αισθητήρας ταχύτητας της BMW. Το κομμάτι του αισθητήρα που βρίσκεται σε μόνιμη επαφή με το ζεστό λάδι, μέχρι και 160°C, είναι από PA 46 ενώ το λιγότερο ευαίσθητο κομμάτι κατασκευάζεται από PBT. Άλλοι αισθητήρες που εκτίθενται σε θερμοκρασίες από -40 έως +130°C, χρησιμοποιούνται για τα συστήματα που ελέγχουν την έγχυση των καυσίμων και την ενεργητική ανάρτηση και κατασκευάζονται από PA 46 και PPS.

Τα πλαστικά υλικά γίνονται ολοένα και πιο αναγκαία στα αυτοκίνητα. Από το σύστημα έγχυσης καυσίμου έως το σύστημα φωτισμού και τους πίνακες ηλεκτρικών κυκλωμάτων, τα πλαστικά βοηθούν στην εγκατάσταση, σύνδεση και απλοποίηση αυτών των πολύπλοκων εξαρτημάτων. Αυτό οδηγεί στην μείωση του βάρους, του χρόνου επεξεργασίας και του κόστους, γεγονός που θα ήταν αδύνατο χωρίς την δύναμη των πλαστικών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΣΥΝΘΕΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ

4.1 Γενικά

Μέσα σε δέκα χρόνια, από το 1919 έως το 1929 ολόκληρη η βιομηχανία του αυτοκινήτου υπέστη μια αλλαγή από τα ξύλινα στα χαλύβδινα πρεσαριστά πλαίσια. Ο λόγος για αυτό το επαναστατικό βήμα στην ιστορία του αυτοκινήτου αποτέλεσε η δύναμη και η ανθεκτικότητα που παρείχε η νέα κατασκευή και το βελτιωμένο styling. Η αλλαγή αυτή επέφερε ανανέωση στην αυτοκινητοβιομηχανία.

Φαίνεται ότι μια παρόμοια αλλαγή στα υλικά για τη κατασκευή των αυτοκινήτων βρίσκεται σε εξέλιξη, με την αλλαγή σε πλαστικό δέρμα και σύνθετες δομές. Η αλλαγή αυτή γίνεται βαθμιαία και προχωρά με γοργούς ρυθμούς. Τα πλαστικά υλικά γίνονται ολοένα και περισσότερο αποδεκτά από τους κατασκευαστές των αυτοκινήτων λόγω των εκπληκτικών πλεονεκτημάτων που παρουσιάζουν σε σχέση με τα μέταλλα.

Είναι εμφανές σε πολλούς παράγοντες της αυτοκινητοβιομηχανίας, ότι αυτή η νέα επανάσταση στα υλικά και στις μεθόδους κατασκευής των αμαξωμάτων βρίσκεται σε εξέλιξη. Παράδειγμα που αποδεικνύει την τάση αυτή, είναι η κατασκευή του πρώτου αυτοκινήτου με πλαστικό αμάξωμα, το Fiero της Pontiac. Επιπλέον, το ποσοστό χρήσης των πλαστικών στο εξωτερικό αμάξωμα του αυτοκινήτου αυξάνει ραγδαία. Το πλαστικό καπό και η πλαστική οροφή του Aerostar Van, είναι ένα άλλο παράδειγμα αυτής της τάσης καθώς και οι θερμοπλαστικές αντλίες του Taurus/ Sable και του Aerostar.

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα των σύνθετων υλικών το οποίο συνέβαλε στην ευρεία χρήση τους σε εφαρμογές στα αυτοκίνητα είναι η μείωση του συνολικού βάρους των αυτοκινήτων. Στόχος των κατασκευαστών είναι η μείωση του βάρους έως και 50%. Το σχετικό βάρος ενός συγκεκριμένου κομματιού που απαιτεί ειδική σκληρότητα μπορεί να εκτιμηθεί μέσω της πυκνότητας και του ορίου ελαστικότητας του υλικού. Ο Πίνακας 4.1 παρέχει τέτοιες εκτιμήσεις για διάφορους τύπους συνθέσεων. Η μείωση του συνολικού βάρους του αυτοκινήτου είχε ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της χλιοστομετρικής απόδοσης της βενζίνης, συνεισφέροντας σημαντικά στον έλεγχο των φυσικών πόρων του πετρελαίου και ταυτόχρονα μειώνοντας τις εκπομπές ρύπων στην ατμόσφαιρα.

Ένα ακόμα σημαντικό πλεονέκτημα των πλαστικών έναντι των μετάλλων είναι η αντοχή στη διάβρωση. Το δεύτερο εξ'ολοκλήρου πλαστικό αυτοκίνητο στο κόσμο, το Baja, είχε πλαστικό αμάξωμα. Το όχημα αυτό είναι ιδανικό για κίνηση εκτός δρόμου σε τροπικό περιβάλλον, λόγω της αντίστασης που προβάλλει το πλαστικό αμάξωμα στην άμμο και στο θαλασσινό νερό.

Πίνακας 4.1 Εκτίμηση της σχετικής μείωσης του βάρους.

Υλικό	Σχετική μείωση βάρους
Ατσάλι	1,00
Αλουμίνιο	0,50
Μη ενισχυμένα πλαστικά	0,85
Πλαστικά με 40% ορυκτές ίνες	0,85
SMC	0,75
Πλαστικά με 40% ίνες γυαλιού	0,65
Πλαστικά με 40% ίνες άνθρακα	0,50

Οι σχεδιαστές των αυτοκινήτων αντιμετωπίζουν πολλούς περιορισμούς κατά το σχεδιασμό με μέταλλα. Το χαμηλό κόστος και η παραγωγή ενός μεγάλου ενιαίου κομματιού, όπως π.χ. η μπροστινή σχάρα, είναι σχεδόν αδύνατα με τη χρήση των μετάλλων. Αντίθετα, τα πλαστικά προσφέρουν στους σχεδιαστές μια ποικιλία πρακτικών και οικονομικών εναλλακτικών λύσεων, καθώς επίσης και αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με τη παραγωγή μεταλλικών εξαρτημάτων. Τα πλαστικά δίνουν στους μηχανικούς μεγαλύτερη ελευθερία στον σχεδιασμό, στην κατασκευή και την τοποθέτηση των εξαρτημάτων, ενώ ταυτόχρονα τους παρέχουν τη δυνατότητα να συνδυάσουν πολλά επιμέρους κομμάτια σε ένα ενιαίο, μειώνοντας έτσι το κόστος παραγωγής και επεξεργασίας.

Ο συνδυασμός όλων των παραπάνω πλεονεκτημάτων των πλαστικών οδήγησε στην ευρεία χρήση τους ακόμα και σε εξωτερικές εφαρμογές, όπως είναι το αμάξωμα, οι προφυλακτήρες και άλλα. Συχνά, αυτές οι εφαρμογές είναι ιδιαίτερα απαιτητικές αλλά οι απαιτήσεις αυτές ικανοποιούνται πλήρως από τις ιδιότητες των πολυμερών υλικών.

4.2 Εφαρμογές

4.2.1 Αερόσακοι

Η αποδοχή που δείχνει η μια αγορά σε σχέση με μια άλλη προς τις αρχές που διέπουν τη κατασκευή των αερόσακων διαφέρει. Μέχρι στιγμής δεν έχουν διευκρινιστεί ούτε ο σχεδιασμός του αερόσακου αλλά ούτε και ο ρόλος των πλαστικών στους αερόσακους. Παρ' όλα αυτά, μια σύντομη περίληψη των υλικών που χρησιμοποιούνται στο πρώτο ευρωπαϊκό σύστημα αερόσακων, το οποίο παρουσιάστηκε στη Porsche 944 του 1987 είναι ενδιαφέρουσα :

- Ο ίδιος ο αερόσακος είναι από πλεκτό Nylon με μια αντιπυρική επένδυση χλωροβουταδιενίου. Η δίοδος του αερίου ενισχύθηκε με PBT πολυεστέρα.

- Οι αισθητήρες αποτελούνται από ένα επιχαλκωμένο ελατήριο βινυλίου και τρία καλούπια πολυαιθεραμίδης ενωμένα με υγρή κόλλα.

- Τα καλώδια που συνδέουν τους αισθητήρες με τη διαγνωστική μονάδα ήταν ντυμένα με PVC και οι άκρες τους ήταν επικαλυμμένες με Nylon, PBT ή με νιτρίλιο.

4.2.2 Ζώνες ασφαλείας

Η ζώνη ασφαλείας αποτελεί το πιο αποτελεσματικό μέσο συγκράτησης του επιβάτη ανεξάρτητα από την ισχύ της σύγκρουσης. Οι ζώνες κατασκευάζονται από πλεκτό Nylon ή πολυεστέρα, ενώ τα κουμπώματα και τα συστήματα αδράνειας είναι συνδυασμοί από Nylon, PET και ακετάλη, δίνοντας βέλτιστη σταθερότητα, αντοχή στη σύγκρουση και απόδοση. Πιο εξειδικευμένα συστήματα ανάκλησης και ρύθμισης του ύψους έχουν οδηγήσει σε ακόμα μεγαλύτερη χρήση των μηχανικών θερμοπλαστικών.

4.2.3 Πεντάλ

Τα πλαστικά έκαναν μια σύντομη αλλά επιτυχημένη είσοδο στον τομέα των πεντάλ στην αρχή της δεκαετίας του '60, όταν αρκετά μοντέλα γενικών μηχανών εξοπλίστηκαν με floor-mounted πεντάλ γκαζιού κατασκευασμένα από πολυπροπυλένιο. Αυτά επέφεραν μείωση κόστους κατά το 1/3 συγκριτικά με τα αντίστοιχα ατσάλινα και πλαστικά. Πιο πρόσφατα σχέδια των πεντάλ για το γκάζι και τον συμπλέκτη σε πλαστικό έχουν καθιερωθεί ειδικά στο Volvo και Saab. Το Nylon ενισχυμένο με γυαλί είναι η προτιμότερη κατηγορία υλικών.

Τα καλούπια είναι διαχωρισμένα έτσι ώστε να χρησιμοποιούν την κατεύθυνση των ινών για να μεγιστοποιούν την αντοχή των εξαρτημάτων. Παρόλο που η αντοχή του υλικού είναι υπέρ αρκετή, είναι απαραίτητο να σχεδιάσουμε (λόγω της χαμηλής τους ανθεκτικότητα στο σπάσιμο) περιμετρικά ένα τμήμα με πυκνές κάθετες λεπτές γραμμές. Ένα τέτοιο τμήμα σε Nylon ενισχυμένο με γυαλί θα αποτελείται από έναν ατσάλινο U-τομέα και επίσης θα δώσει 30% μείωση του βάρους. Τέτοιου είδους πεντάλ εισαχθήκανε από την Ford στην Ευρώπη το 1991. Η Ferrari έδειξε ότι υπάρχει απόλυτη αξιοπιστία στα πλαστικά πεντάλ φρένου. Το μοντέλο 408 το 1989 λάνσαρε ένα πεντάλ φρένου από Nylon ενισχυμένο με γυαλί. Το υλικό ήταν PA 66 εγχυόμενο σε καλούπι ενσωματώνοντας 50% ίνες γυαλιού.

Η επιλογή σχεδίου και υλικών είναι πολύ σημαντικοί παράγοντες σε τέτοια κρίσιμα εξαρτήματα. Όμως, νούμερα αξιόπιστα χρειάζονται πριν τα πλαστικά γίνουν γενικά αποδεκτά για τη συνολική παραγωγή εξαρτημάτων στα αυτοκίνητα βασισμένα σε σχέσεις κόστους/κέρδους.

4.2.4 Αμάξωμα

Το αμάξωμα είναι ένα κατεξοχήν δομικό στοιχείο του αυτοκινήτου και είναι ιδιαίτερα σημαντικό στην εξασφάλιση χαμηλών επιπέδων θορύβου, ταλαντώσεων και τραχύτητας (NVH) σε όλο το όχημα. Όχι μόνο μειώνει τα επίπεδα NVH και παρέχει ένα ευχάριστο ταξίδι, αλλά ταυτόχρονα μεταφέρει μικρότερες καταπονήσεις στα συνδεδεμένα μεταξύ τους τμήματα αυξάνοντας έτσι την διάρκεια ζωής τους. Το κλειδί στην επιτρεπόμενη μείωση των επιπέδων NVH είναι η απορρόφηση ενέργειας. Έχοντας υψηλό ποσοστό απορρόφησης της ενέργειας μειώνονται τα επίπεδα NVH και αυξάνεται η προστασία των επιβατών σε ένα ενδεχόμενο ατύχημα.

Η εφαρμογή των πλαστικών στα αμαξώματα των αυτοκινήτων παρουσίασε μικρή αύξηση μέσα σε δέκα χρόνια κυρίως σε μικρές εφαρμογές, όπου το πλεονέκτημα του κόστους των εργαλείων για τα πλαστικά σε σχέση με το χάλυβα θα αντισταθμιζε την αύξηση του κόστους του εξαρτήματος. Συνολικά, συμπεριλαμβανομένου της συναρμολόγησης και αποπεράτωσης των εξαρτημάτων, το μεταβλητό κόστος των πλαστικών ήταν υψηλότερο ενώ αντίθετα το κόστος επεξεργασίας ήταν χαμηλότερο. Αυτό σημαίνει ότι τα πλαστικά ήταν οικονομικά για μικρές εφαρμογές. Όμως, με τις εξελίξεις που σημειώθηκαν σε διάφορους τομείς, όπως η διαμόρφωση με έγχυση και ο σχεδιασμός των κομματιών, τα πλαστικά μπορούν και παρέχουν εξοικονόμηση χρημάτων ταυτόχρονα με οικονομία στην επεξεργασία και τη τοποθέτηση. Αυτό το γεγονός καθιστά τα πλαστικά εξαρτήματα οικονομικά ακόμα και σε μεγάλης δυναμικότητας εφαρμογές.

Τα μεγαλύτερα κίνητρα για τη παραγωγή πλαστικών πλαισίων είναι τα εξής :

- Μείωση του βάρους από 30-50% σε σχέση με το βάρος των αντίστοιχων χάλυβδινων εξαρτημάτων
- Αντίσταση στη διάβρωση και τη καταστροφή
- Μείωση του κόστους επεξεργασίας από 30-50% ετησίως, για τη παραγωγή 200.000-300.000 οχημάτων
- Η ευκολία και ο κύκλος διαδικασίας συντελούν σε μία έγκαιρη κατασκευή κοντά στο χώρο παραγωγής, αποφεύγοντας τη μετακίνηση και τα έξοδα μετακίνησης στο χώρο κατασκευής.
- Μείωση του κόστους λόγω παραγωγής ενιαίων κομματιών
- Αύξηση στην ελευθερία του styling.

Τα περισσότερα πλαστικά πλαίσια βασίστηκαν στο SMC. Οι κατασκευαστές βρήκαν ότι το κόστος των εργαλείων που χρειάζονται για τη παραγωγή SMC πλαισίων ήταν χαμηλότερο από αυτό που απαιτείται για το αλουμίνιο και τον χάλυβα. Το SMC ζυγίζει λιγότερο από τον χάλυβα και συμβάλλει σημαντικά στη μείωση του συνολικού βάρους του οχήματος παρέχοντας ταυτόχρονα χιλιομετρικά και περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα. Το πολυεστερικό SMC χρησιμοποιήθηκε επίσης πολύ αποδοτικά και στη κατασκευή προφυλακτών.

Παρόμοια εκπληκτικά πλεονεκτήματα με το SMC εμφανίζει το RIM, το οποίο επιτυχώς χρησιμοποιήθηκε στη παραγωγή προφυλακτών καθώς επίσης και στα αμαξώματα. Το RIM είναι ελαφρύτερο από το SMC (αναλόγως του ποσοστού των ινών γυαλιού που περιέχει). Το RIM συνεχίζει να είναι το δημοφιλέστερο υλικό στους κατασκευαστές αμαξωμάτων.

4.2.5 Σχάρες

Η σχάρα του ψυγείου ήταν το πρώτο σημαντικό εξωτερικό εξάρτημα των αυτοκινήτων που κατασκευάστηκε από πλαστικό, σε μοντέλα όπως το Renault R6 του 1968 και το R12 του 1969. Το ABS με ή χωρίς ενίσχυση παρέμεινε η κύρια επιλογή για αυτή την εφαρμογή και συχνά με συνδυασμούς παράγονται ματ επιφάνειες σε χαμηλές θερμοκρασίες με βελτιωμένη αντίσταση στη σύγκρουση. Μερικές φορές προτιμάται το ASA για την αντίσταση που παρέχει στις ακτίνες UV, ενώ το ενισχυμένο PA, το PPE, το PP και το PBT έχουν χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις όπου οι συνθήκες θερμοκρασίας είναι πιο δύσκολες. Η προτίμηση που παρατηρείται στα πλαστικά για εφαρμογές, προκύπτει από την προσαρμοστικότητα και τα οικονομικά οφέλη που απορρέουν από την διαδικασία διαμόρφωσης με έγχυση (injection molding process).

Πρόσφατα όμως, η επιθυμία για τη βελτίωση της αεροδυναμικής του αυτοκινήτου απειλεί με εξαφάνιση τις σχάρες του ψυγείου.

Η μπροστινή σχάρα του αυτοκινήτου, μεταξύ του καπό και του παρμπρίζ, μπορεί να είναι μια πιο απαιτητική κατασκευή. Πρέπει να αντέχει στις καιρικές συνθήκες και στο θερμό αέρα, αλλά περισσότερο δύσκολο είναι να επιτύχουμε την καλή διαμόρφωση και την διαστατική σταθερότητα του. Έχει χρησιμοποιηθεί Nylon ενισχυμένο με γυαλί. Αλλά τα άμορφα υλικά είναι περισσότερο κατάλληλα λόγω του ότι σε αυτά το ποσοστό συρρίκνωσης και θερμικής διαστολής που παρατηρείται είναι μικρότερο. Τα ASA και ABS χρησιμοποιούνται ευρέως, ή όταν απαιτείται υψηλότερη αντίσταση στη θερμοκρασία προτιμάται η χρήση του μίγματος PC/ABS.

4.2.6 Προφυλακτήρες

Το 1925 οι μπροστινοί και πίσω προφυλακτήρες έγιναν απαραίτητα εξαρτήματα σ' όλα τα αυτοκίνητα. Αυτό που τότε ήταν απλές δέσμες μετάλλων, οι οποίες συνδέονταν στο μπροστινό και πίσω τμήμα του αυτοκινήτου, εξελίχθηκε σε ένα περίπλοκο μηχανικό εξάρτημα το οποίο σχετίζεται άμεσα με την προστασία του αυτοκινήτου κατά την σύγκρουση με χαμηλή ταχύτητα. Η πλειοψηφία των μοντέρνων συστημάτων προφυλακτήρα κατασκευάζεται από θερμοπλαστικές ολεφίνες (OTPE), πολυκαρβονικά, πολυεστέρες, πολυπροπυλένιο, πολυουρεθάνες, πολυαμίδια ή μίγματα αυτών με ίνες γυαλιού για μεγαλύτερη αντοχή και δομική δυσκαμψία.

Ο βαθμός προστασίας που μπορεί να προσφέρει ένας προφυλακτήρας καθορίζεται από μια ποικιλία εθνικών και διεθνών κανονισμών αλλά και εσωτερικών λεπτομερών σχεδίων. Το κοινό

χαρακτηριστικό όλων των σχεδίων είναι η αντοχή σύγκρουσης: 4 km/hr. Οι λεπτομέρειες ποικίλουν σε θέματα αλλαγής θέσεως , κατεύθυνσης και στα σημεία επαφής. Δοκιμές στα 8 km/hr , μια πιο απαιτητική περίπτωση έχει επανειλημμένα ζητηθεί και το αίτημα αυτό έχει τεράστια επιρροή στον σχεδιασμό του προφυλακτήρα για μοντέλα που προορίζονται για εισαγωγή από την Ευρώπη στις ΗΠΑ.

Οι προφυλακτήρες πρέπει να είναι ανθεκτικοί στην παραμόρφωση καθώς και στο ράγισμα. Κάποια από τα παλαιότερα σχέδια από πλαστικό ήταν στην πραγματικότητα πολύ ελαστικά. Οι προφυλακτήρες απέτυχαν να απορροφήσουν αρκετή ενέργεια και μετέδιδαν πολύ από αυτήν στην δομή του αμαξώματος χωρίς να παθαίνουν κάποια μόνιμη ζημία οι ίδιοι. Η χρήση των πλαστικών προφυλακτήρων παρέχει στους σχεδιαστές μεγάλο ποσοστό ελευθερίας κατά το σχεδιασμό ενός πρωτότυπου αυτοκινήτου ή κατά τη βελτίωση ενός υπάρχοντος μοντέλου. Τα πλαστικά μπορούν να σχεδιαστούν για λόγους αισθητικής και για λειτουργικούς λόγους με πολλούς τρόπους δίχως να επιβαρύνουν σημαντικά το κόστος παραγωγής. Οι πλαστικοί προφυλακτήρες περιέχουν ενίσχυση που τους επιτρέπει να παρουσιάζουν την ίδια αντοχή σε πρόσκρουση με τους μεταλλικούς, ενώ παράλληλα είναι πιο οικονομικοί σε σχέση με τους μεταλλικούς. Επίσης, οι πλαστικοί προφυλακτήρες διαστέλλονται με τον ίδιο ρυθμό με τον οποίο διαστέλλονται και οι αντίστοιχοι μεταλλικοί, κάτω από κανονικές θερμοκρασίες οδήγησης και συνήθως δεν απαιτούν ειδικά εξαρτήματα για να παραμείνουν στη θέση τους.

Η σημασία ενός ισορροπημένου σχεδίου τώρα εκτιμάται και τρία χαρακτηριστικά αναγνωρίζονται ως αναγκαία:

1. Η εξωτερική επιφάνεια με κατάλληλη εμφάνιση.

2. Η μέτρια απορρόφηση ενέργειας. Για αυτό το λόγο χρησιμοποιείται περισσότερο ο αφρός PUR.

3. Η ενίσχυση. Αυτό είναι η κύρια προστασία για τον σκελετό του αμαξώματος. Προτιμάται κυρίως το ατσάλι αλλά η πιθανότητα μείωσης βάρους με τη χρήση αλουμινίου και SMC οδήγησε σε πολλά επιτυχημένα σχέδια.

Στην επιλογή των υλικών της εξωτερικής επιφάνειας ένας καθοριστικός παράγοντας είναι η βαφή των εμπρός και πίσω τελειωμάτων στο χρώμα του αμαξώματος. Τα πράγματα είναι σαφώς ευκολότερα χωρίς την ανάγκη να επιτύχουμε το ίδιο χρώμα. Χωρίς αυτό, το υλικό μπορεί να επιλεγεί με βάση παράγοντες όπως: η δύναμη σύγκρουσης, η σταθερότητα διαστάσεων και η αντοχή στις τριβές και στις ακτίνες UV. Με την ανάγκη για ταιριαστό χρώμα παρουσιάζεται είτε (α) το πρόβλημα των τελειωμάτων που εμφανίζονται μετά από το στάδιο ψησίματος της επικάλυψης και το να πετύχεις τέλειο ταίριασμα μεταξύ δυο διαφορετικών συστημάτων βαφής ή (β) το πρόβλημα επιλογής ενός υλικού που όχι μόνο να διατηρείται διαστατικά σταθερό στους 140°C ή παραπάνω, αλλά επίσης να παραμένει ανθεκτικό μετά το πέρασμα μιας γυαλιστερής επίστρωσης. Ένα ελαστικό PUR ίσως είναι απαραίτητο για να εξασφαλιστεί αυτό.

Η εξωτερική επιφάνεια συνήθως συνδέεται με την ενίσχυση με συνδέσμους ειδικά σχεδιασμένους για να επιτρέπουν διαφορετική θερμική επέκταση. Όλοι οι μηχανισμοί σύνδεσης, περιλαμβανομένων και αυτών ανάμεσα στην ενίσχυση και το αμάξωμα, έχουν κάποιες επιπτώσεις επάνω στην απόδοση της πλήρους συνένωσης.

Τα στάνταρτ που επιβλήθηκαν από το NHTSA, σε συνδυασμό με τα πρόσφατα πιο αυστηρά μέτρα κατά των ατυχημάτων, οδήγησαν σε

σχεδιαστικές καινοτομίες για τη μείωση των μειονεκτημάτων στην απορρόφηση της ενέργειας από τα συστήματα των προφυλακτών. Αναπτύχθηκαν διάφοροι τρόποι επίλυσης, ο καθένας με τα δικά του πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα όσον αφορά το κόστος και το βάρος. Ωστόσο ουσιαστικά, αυτές μπορούν να χωριστούν σε τρεις κατηγορίες: (1) τα συστήματα με σκληρή επιφάνεια τα οποία είναι από μέταλλο με ή χωρίς ενίσχυση στο πίσω μέρος και τα οποία εφαρμόζουν επάνω σε υδραυλικούς απορροφητήρες κραδασμών, (2) σκληρά- μαλακά ή υβριδικά συστήματα, τα οποία αποτελούνται από ατσάλι με επένδυση από ελαστομερή και εφαρμόζουν επάνω στους απορροφητήρες κραδασμών και (3) τα πλήρως μαλακά συστήματα τα οποία έχουν έναν απορροφητήρα ενέργειας στο μπροστινό μέρος.

Σήμερα, τα υλικά τα οποία επιλέγονται προκειμένου να έχουμε μείωση του βάρους κατά την παραγωγή των δοκαριών ενίσχυσης του προφυλακτήρα σε όλα τα μαλακά συστήματα είναι οι HSLA χάλυβες και το αλουμίνιο. Η επιλογή του υλικού στηρίζεται στην αποδοτικότητα του βάρους και του κόστους για τη συγκεκριμένη κατηγορία του αυτοκινήτου.

Λόγω της αρχικής επιτυχίας των θερμοσκληρυνόμενων συστημάτων υψηλής αντοχής, δόθηκε μεγαλύτερη προσοχή στα ενισχυμένα με γυαλί θερμοπλαστικά, όπου τα πλεονεκτήματα της υψηλότερης παραγωγικότητας των διαδικασιών διαμόρφωσης και η χαμηλότερη ειδική βαρύτητα των υλικών θα συνείσφερε σημαντικά στη μείωση του βάρους και του κόστους. Επιπλέον, η χρήση των ελαστικών ρητινών στο καλούπι αναμενόταν να βοηθήσει στην αποτυχημένη χρήση των θερμοσκληρυνόμενων συστημάτων, όπως π.χ η διάτμηση που οφειλόταν στη χρήση των εύθραυστων ρητινών.

Στους δύο κύριους προβληματισμούς σχεδιασμού, styling και απορρόφησης ενέργειας, μπορεί τώρα να προστεθεί ένας τρίτος- η ανακυκλωσιμότητα. Αυτό έχει ήδη αρχίσει να επηρεάζει τον σχεδιασμό και την επιλογή υλικών, διότι οι πολύπλοκοι ετερογενείς προφυλακτήρες δεν ανακυκλώνονται εύκολα. Μερικά από τα πλαστικά υλικά που χρησιμοποιούνται στη κατασκευή των πλαστικών προφυλακτών μπορούν να ανακυκλωθούν. Αυτό διευκολύνει τους κατασκευαστές να χρησιμοποιήσουν τα άχρηστα υλικά με αποδοτικό τρόπο. Κάποια νέα προγράμματα ανακύκλωσης χρησιμοποιούν τις άχρηστες βαμμένες ολεφίνες για τη παραγωγή νέων προφυλακτών μέσω μιας καινούργιας και μεγάλης διαδικασίας, η οποία αφαιρεί τη βαφή από τα άχρηστα πλαστικά. Έλεγχοι αποκαλύπτουν μεταγενέστερη απόδοση της ανακυκλωμένης ολεφίνης, όμοια με αυτή του κανονικού υλικού, μετατρέποντας χιλιάδες λίβρες υλικού που προορίζονται για πέταμα σε υλικά κατάλληλα για χρήση και μειώνοντας έτσι το κόστος των υλικών για τους κατασκευαστές.

4.2.7 Συστήματα φωτισμού

Οι γυάλινοι φακοί στα φώτα των αυτοκινήτων έχουν αντικατασταθεί από διάφανα πολυκαρβονικά πλαστικά. Αυτά τα πλαστικά σχεδιάστηκαν για να αντέχουν σε υψηλές θερμοκρασίες και σε θλιπτικά φορτία και μπορούν να διαμορφώνονται σε οποιοδήποτε σχήμα. Αυτό παρέχει στους μηχανικούς ακόμα περισσότερη ευλυγισία στο σχεδιασμό και τη τοποθέτηση των προβολέων. Η προσαρμοστικότητα των πλαστικών επιτρέπει στα κύρια φώτα να συνδυάσουν υψηλής τεχνολογίας σχεδιασμό εστίασης στους φακούς παρέχοντας έτσι το πλεονέκτημα αυξανόμενης προστασίας στο δρόμο.

Τα πλευρικά φώτα είναι σύνθετες συσκευές αποτελούμενες κυρίως από πλαστικά εξαρτήματα. Σχεδόν παντού, οι φακοί κατασκευάζονται από πολυμεθυλικό μεθακρυλικό PMMA (polymethyl methacrylate). Οι οπτικές απαιτήσεις για τις διάφορες λειτουργίες όπως τα φώτα πορείας, τα φώτα στάσης, τα φώτα ενδείξεων κ.τ.λ. είναι μεταξύ τους διαφορετικές. Ο σχεδιασμός των εσωτερικών επιφανειών είναι περίπλοκος και οι προδιαγραφές είναι απαιτητικές. Ο σχεδιασμός και η παραγωγή των φακών για τα πίσω φώτα αποτελεί μια ξεχωριστή βιομηχανία, που έχει τη δυνατότητα έγχυσης δύο, τριών και τεσσάρων χρωμάτων ταυτοχρόνως. Το πίσω τμήμα του θόλου κατασκευάζεται είτε από ABS, το οποίο μπορεί να συγκολληθεί άμεσα με τον ακρυλικό φακό, είτε από PP το οποίο είναι φθηνότερο αλλά πρέπει να συνδεθεί με βίδες. Οι υποδοχές για τις λάμπες κατασκευάζονται από ενισχυμένα με ίνες γυαλιού PA, PET, PBT.

Για τη κατασκευή του κυρίως σώματος των φώτων χρησιμοποιήθηκαν διάφορα πλαστικά. Τα πιο δημοφιλή είναι τα PP και BMC, αν και η βιομηχανία Senator της Opel χρησιμοποιεί το SAN. Ο σύγχρονος σχεδιασμός συνδυάζει το κάτοπτρο και το θόλο σε μια μόνο διαμόρφωση, τα περισσότερα υλικά πλέον μπορούν να διαμορφωθούν ώστε και να παράγουν μια επιφάνεια ομαλή χωρίς να είναι απαραίτητη η περαιτέρω επεξεργασία. Ο μικρός βαθμός συρρίκνωσης που παρουσιάζει ο ακόρεστος πολυεστέρας σημαίνει ότι το διαμορφωμένο με έγχυση BMC είναι το πιο δημοφιλές υλικό για τα κάτοπτρα.

Για ακόμα μια φορά η θερμοκρασία αυξάνεται και μαζί της αυξάνονται και οι προδιαγραφές των υλικών. Οι αιτίες είναι το πλεονέκτημα των φώτων αλογόνου και οι επιρροές του styling που οδηγούν σε μικρότερα φώτα. Υπάρχουν συστήματα όπως τα PES κάτοπτρα μέσα σε σώματα από PA ενισχυμένο με ίνες γυαλιού και τα

PEI, PPS τα οποία χρησιμοποιούνται από τη βιομηχανία της BMW. Η βιομηχανία της Volkswagen χρησιμοποιεί ενισχυμένο PPS για τα κάτοπτρα στα φώτα ομίχλης. Πολλά από τα μεγάλα φώτα έχουν θόλο κατασκευασμένο από ενισχυμένο με ίνες γυαλιού PA και για την συγκράτηση του οποίου έχουν σχεδιαστεί ειδικές βίδες από Nylon ενισχυμένου με μεγάλες ίνες.

Μεγάλες αλλαγές στο μέλλον των συστημάτων φωτισμού αναμένονται, κυρίως με τη χρήση των LED (Light Emitting Diode:δίοδος εκπομπής φωτός) συστημάτων φωτισμού, που βασίζονται σε πλαστικό.

4.2.8 Αεροτομές

Οι πίσω αεροτομές τείνουν να αποτελούν εγγύηση για καλή εμφάνιση, όπως απαιτεί η αεροδυναμική του αυτοκινήτου. Για το λόγο αυτό τα κομμάτια που παράγονται δεν είναι πολλά, γεγονός που αυτόματα εξηγεί την προτίμηση του R-RIM PUR για την κατασκευή τους, είτε αυτά παράγονται με μαύρο χρώμα είτε βάφονται εκτός της παραγωγικής διαδικασίας με την χρησιμοποίηση ευέλικτων συστημάτων βαφής. Οι μπροστινές αεροτομές εκτίθενται σε ισχυρές αέριες δυνάμεις και συνεπώς από τα υλικά αυτά απαιτείται ακαμψία και αντοχή. Οι αεροτομές γίνονται ολοένα και πιο απαραίτητα εξαρτήματα του αυτοκινήτου και για αυτό συνεχώς αυξάνεται η παραγωγή τους.

Για αυτή την εφαρμογή χρησιμοποιούνται τα PA και PBT με ορυκτά ένθετα και διαμορφωμένα με έγχυση, μαζί με μίγματα όπως τα PC/ABS, SMC, R-RIM PUR. Το πρόβλημα του συνδυασμού υψηλής ακαμψίας και υψηλής αντίστασης στη πρόσκρουση σε ένα εξάρτημα, στην περίπτωση του Renault Safrane του 1993 λύθηκε με τη χρήση

θερμοπλαστικών ελαστομερών στη ευπρόσβλητη από τη σύγκρουση βάση των αεροτομών.

4.2.9 Κάλυμμα τροχού

Μικρής διαμέτρου καλύμματα πλήμνης από Nylon χρησιμοποιήθηκαν από τις εταιρίες VW, FORD και GM στη δεκαετία του '70, αλλά το πρώτο πλήρες κάλυμμα τροχού εμφανίστηκε με το λανσάρισμα του Ford Sierra το 1982. Με δύο διαφορετικά σχέδια καλύμματος, η αρχή του σχεδιασμού μοντέλων υψηλής και χαμηλής σειράς με βάση το κάλυμμα του τροχού τους καθιερώθηκε από την αρχή.

Η εφαρμογή αυτή αποδείχθηκε πλούσια για τα μηχανικά πλαστικά, οι απαιτήσεις είναι αρκετά σοβαρές, η αντοχή στην ολίσθηση και η σταθερότητα των διαστάσεων είναι απαραίτητες προκειμένου να μείνουν τα καλύμματα στη θέση τους για ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών, ειδικά όταν τα δισκόφρενα παράγουν θερμότητα. Την ίδια στιγμή τα καλύμματα πρέπει να είναι εύκαμπτα και αρκετά ανθεκτικά έτσι ώστε να αντέχουν στην σύγκρουση, στα σημάδια από τις πέτρες και την φθορά από την επαναλαμβανόμενη εγκατάσταση και αφαίρεση.

Παρόλο που το ABS και το PP σε ειδικούς σχηματισμούς τώρα έχουν κάποια χρήση, προκειμένου να μειωθεί το κόστος αυτή η εφαρμογή κυριαρχήθηκε εξ'ολοκλήρου από το Nylon με ή χωρίς ενίσχυση. Οι λόγοι είναι η αντοχή στην αυξημένη θερμοκρασία και η συνολική ισορροπία μεταξύ ακαμψίας και αντοχής καθώς επίσης και η συγκριτική ευκολία με την οποία σχηματισμοί μπορούν να σχεδιαστούν έτσι ώστε να ανταποκρίνονται στις ανάγκες των εξειδικευμένων σχεδίων που συχνά αναμιγνύουν διαφορετικά συστήματα στήριξης. Αυτά βασίζονται στα συστήματα PA6 και PA66, με μια ποικιλία πρόσθετων.

Κάποιοι σχηματισμοί επεκτείνονται σε περισσότερα από τέσσερα συστατικά: Νylon, πλαστικό, ίνες γυαλιού και ορυκτά σωματίδια για παράδειγμα.

4.2.10 Ελαστικά

Είναι αδιαμφισβήτητο το γεγονός ότι τα ελαστικά των αυτοκινήτων σχετίζονται άμεσα με τα σύνθετα ενισχυμένα υλικά, αφού όπως θα δούμε παρακάτω περιέχουν πολλά από αυτά. Η πληθώρα αυτών των υλικών και η ραγδαία ανάπτυξη τους τα καθιστά την καλύτερη επιλογή για αυτήν την ιδιαίτερα απαιτητική εφαρμογή. Η μελέτη που ακολουθεί εξετάζει τα υλικά κατασκευής, την μορφολογία και την γενικότερη γεωμετρία των ελαστικών.

Το πρώτο υλικό κατασκευής των ελαστικών ήταν κράμα φυσικού και τεχνητού καουτσούκ, αλλά γρήγορα το μίγμα αυτό απορρίφθηκε διότι δεν ήταν ανθεκτικό στη φθορά και απαιτούσε σύντομη αντικατάσταση των ελαστικών. Για να εντοπίσουμε αναλυτικότερα τα υλικά από τα οποία κατασκευάζεται ένα ελαστικό σήμερα, θα πρέπει να το εξετάσουμε τμηματικά γιατί κάθε μέρος του έχει διαφορετική σύσταση και περιεκτικότητα αφού εξυπηρετεί καθένα και διαφορετικό σκοπό.

Το χείλος του ελαστικού περιλαμβάνει πολλά γυρίσματα χαλύβδινων συρμάτων με επίστρωση χαλκού, σε ολόκληρη την εσωτερική περιφέρεια του ελαστικού. Αυτά είναι βυθισμένα μέσα σε σκληρό ελαστικό για αύξηση της σκληρότητας και της αντοχής στη βάση του ελαστικού. Το εξωτερικό πλευρικό τοίχωμα (μάγουλο) είναι κατασκευασμένο από μίγμα ελαστικού κατάλληλο να απορροφά τους κραδασμούς από την επιφάνεια του οδοστρώματος. Το μίγμα αυτό

μπορεί να περιλαμβάνει διάφορα αντιοξειδωτικά πρόσθετα και χημικά στοιχεία προκειμένου να αυξηθεί η διάρκεια ζωής του ελαστικού.

Για την επιπλέον αύξηση της αντοχής των ελαστικών στο εσωτερικό τους υπάρχουν στρώσεις με λινά. Όσο πιο πολλές είναι αυτές οι στρώσεις τόσο ισχυρότερο είναι το ελαστικό. Τελευταία αντί των λινών χρησιμοποιούνται διάφορα πολυεστερικά υλικά ή και Rayon. Κάτω από τις στρώσεις των λινών υπάρχει χάλυβας ή πολυεστερικά υλικά διαφόρων τύπων.

Το πέλμα του ελαστικού είναι κατασκευασμένο από μίγμα σύνθετων ελαστικών με μεγάλη αντοχή στη φθορά και καλή πρόσφυση στο οδόστρωμα. Πρέπει να τονίσουμε ότι το μίγμα αυτό είναι ιδιαίτερα σκληρό και οι κατασκευαστές έχουν στην διάθεση τους πάνω από 30 διαφορετικά είδη συνθετικών ελαστικών και 8 φυσικών ελαστικών. Έτσι λοιπόν συνδυάζουν, αναμιγνύοντας κάποια από αυτά, για την δημιουργία του επιθυμητού μίγματος με τις ανάλογες ιδιότητες που απαιτεί η εφαρμογή.

Παρακάτω φαίνεται ένας πίνακας που παρουσιάζει τα μέρη του ελαστικού σε κατά βάρος σύσταση ενός συνηθισμένου ελαστικού τύπου P195/75-14 All Season της Goodyear.

Πίνακας 4.2 Υλικά που συνθέτουν ένα ελαστικό

Σύνθετο ελαστικό (30 είδη)	2,49 Kg
Μαύρος γραφίτης (30 είδη)	2,27 Kg
Φυσικό ελαστικό (8 είδη)	2,04 Kg
Χημικά πρόσθετα, παραφίνες, χρωστικές ύλες (40 είδη)	1,36 Kg
Ατσαλοσύρματα	0,68 Kg
Πολυεστέρες και Nylon	0,45 Kg
Ατσαλόσυρμα χείλους	0,23 Kg

Ο παραπάνω πίνακας αναφέρει τα υλικά που συνθέτουν έναν τύπου ελαστικού. Στην πραγματικότητα όμως, με τον κατάλληλο συνδυασμό αυτών είναι δυνατόν να παράγουμε διάφορα μίγματα όπως :

α) μίγμα βουτανίου ή ισοβουτανίου με ισοπρένιο β) μίγμα στυρενίου με βουτάνιο και γ) μίγμα από φυσικό καουτσούκ με πολυβουτάνιο, επιτυγχάνοντας διαφορετική απόδοση και συμπεριφορά του ελαστικού συναρτήσει του τρόπου κατασκευής του μίγματος, την αναλογία των συστατικών του και των ιδιοτήτων των συστατικών του. Για παράδειγμα η παρουσία σίλικας στην σύνθεση της γόμας του ελαστικού προσδίδει σε αυτό εξαιρετική απόδοση σε στεγνό και σε υγρό δρόμο και σε υψηλές ταχύτητες, ενώ παράλληλα εξασφαλίζει ένα ιδιαίτερα χαμηλό επίπεδο θορύβου. Η τοποθέτηση φύλλων λινού ή πολυεστερικών υλικών έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των κρατημάτων και του ελέγχου της πορείας.

Γενικά μπορούμε να πούμε ότι η ανάμιξη διαφόρων υλικών είναι ικανή να παράγει ελαστικά παντός καιρού με ελεγχόμενη συμπεριφορά στην θερμοκρασία, την ολίσθηση και το φορτίο. Συνδυάζοντας αυτό το γεγονός και την πραγματικότητα ότι τα σύνθετα ενισχυμένα υλικά βελτιώνονται, είναι δυνατό να κατασκευαστούν ελαστικά με ακόμα καλύτερη απόδοση και καλύτερα χαρακτηριστικά.

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι τα πλαστικά υλικά έχουν ταυτιστεί με την βιομηχανία του αυτοκινήτου και συνεχώς βελτιώνονται προκειμένου να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις των διαφόρων εφαρμογών στα αυτοκίνητα. Ο τομέας των εξωτερικών εφαρμογών είναι από τις πιο απαιτητικές και ταυτόχρονα εμφανίσιμες περιοχές του αυτοκινήτου. Τα υλικά κατασκευής πρέπει να συνδυάζουν αντοχή, σκληρότητα και καλή

εμφάνιση, γεγονός που ικανοποιείται με την χρήση των σύνθετων υλικών.

Το μεγαλύτερο ποσοστό των εξωτερικών εξαρτημάτων του αυτοκινήτου κατασκευάζεται από πλαστικά και υπάρχουν σημάδια για μελλοντικές εφαρμογές, αφού πρώτα σημειωθεί βελτίωση των χαρακτηριστικών τους. Πρόσφατες καινοτομίες και τάσεις δείχνουν ένα λαμπρό μέλλον για τα πλαστικά και τις εφαρμογές τους στα εξωτερικά τμήματα των αυτοκινήτων, γιατί αποτελούν οικονομική και εκπληκτική εναλλακτική λύση σε σχέση με τα παραδοσιακά υλικά.

Επίλογος

Η παραπάνω μελέτη απέδειξε την σπουδαιότητα της χρήσης των πλαστικών και των σύνθετων ενισχυμένων υλικών στα αυτοκίνητα. Τα υλικά αυτά απέδειξαν ότι είναι ικανά να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις τόσο της βιομηχανίας όσο και των καταναλωτών, όπως αυτές κατά καιρούς διαμορφώνονται. Σήμερα, οι απαιτήσεις των καταναλωτών για αυξημένη ποιότητα είναι διαδεδομένες. Για να συναντήσουμε τις προσδοκίες, η εξέλιξη των υλικών αυτών και των εξαρτημάτων πρέπει να κατευθυνθεί προς τους ακόλουθους στόχους :

- § Απαλό φινίρισμα επιφάνειας.
- § Λιγότερο ψεύτικη πλαστική εμφάνιση.
- § Αυξημένη αντοχή στη θέρμανση για τα ογκώδη πλαστικά καλύμματα.
- § Μειωμένες ενδεχόμενες ουλές, για αύξηση της ασφάλειας.
- § Βελτιωμένη απορροφητικότητα ήχου.
- § Απλοποιημένες τεχνικές παραγωγής για την αποφυγή δευτερευόντων διαδικασιών.

Οι συνθέσεις για το εσωτερικό ικανοποιούν τις περισσότερες από τις μελλοντικές απαιτήσεις , αλλά, κάποια υλικά χρειάζονται βελτίωση στην αντοχή και την αντίσταση στη πρόσκρουση για τις εφαρμογές με υψηλές αντοχές. Όμως και στο εξωτερικό τμήμα του αυτοκινήτου, τα πλαστικά αποτελούν οικονομική και εναλλακτική λύση. Με την ικανότητα τους να αντέχουν στην πρόσκρουση, να βάνονται και ταυτοχρόνως να διατηρούν την σκληρότητα τους, έχουν κατακτήσει την προτίμηση των κατασκευαστών για απαιτητικές εφαρμογές όπως το αμάξωμα και οι προφυλακτήρες.

Το μέλλον των πλαστικών είναι προδιαγράφεται έντονο και αναμένονται πολλές και σημαντικές εξελίξεις να πραγματοποιηθούν. Οι

εξελίξεις αυτές πρέπει να θεωρηθούν μέσα από ένα πλαίσιο το οποίο περιέχει τις εξής παραμέτρους:

§ Τάσεις στον σχεδιασμό και στην νομοθεσία

Η ανακύκλωση αποτελεί το πλέον μεγαλύτερο πρόβλημα που αντιμετωπίζει η αυτοκινητοβιομηχανία τώρα και στο μέλλον. Όμως, υπάρχουν και άλλα προβλήματα τα οποία συμβάλλουν στη προστασία του περιβάλλοντος, ενώ ταυτόχρονα αποτελούν αντικείμενο έρευνας για τους κατασκευαστές αυτοκινήτων και τις διοικήσεις των αυτοκινητοβιομηχανιών. Πρόκειται για την ανάγκη μείωσης της κατανάλωσης καυσίμων και μείωσης των εκπομπών ρύπων στην ατμόσφαιρα. Σε πολλές χώρες έχουν εφαρμοστεί νόμοι για την προστασία του περιβάλλοντος και την μείωση ρύπων βενζίνης – πετρελαίου. Επίσης, έχει εφαρμοστεί και σχετική νομοθεσία για την μείωση του θορύβου των αυτοκινήτων, ένα πρόβλημα το οποίο γίνεται αντιληπτό με την πάροδο του χρόνου.

§ Ο ρόλος των προμηθευτών

Η σχέση μεταξύ προμηθευτών και καταναλωτών πέρασε από διάφορα στάδια κατά την δεκαετία του 1980. Το πρώτο από αυτά τα στάδια ήταν η αποκαλούμενη “ Επανάσταση της Ποιότητας” (Quality Revolution). Αυτό στόχευε σε βασικές αλλαγές στην συμπεριφορά των υλικών. Από αυτό το κύμα επηρεάστηκαν όλα τα προϊόντα και οι υπηρεσίες, αλλά τα πλαστικά ήρθαν κάτω από συγκεκριμένους περιορισμούς, εξαιτίας της εξάπλωσης τους στα εξαρτήματα των αυτοκινήτων. Το δεύτερο στάδιο περιλάμβανε την ανάπτυξη των “Just-in Time” συστημάτων, με την βοήθεια διαδικασιών καταγραφής των ελέγχων και ελαχιστοποίησης των αποβλήτων. Αυτές οι αλλαγές οδήγησαν σε στενότερες σχέσεις μεταξύ προμηθευτών και καταναλωτών, μαζί με την ευθύνη και την ανάμιξη να εκτείνεται μέχρι την αρχή της αλυσίδας προμήθειας.

Για τις εφαρμογές των πλαστικών, αυτές οι αλλαγές, σε ορισμένες περιπτώσεις, σήμαιναν ότι η παραγωγή των εξαρτημάτων γίνεται από τους προμηθευτές των υλικών και όχι από τους κατασκευαστές, ενώ σε άλλες σήμαινε την εξειδίκευση του εξαρτήματος από τους ίδιους τους προμηθευτές. Συνέβαλε επίσης, στην αύξηση της αξιοπιστίας της απόδοση των πλαστικών εξαρτημάτων, ενώ παράλληλα οι κατασκευαστές έδειξαν εμπιστοσύνη στα πλαστικά υλικά. Σε αυτό συνετέλεσε και η ανάπτυξη των μηχανικών χαρακτηριστικών των πολυμερών και των πλαστικών.

§ Ασφάλεια

Οι κανονισμοί ασφάλειας παρείχαν ευκαιρίες και προκλήσεις στα πλαστικά. Τα πλαστικά έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην ικανοποίηση των Ευρωπαϊκών και Αμερικάνικων απαιτήσεων, όσον αφορά την ασφάλεια τόσο στο εξωτερικό όσο και στο εσωτερικό τμήμα του αυτοκινήτου. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των πλαστικών είναι ότι συνδυάζουν την απορρόφηση ενέργειας και την αντίσταση στην σύγκρουση, κάτι που είναι άκρως απαραίτητο για τους προφυλακτήρες των αυτοκινήτων.

Οι αλλαγές στο εσωτερικό τμήμα του αυτοκινήτου κατά την διάρκεια των τελευταίων ετών, είχαν άμεση σχέση με τους κανονισμούς περί ασφάλειας. Η είσοδος των αφρώδη πλαστικών στην τεχνολογία κατασκευή των καθισμάτων σε συνδυασμό με το Nylon και τα acetals στα συστήματα στήριξης του καθίσματος, κάλυψε τις απαιτήσεις για άνετη και ασφαλή στήριξη των επιβατών.

Το νέο γεγονός στο τομέα της ασφάλειας των επιβατών είναι η κατασκευή του αερόσακου, από διάφορα μηχανικά πλαστικά. Το 1993 ο αερόσακος υπήρχε στα μοντέλα των BMW, Mercedes, Jaguar και Ford Mondeo. Πλέον ο αερόσακος αποτελεί αναπόσπαστο εξάρτημα των αυτοκινήτων, ανεξαρτήτως κατηγορίας, και κατέχει το μεγαλύτερο ποσοστό προστασίας των επιβατών σε ένα ατύχημα.

Η τάση προς ελαφρύτερα αυτοκίνητα που επικράτησε για αρκετό χρονικό διάστημα στο χώρο των κατασκευαστών αυτοκινήτων, έχει τα τελευταία χρόνια ανατραπεί. Ο λόγος είναι ότι η κατασκευή ενός αυτοκινήτου με χαμηλό βάρος δεν επιτρέπει την χρήση μάρων ασφαλείας γύρω από την καμπίνα των επιβατών, για επιπρόσθετη ασφάλεια σε περίπτωση ατυχήματος. Με την ανάγκη για οικονομία καυσίμων πιο έντονη όσο ποτέ, αυτός ο τομέας αποτελεί μια ακόμη εφαρμογή των πλαστικών.

§ Οικονομία καυσίμων και η εξίσωση της ενέργειας

Μια προσεκτική μελέτη της εξίσωσης της ενέργειας δείχνει ότι τα πλαστικά είναι η καλύτερη επιλογή για την παραγωγή εξαρτημάτων στα αυτοκίνητα. Αυτό το συμπέρασμα προήλθε από μια έρευνα που έγινε από την εταιρία Dow Plastics και αφορούσε την ισορροπία του περιβάλλοντος. Η έρευνα αυτή εστιάζεται στο υλικό ή στην εφαρμογή. Οι συγκρίσεις γίνονται με βάση την συνολική κατανάλωση ενέργειας, από το στάδιο όπου το υλικό είναι σε ακατέργαστη μορφή έως την εγκατάσταση του εξαρτήματος και την συντήρησή του.

Σε αυτή την σύγκριση τα πλαστικά υπερέχουν των μετάλλων, διότι καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια κατά την παραγωγή τους. Παρ'όλα αυτά, για τα αυτοκίνητα, η ενέργεια που ξοδεύεται για τον χειρισμό τους είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από αυτή που καταναλώνεται κατά την παραγωγή τους. Η εξοικονόμηση ενέργειας στις μικρές παραγωγές είναι σημαντική για την εξίσωση της ενέργειας. Η απαίτηση για μείωση του βάρους είναι μεγάλη, αλλά μόνο πρόσφατα αυτό αποτέλεσε κίνητρο για τους κατασκευαστές. Στην πραγματικότητα, μια μείωση του βάρους κατά 3% αντιστοιχεί σε μείωση της κατανάλωσης καυσίμων κατά 1%, με αποτέλεσμα η συνολική μείωση κατανάλωσης καυσίμων που προκύπτει από την αντικατάσταση των μετάλλων με 100 Kg πλαστικά υλικά να ανέρχεται στο 5%.

Βρέθηκε ότι, η ενέργεια που εξοικονομείται για την συντήρηση, χρησιμοποιώντας πλαστικά κατά την αντικατάσταση των βαριών μεταλλικών εξαρτημάτων, είναι συχνά μεγαλύτερη από αυτή που ξοδεύεται για την κατασκευή του εξαρτήματος από την αρχή. Επίσης, με βάση υπολογισμούς βρέθηκε ότι εάν τα αυτοκίνητα της Δυτικής Ευρώπης κατασκευάζονταν σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα, θα απαιτούνταν για την παραγωγή των πλαστικών εξαρτημάτων τους 3 εκατ. τόνοι αργού πετρελαίου ενώ το ετήσιο ποσό εξοικονόμησης πετρελαίου θα ανερχόταν στο εκπληκτικό ποσό των 30 εκατ. τόνων.

Το πρόβλημα της κίνησης στα μεγάλα αστικά κέντρα είναι ακόμα πιο έντονο από την οικονομία καυσίμων. Αδιαμφισβήτητα, είναι γνωστό ότι το αυτοκίνητο δεν είναι το καταλληλότερο μέσο μεταφοράς στην πόλη. Η ανάπτυξη ενός σχεδίου για την κατασκευή αυτοκινήτου ειδικά για την πόλη βρίσκει ένα εμπόδιο: την χαμηλή απόδοση των αυτοκινήτων που διαθέτουν επαναφορτιζόμενη μπαταρία. Επομένως, η τάση στρέφεται προς τα αυτοκίνητα με συμβατικά καύσιμα. Η εταιρία Volvo κατασκεύασε ένα αυτοκίνητο το οποίο χρησιμοποιεί υγραέριο ως κινητήρια ύλη και το αμάξωμα του είναι κατασκευασμένο από αλουμίνιο.

Η επιλογή του αλουμινίου δίνει έμφαση στην ανάγκη μείωσης του βάρους των αυτοκινήτων. Τα πλαστικά και σύνθετα αμαξώματα δεν χρησιμοποιούνται στις μέρες ιδιαίτερα, εξαιτίας του φόβου που υπάρχει προς τα ανακυκλωμένα υλικά. Η χρήση των πλαστικών αμαξωμάτων θα επιτευχθεί μόνο όταν το πρόβλημα της ανακύκλωσης πάρει μια ικανοποιητική λύση. Μέχρι τότε, η ανάγκη για οικονομία στα καύσιμα και μείωση της εκπομπής ρύπων στην ατμόσφαιρα θα γίνει ακόμα πιο επιτακτική και θα χρησιμοποιηθεί για την ανάδειξη των οικολογικών πλεονεκτημάτων των πλαστικών.

§ Μόλυνση του περιβάλλοντος

Νομοθεσία περί της εκπομπής ρύπων στην ατμόσφαιρα είναι καθ' οδόν και επικεντρώνεται στην μείωση του μονοξειδίου του άνθρακα, των οξειδίων του αζώτου και των άκαυστων υδρογονανθράκων. Στην αγορά ήδη βρίσκονται συστήματα όπως το EGR, Ανακύκλωση των Εκπεμπόμενων Ρύπων και το SAS, Δευτερεύουσα Εισαγωγή Αέρα και αποτελούν ευκαιρία για πλαστικά που αντέχουν σε υψηλές θερμοκρασίες από 140-200°C δίχως μείωση της απόδοσης τους. Η μείωση του βάρους που προκύπτει από την χρήση των πλαστικών είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την μείωση της κατανάλωσης καυσίμων και εκπομπών ρύπων.

§ Πλαστικά και μελλοντικός σχεδιασμός

Στο άμεσο μέλλον δεν αναμένονται σημαντικές αλλαγές. Όπως είναι γνωστό, η αυτοκινητοβιομηχανία είναι συντηρητική, κάθε αλλαγή κοστίζει αρκετά και πρέπει να εξεταστεί προσεκτικά. Ο συνεχής ανταγωνισμός θα προκαλέσει πιέσεις στην βελτίωση της άνεσης των επιβατών, στις μηχανικές διαμορφώσεις και οικονομικά πλεονεκτήματα. Όλοι αυτοί οι παράγοντες θα ενισχύσουν την χρήση των πλαστικών στα αυτοκίνητα. Η περιβαλλοντική συνείδηση θα συνεχίσει να εντείνεται, χωρίς, ίσως, την αντίστοιχη αύξηση στην κατανόηση του οικολογικού προβλήματος.

Κατά την διάρκεια αυτής της περιόδου, τα πλαστικά τα οποία θα κερδίσουν ένα μεγάλο μερίδιο στην κατασκευή εξαρτημάτων στα αυτοκίνητα είναι τα εξής :α) το πολυπροπυλένιο διότι είναι οικονομικό και ευκολοκατέργαστο, β) τα μηχανικά πλαστικά όπως PA, PBT, PC και το PPO και κυρίως τα μίγματα τους, στην κατασκευή προφυλακτήρων και αμαξωμάτων, γ) τα ελαστομερή, δ) τα GMT, βασισμένα κυρίως στο PP και στο PVC. Το ABS και τα φαινολικά χρησιμοποιούνται ήδη στην βασική μορφή τους δίχως τροποποιήσεις. Το PUR παρουσιάζει αυξημένη χρήση, εξαιτίας του σύντομου χρόνου παραγωγής του, αλλά προσοχή

πρέπει να δοθεί στην ανακύκλωση του. Το SMC αν και συχνά αντικαταστήθηκε από τα αυθεντικά υλικά για την συγκεκριμένη εφαρμογή, τελικά κατάφερε να επιβιώσει χάρη της ανάπτυξης νέων προϊόντων και βελτιωμένων διαδικασιών.

Οι εφαρμογές στα ηλεκτρονικά θα συνεχίζουν να αυξάνονται, αφού παρουσιάζουν πλεονεκτήματα όσον αφορά την οικονομία και την ασφάλεια, ενώ νέα συστήματα ελέγχου θα εξασφαλίσουν την λύση για τα προβλήματα της κίνησης μέσα στις πόλεις. Αν και ο τομέας αυτός δεν θα απορροφήσει τεράστιες ποσότητες πλαστικών υλικών, θα αποτελέσει κίνητρο για την παραγωγή πολυμερών με υψηλή απόδοση σε υψηλές θερμοκρασίες, με ταυτόχρονα χαμηλό κόστος.

Στο μακρύτερο μέλλον, σε μια προσπάθεια παρεμπόδισης του φαινομένου “gridlock” θα ασκηθεί πίεση για την απαγόρευση των ιδιωτικών αυτοκινήτων μέσα στην πόλη. Ένας διαχωρισμός μεταξύ των αυτοκινήτων της πόλης και της Εθνικής θα είναι απαραίτητος. Στην κατηγορία των αυτοκινήτων πόλης θα υπάρχει χώρος για την ανάπτυξη σχεδίων μονοθέσιων και διθέσιων αυτοκινήτων με οικονομικά πλεονεκτήματα.

Κατά την επιλογή των υλικών και των διαδικασιών για την νέα αυτή κατηγορία, τίποτα δεν πρέπει να αποκλειστεί. Παραδείγματα από το παρελθόν, μας υπενθυμίζουν ότι όλα τα υλικά και οι μέθοδοι πρέπει να είναι υποψήφια. Το Grabant, κατασκευασμένο στην Ανατολική Γερμανία, είναι ίσως το αυτοκίνητο το οποίο μολύνει την ατμόσφαιρα περισσότερο από κάθε άλλο, αν και το αμάξωμα του είναι κατασκευασμένο από ρητίνες κυτταρίνης, ένα φθινό και λειτουργικό υλικό. Μια όμοια μέθοδος παραγωγής, βασισμένη σε πρεσαριστά πλαίσια από σύγχρονα υλικά θα ήταν οικονομικά αποτελεσματική. Το Sinclair C5, το οποίο τροφοδοτείται από μια μηχανή με νερό, αποτέλεσε θρυλική καταστροφή,

αλλά είχε ένα προσεκτικά σχεδιασμένο και κατασκευασμένο αμάξωμα από συμπολυμερές του πολυπροπυλενίου.

Διάφορα πρότυπα ηλεκτρικά αυτοκίνητα κατασκευάστηκαν κατά καιρούς, με πιο επιτυχημένα το Mini-EI, κατασκευασμένο στην Δανία με αμάξωμα από ακρυλικό φύλλο και το Matra Zoom της Renault το οποίο είχε συνθετικό αμάξωμα.

Κάπου στο ενδιάμεσο μεταξύ των δύο ακραίων καταστάσεων της χωρητικότητας και της απόδοσης, υπάρχει το οικογενειακό αυτοκίνητο. Για πολλούς, υπάρχει σύγκριση μεταξύ της εικόνας του αυτοκινήτου και του τρόπου ζωής του ιδιοκτήτη του αυτοκινήτου. Οι κυρίαρχες εντυπώσεις είναι η υψηλή ταχύτητα που αναπτύσσει το αυτοκίνητο στην Εθνική οδό, η εμφάνιση του και η πολυτέλεια του. Τα μέσα μαζικής ενημέρωσης ενίσχυσαν τις εξωπραγματικές φιλοδοξίες, ενώ παραμέλησαν τις οικολογικές ανάγκες και μείωσαν τα οφέλη των πλαστικών. Είναι αλήθεια ότι τα κορυφαία μοντέλα αυτοκινήτων παρέχουν τα κίνητρα για την ανακάλυψη νέων τεχνολογιών και καινούργιου styling. Είναι επίσης αλήθεια ότι, οι πραγματικές απαιτήσεις των περισσότερων ανθρώπων, για τις οποίες τα πλαστικά δίνουν τον καλύτερο τους εαυτό, είναι η εμπιστοσύνη, η οικονομία και η αντοχή, διασφαλίζοντας την προσωπική μετακίνηση. Αυτό άλλωστε είναι και το ζητούμενο.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Εμπορικές ονομασίες των πολυμερών και οι συντομεύσεις τους.

Συντομογραφία	Χημική ονομασία
	Acrylonitrile butadiene styrene
ASA	ABS
EP	Epoxyde
EPDM	Ethylene propylene diene
ETFE	Ethylene tetra fluorethylene
HDPE	High density polyethylene
PA	Polyamide
Par	Polyacrylate
PBT	Polybutylene terephthalate
PC	Polycarbonate
PE	Polyethylene
PEEK	Polyether etherketone
PEK	Polyether ketone
PEI	Polyetherimide
PET	Polyethylene terephthalate
PF	Phenol formaldehyde
PMMA	Polymethyl methacrylate
PP	Polypropylene
PPE	Polyphenyl ether
PPS	Polyphenyl sulphide
PS	Polystyrene
PTFE	Polytetrafluorethylene
PUR	Polyurethane
PVC	Polyvinyl chloride
SAN	Styrene acrylonitrile
UF	Urea formaldehyde
VE	Vinyl ester

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Εικόνα 2.1: Μηχανή RIM	72
Εικόνα 2.2: Τύποι των ενισχυτικών ινών στα SMC συστήματα	93
Εικόνα 2.3: Συνδυασμοί των ινών για την παραγωγή των SMC συστημάτων	93
Εικόνα 2.4: Διαδικασία SMC-R	94
Εικόνα 2.5: Παραδείγματα της επίπεδης κατασκευής με την χρήση του SMC-C	97
Εικόνα 2.6: Σχηματική αναπαράσταση της διαδικασίας παραγωγής του SMC-D/R με την χρήση διπλών κοπιδιών για την κοπή των ινών	100
Εικόνα 2.7: Διαδικασία παραγωγής SMC-D/R με κοπίδια συνεχών και τυχαίων ινών	102

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

Πίνακας 2.1: Διαδικασίες παραγωγής πλαστικών	107
Πίνακας 2.2: Ικανότητες των διαδικασιών	108
Πίνακας 4.1: Εκτίμηση της σχετικής μείωσης του βάρους	143
Πίνακας 4.2: Υλικά που συνθέτουν ένα ελαστικό	158

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βιβλία

- J.Maxwell, *Plastics in the automotive industry*, Cambridge 1994.
- G.Geaman, J.Phelps, K.Rush, *Plastics in Automotive Applications: An Overview*, SAE USA.
- M.Kaufman, *The first century of plastics*, The Plastics and Rubber Institute, London 1963.
- J.Murphy, *Plastics and elastomers in automobiles*, Techline Industrial Data Service, London 1993.
- R.Wood *Automotive engineering plastics*, Pentech Press, London 1991.
- D.Knowles, *Αναρτήσεις και συστήματα διεύθυνσεως*, Μεταφρ. Π. Σταυρόπουλος, Αθήνα 1997.
- SAE, *Handbook 1987: A Product of the cooperative engineering program*, τόμος 4 1987.
- Chaitanya K. Narula, John E.Allison, David R.Bauer and Haren S.Gandhi, *Advanced materials for automobiles*, American Chemical Society 1996.

Review papers

- M.G.Bader, *Polymers for advanced applications*, University of Surrey, course papers, 1993.
- K.V.Gotham and M.C.Hough, *The durability of high temperature thermoplastics*, Rapra, 1984.
- J.Maxwell, *Plastics in high temperature applications*, Rapra review 1992.

Conference papers

*VDI (Verein Deutscher Ingenieure) Kunststofftechnik Conferences,
Mannheim:*

K.D.Johnke and P.Behr, HDPE fuel tanks, 1982.

E.Hellriegel, Integrated front and rear bumper,1983.

D.F.Gentle, Manufacture of large thermoplastic panels, 1983.

J.Tomforde, Car design and plastics: the conflict between reality and wishful thinking, 1986.

C.Razim and C. Kaniut, Innovation via modern materials engineering in automobile construction industry,1989.

*Plastics in automotive applications: An Overview Selected papers
through 1988:*

Theodore C. Wilkinson, James H. Eckler and Tai-ming Liang, “Structural RIM for Automotive Applications”, Michigan1986.

E.Doring, “Thermoplastic Composites for High Performance Automotive Applications”, Michigan 1986.

Nelson R. Nazear, “Evolution of Polycarbonates in Automotive Applications”, Michigan 1983.

Ralph B. Jutte, “Structural SMC – Material, Process and Performance Review”Michigan 1978.

A.D.Murray and D.F.Gentle, “ Plastic Exterior Body Panels – Material/Process Requirements” Michigan 1986.

Saad M.Abouzahr and Ronald P. Taylor, “Improved RRIM Polyurethane Composites for Automotive Body Panels” Michigan 1985.

N.N Choussaini nad R.H.Fowler, “Reinforced Polyureas; High Temperature Performance and Dimensional Stability”, Michigan 1986.

R.W.Allen, “Quality in SMC Body Panels” Michigan 1982.

James K. Reinker, “ The In - Mold coating Process and It’s Contribution to Improved SMC Surface Quality” Michigan 1982.

Robert D.Cambell, “ A Light-Weight Bumper System Utilizing Azdel Glass Fiber Reinforced Thermoplastic Laminate” Michigan 1980.

L.J.Nowak, “ Olefinic Thermoplastic Elastomer – A New Choice for Bumper Systems” Michigan 1984.

Daniel L.Sobey, Marcus K. Chao and David L.Garrett Jr., “Interior Composite Materials” Michigan 1985.

T.I.Haggerty, J.J.Katz, R.J.Lockwood and A.Watts, “All – MDI Flexible Foams in Automotive Applications” Michigan 1985.

Karl H. Henkel, “Application of PU for Steering Wheel Production” Michigan 1981.

Masahiro Tumamushi, Kinya Mori and Akihro Satoh, “Application of High - Crystallinity Polypropylene to Automobile Interior Trim Parts” Michigan 1988.

SAE (Society of Automobile Engineers) Annual Conference, Detroit, 1987:

M.Kallaur, “ Composition of automobile body panel materials”.

D.G.Dumouchelle and R.A.Florence, “Advanced instrument panel materials and process”.

R.Weibner and J.Adler, “Plastics for interior trim of passenger cars, present and future”

Διαδίκτυο

www.sae.org.com

www.plastics-car.com

www.amazon.com

www.bibsys.no/english.html

www.copac.ac.uk

www.ariadne-t.gr