

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΑΠΟ ΑΝΘΡΑΚΟΝΗΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΜΟΤΟΣΥΚΛΕΤΩΝ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΓΑΛΑΝΗ ΚΑΛΥΨΩ
ΠΕΝΗΝΤΑΡΧΟΥ – ΠΟΥΛΗΜΕΝΟΣ ΑΛΚΙΝΟΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΑΛΩΝΙΤΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2010

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολογίας του Α.Τ.Ε.Ι. Πατρών και αναφέρεται στην κατασκευή προϊόντων από ανθρακονήματα καθώς και στην εφαρμογή τους στην βιομηχανία μοτοσυκλετών. Συγκεκριμένα δίνεται βάση σε δύο εξαρτήματα μοτοσυκλέτας που κατασκευάσαμε οι ίδιοι από ανθρακόνημα και στην σύγκρισή τους, με άλλου είδους υλικά.

Στα πρώτα κεφάλαια γίνεται αναφορά σε συνθετικά υλικά αποτελούμενα από ίνες, με ιδιαίτερη προσοχή στο ανθρακόνημα ως υλικό και στις ιδιότητές του. Στην συνέχεια εστιάζει στα υλικά που ενισχύουν το ανθρακόνημα καθώς και στους τρόπους κατασκευής που υπάρχουν αλλά και που εμείς συγκεκριμένα χρησιμοποιήσαμε. Απώτερος σκοπός των παραπάνω είναι η γνωριμία του αναγνώστη με το ανθρακόνημα καθώς και η καθοδήγηση του ως προς τα βήματα της κατασκευής ενός κομματιού φτιαγμένο από αυτό.

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον καθηγητή μας Δρ. Σαλωνίτη Κωνσταντίνο για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση του για την πραγματοποίηση της πτυχιακής μας εργασίας καθώς και τους φίλους και συμφοιτητές μας, Βαρβαγιάννη Βασίλη, Γερακόπουλο Άρη και Ευθυμίου Φώτη για την παραχώρηση του χώρου εργασίας και την βοήθειά τους, στην κατασκευή μας.

Γαλάνη Κυρ. Καλυψώ

Πενηντάρχου - Πουλημένος Στεφ. Αλκίνοος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία αναφέρεται στην κατασκευή προϊόντων από ανθρακονήματα και στην εφαρμογή τους, στην βιομηχανία των μοτοσικλετών. Σκοπός της είναι η γνωριμία με το ανθρακόνημα ως υλικό, η γνωστοποίηση των χρήσιμων ιδιοτήτων του και κυρίως η παρουσίαση των εξαρτημάτων που κατασκευάσαμε.

Η ανάπτυξη του θέματος γίνεται σε επτά Κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια γενική αναφορά στα υλικά τα οποία αποτελούνται από ίνες και κυρίως στο ανθρακόνημα, το οποίο ανήκει στην ομάδα αυτή των υλικών. Με μία ιστορική αναδρομή γίνεται η τοποθέτηση του ανθρακονήματος μέσα στον χρόνο, το έτος 1958 όπου ο Dr. Roger Bacon το δημιούργησε στο κέντρο έρευνας «UNION CARBIDE PARMA» αλλά και αναφορά στις πολλαπλές χρήσεις του. Αφού δίνεται βάση στα είδη πλέξης που μπορούν να διακρίνουν το ανθρακόνημα, δίνεται η περιγραφή των μηχανικών του ιδιοτήτων, ανάμεσα σε αυτές, η αντοχή και το χαμηλό βάρος που είναι και τα βασικά πλεονεκτήματα του υλικού.

Στην συνέχεια, το δεύτερο κεφάλαιο βασίζεται στα υλικά τα οποία ενισχύουν το ανθρακόνημα αλλά και στην διάκριση αυτών ανάλογα με το είδος της κατασκευής. Τα υφάσματα, οι ρητίνες, τα βερνίκια, τα υλικά του πυρήνα, οι αφροί, οι κηρήθρες και τα προκατασκευασμένα σάντουιτς πινάκων έχουν κυρίαρχη θέση στο κεφάλαιο αυτό.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρονται αλλά και αναλύονται οι μέθοδοι κατασκευής πολυστρωματικών σύνθετων υλικών και ανάλογα με τις ανάγκες αλλά και τις οικονομικές δυνατότητες που υπάρχουν, γίνεται η επιλογή καθεμιάς από αυτές. Πρόκειται για τέσσερις διαφορετικές μεθόδους μεταξύ αυτών η Hand Lay-Up μέθοδος, η Vacuum Bagging, η Vacuum Assisted Resin Infusion και η Autoclave.

Μία σωστή και προσεγμένη κατασκευή έχει ανάγκη από εξειδικευμένο εξοπλισμό, εργαλεία αλλά και ειδικά διαμορφωμένους χώρους που προάγουν την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα της διαδικασίας της. Το τέταρτο κεφάλαιο αποτελεί μία αναλυτική περιγραφή και έναν συμβουλευτικό οδηγό όλων των παραπάνω.

Σημαντικό κεφάλαιο της Πτυχιακής Εργασίας είναι το πέμπτο, το οποίο ασχολείται με την εφαρμογή του ανθρακονήματος στην βιομηχανία μοτοσικλετών. Πρόκειται για μία ολοκληρωμένη περιγραφή των εξαρτημάτων από ανθρακόνημα, που συναντούνται συχνότερα στις μοτοσικλέτες, όπως το πλαίσιο, τα δισκόφρενα, οι εξαρτήματα, το ψαλίδι, οι τροχοί αλλά και αξεσουάρ που αφορούν την προστασία του αναβάτη, όπως είναι το κράνος και ο ρουχισμός.

Στο έκτο κεφάλαιο περιγράφεται η διαδικασία της κατασκευής μας με την hand lay up μέθοδο, καθώς και των δύο διαφορετικών ειδών καλουπιών, αναγκαία για την δημιουργία των εξαρτημάτων που επιλέξαμε. Επιπλέον γίνεται περιγραφή των υλικών και των εργαλείων που χρειάστηκαν, καθώς και οικονομική ανάλυση.

Η σύγκριση των δύο εξαρτημάτων που κατασκευάστηκαν και που αναλύθηκαν στο έκτο κεφάλαιο, καθώς και κάποια συμπεράσματα για το ανθρακόνημα και την χρήση του, γίνεται στο έβδομο και τελευταίο κεφάλαιο.

Με την συγκεκριμένη εργασία παρουσιάζεται η σπουδαιότητα του ανθρακονήματος που για πολλούς είναι άγνωστη, όσον αφορά τις ιδιότητές του και την χρήση του σε τεχνολογικά προηγμένες εφαρμογές. Μπορεί επιπλέον, να θεωρηθεί αυτή η Πτυχιακή Εργασία σαν ένας οδηγός κατασκευής ανθρακονημάτων εξαρτημάτων βήμα, βήμα από το συνολικό κόστος και τα απαραίτητα υλικά και εργαλεία, μέχρι και την τελική κατασκευή.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	4

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1 Ανθρακόνημα και.....	7
------------------------	---

1. ΥΛΙΚΑ ΣΕ ΜΟΡΦΗ ΙΝΑΣ

1.1 Υλικά σε μορφή ίνας	9
1.2 Ενισχυτικές ίνες	9
1.2.1 Ίνες υάλου (Fiber Glass)	10
1.2.2 Ίνες αραμιδίου (Aramid Fiber-Kevlar)	11
1.3 Εστίαση σε υλικά από ίνες άνθρακα (Carbon Fibber)	13
1.4 Η Εφεύρεση του ανθρακονήματος και η ιστορία του.....	15
1.5 Επίδραση της πλέξης των ινών στις μηχανικές ιδιότητες.....	17
1.6 Είδη πλέξης ινών	17
1.6.1 Plain.....	17
1.6.2 Twill	18
1.6.3 Satin	19
1.6.4 Basket.....	19
1.6.5 Leno.....	20
1.6.6 Mock Leno	20
1.7 Ιδιότητες ινών	21
1.8 Επίδραση του μεγέθους ινών στις μηχανικές ιδιότητες.....	21
1.9 Άλλα είδη ινών	21

2. ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

2.1 Υφάσματα.....	23
2.1.1 Υφασμένα υφάσματα.....	23
2.1.2 Υφάσματα μονής κατεύθυνσης.....	24

2.1.3 Υβριδικά υφάσματα.....	25
2.2 Η εφαρμογή των ινών.....	25
2.3 Συστήματα ρητίνης.....	26
2.3.1 Πολυεστερικές ρητίνες.....	26
2.3.2 Εποξικές ρητίνες.....	29
2.3.3 Τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ρητινών.....	31
2.4 Οι ιδιότητες του ελάσματος.....	32
2.5 Βερνίκια (gel coats).....	34
2.6 Υλικά πυρήνα.....	35
2.7 Αφροί.....	35
2.8 Κηρήθρες.....	36
2.9 Προκατασκευασμένα σάντουιτς πινάκων.....	37

3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΠΟΛΥΣΤΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΕΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

3.1 Μέθοδοι.....	38
3.1.1 Επίστρωση, στρωματοποίηση και εμποτισμός με το χέρι (Hand Lay - Up).....	38
3.1.2 Μέθοδος κατασκευής με κενό αέρος (Vacuum Bagging).....	39
3.1.3 Δημιουργία κενού αέρος με υποβοηθούμενη έγχυση ρητίνης (Vacuum Assisted Resin Infusion).....	39
3.1.4 Pressure – Bag Molding.....	40
3.1.5 Μέθοδος αυτόκλειστου φούρνου (Autoclave).....	41

4. ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ, ΕΡΓΑΛΕΙΑ, ΧΩΡΟΣ

4.1 Υγεία και ασφάλεια.....	43
4.2 Εργαλεία και εξοπλισμός.....	43
4.3 Χώρος εργασίας.....	44

5. Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΟΝΗΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΜΟΤΟΣΙΚΛΕΤΩΝ

5.1 Εξαρτήματα μοτοσυκλετών.....	45
5.1.1 Δισκόφρενα.....	45
5.1.2 Πλαίσιο.....	49
5.1.3 Εξατμίσεις.....	49

5.1.4 Ψαλίδι και Τροχοί.....	50
5.1.5 Κράνη και Ρουχισμός Προστασίας.....	51
5.2 Μοτοσικλέτες εξολοκλήρου από ανθρακόνημα.....	52

6. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

6.1 Κομμάτια προς κατασκευή (Κάλυμμα ντεπόζιτου και μάσκα μοτοσικλέτας)	55
6.2 Απαιτήσεις για τα καλούπια.....	55
6.3 Επιλογή τύπου καλουπιών.....	56
6.4 Υλικά για την κατασκευή του καλουπιού της μάσκας από Fiberglass.....	56
6.4.1 Βήματα κατασκευής.....	58
6.5 Υλικά για την κατασκευή της μάσκας μοτοσικλέτας από αθρακόνημα.....	59
6.5.1 Βήματα κατασκευής.....	60
6.6 Υλικά για την κατασκευή του καλουπιού του καλύμματος του ντεπόζιτου (Μίγμα καλουπιού “Putty”)	62
6.6.1 Βήματα κατασκευής.....	64
6.7 Υλικά για την κατασκευή του καλύμματος του ντεπόζιτου μοτοσικλέτας από ανθρακόνημα.....	66
6.7.1 Βήματα κατασκευής.....	67
6.8 Συνολικό κόστος κατασκευών.....	70

7. ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

7.1 Συμπεράσματα σχετικά με το ανθρακόνημα, αναφορά σε κάποια μειονεκτήματα του.....	71
7.2 Γιατί κάποιος να προτιμήσει το ανθρακόνημα.....	72
7.3 Σύγκριση των δυο τρόπων κατασκευής και των κομματιών.....	73

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	76
-------------------	----

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	77
------------------	----

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η συγκεκριμένη Πτυχιακή Εργασία αναφέρεται στις μεθόδους κατασκευής προϊόντων από ανθρακονήματα και στη εφαρμογή αυτών στην βιομηχανία μοτοσυκλετών. Επειδή για πολλούς, αυτό το σύνθετο ινοπλισμένο υλικό μπορεί να είναι άγνωστο, αφού εξαιτίας του υψηλού του κόστους, χρησιμοποιείται σε ειδικές εφαρμογές, θα ήταν φρόνημο από εμάς να εξηγήσουμε την προέλευσή του, την σημασία και τις ιδιότητές του, κάνοντας καλύτερη την κατανόηση του θέματος από τους αναγνώστες.

Τα ανθρακονήματα ή ίνες άνθρακα (Carbon Fiber) είναι λεπτά μακριά νήματα (δέσμες), που αποτελούνται από φύλλα - άτομα άνθρακα διατεταγμένα σε εξαγωνικό σχήμα που ευθυγραμμίζονται κατά μήκος του άξονα ινών. Τα ανθρακονήματα μερικές φορές καλούνται και ίνες γραφίτη αν και αυτό δεν είναι σωστό, μιας και διαφέρουν από αυτές, καθώς οι ίνες γραφίτη έχουν πολύ υψηλό ποσοστό άνθρακα (μεγαλύτερο από 99%), ενώ τα ανθρακονήματα έχουν περιεκτικότητα σε άνθρακα από 80 έως 95 %. Ωστόσο η διαδικασία παρασκευής τους είναι η ίδια, ενώ οι τιμές της θερμοκρασίας είναι αυτές που καθορίζουν το τελικό προϊόν.

Τα νήματα είναι πάρα πολύ λεπτά, περίπου 0.0002-0.0004 ίντσες (0.005-0.010 mm) στη διάμετρο και διαχωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τις ίνες υψηλής αντοχής (high strength) και τις ίνες υψηλού μέτρου ελαστικότητας (high modulus), οι οποίες είναι ακριβότερες από τις πρώτες.

Η ταξινόμησή των ινών γίνεται ανάλογα με το μέτρο ελαστικότητας της ίνας. Η αγγλική μονάδα μέτρησης είναι κιλά ανά τετραγωνική ίντσα της εγκάρσιας διατομής, (psi). Έντυπωσιακό είναι το γεγονός ότι η ισχυρότερη ίνα άνθρακα είναι περίπου πέντε φορές ισχυρότερη από το ασάλι. Αρκετές χιλιάδες ίνες άνθρακα είναι στριμμένες μαζί για να διαμορφώσουν ένα νήμα, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ή να υφαθεί σε ύφασμα. Το νήμα σε συνδυασμό με εποξεικές ρητίνες και άλλα υλικά θερμοσκληρυνόμενα αλλά και με την χρήση διαφόρων συνθετικών υλικών, συμμετέχει σε πολλές εφαρμογές. Η πώληση των ανθρακονημάτων στην αγορά γίνεται με τη μορφή χονδρού κορδονιού – νήματα ή και σε υφάσματα. Για το μέγεθος των δεσμών έχει καθοριστεί ένας κώδικας επικοινωνίας για τα ανθρακονήματα και λόγο των microns που διαθέτουν έχουν χαρακτηριστεί όπως πχ. 1K (K = 1000 νήματα), 3K, 6K, 12K, 24K, 48K, 120K, 320K, κλπ. Οι πρώτες ίνες δημιουργήθηκαν το 1958 από τον Roger Bacon στο κέντρο έρευνας Union Carbide Parma, με έδρα στα περίχωρα του Κλήβελαντ στο Οχάιο. Αυτή η διαδικασία αποδείχθηκε ανεπαρκής, αφού το αποτέλεσμα ήταν ίνες άνθρακα αποτελούμενες μόνο σε ποσοστό 20% από άνθρακα και παρουσίαζε χαμηλή αντοχή και ακαμψία. Στις αρχές της δεκαετίας του '60, μια διαδικασία αναπτύχθηκε, χρησιμοποιώντας το πολυακρυλονιτρίλιο, ως πρώτη ύλη. Αυτό παρήγαγε μια ίνα άνθρακα που περιείχε ποσοστό άνθρακα περίπου 55% και είχε πολύ καλύτερες ιδιότητες. Η συγκεκριμένη διαδικασία μετατροπής, έγινε γρήγορα η αρχική μέθοδος παρασκευής τους, ενώ συνέχισε να εξελίσσεται και να τελειοποιείται καθώς και να γίνονται αντιληπτές οι δυνατότητες εφαρμογής της.

Τα ανθρακονήματα λοιπόν όπως αναφέρθηκε, είναι κυρίως κατασκευασμένα από ένα πολυμερές που ονομάζεται πολυακρυλονιτρίλιο (PAN) και το οποίο κατεργάζεται με μια ειδική θερμική επεξεργασία οξειδωσης. Η κύρια τεχνική, που χρησιμοποιείται από την βιομηχανία κατασκευής carbon είναι η ξηρή κλώση και μπορούν να παραχθούν με πολύ υψηλό συντελεστή συγκέντρωσης σε άνθρακα για ειδικές εφαρμογές, όπως τα διαστημικά οχήματα, όπλα κ.ά.

Είναι ευέλικτο υλικό στον κατασκευαστικό σχεδιασμό, έχει χημική αντίσταση στη διάβρωση, έχει καλές ιδιότητες θερμικής και ηλεκτρικής αγωγιμότητας γι' αυτό θα

πρέπει να γίνεται σχολαστική εφαρμογή του, σε συνδυασμό με ρητίνες τις ανάλογης περίπτωσης.

Τα ανθρακόνηματα έχει αποδειχθεί ότι είναι εξαιρετικά χρήσιμα ως ενισχυτικά υλικά για την παραγωγή σύνθετων υλικών. Η αντοχή τους σε υψηλές θερμοκρασίες και το χαμηλό τους βάρος, είναι χαρακτηριστικές ιδιότητές, που μάλιστα τα καθιστούν βασικό υλικό της εποχής μας σε τομείς, όπως η αεροδιαστημική, η αμυντική τεχνολογία, η αυτοκινητική τεχνολογία καθώς και ο αθλητικός εξοπλισμός. Η τελευταία μάλιστα εξέλιξη στην τεχνολογία των ινών άνθρακα είναι οι μικρό-σωλήνες άνθρακα που ονομάζονται νανοσωλήνες. Οι νανοσωλήνες είναι φύλλα από άτομα άνθρακα που διπλώνουν σε μια δομή σαν κλωβός. Οι ασυνήθιστες ιδιότητές τους, υπόσχονται να συμβούν επαναστατικές αλλαγές στα ηλεκτρονικά, στην χημεία, στην επιστήμη των υλικών και στους υπολογιστές.

Επιπλέον ένας βασικός τομέας στον οποίο, έχει ηγετική θέση το ανθρακόνημα και στον οποίο βασίζεται η πτυχιακή μας, είναι ο τομέας των μοτοσυκλετών και κυρίως ο χώρος του αγωνιστικού μοτοσυκλετισμού. Σήμερα οι βιομηχανίες μοτοσυκλετών κάνουν εκατομμύρια πωλήσεις κάθε χρόνο. Δισκόφρενα, εξαμίσεις, τροχοί, ψαλίδια, κράνη, είναι μερικές από τις εφαρμογές.

Σε γενικές γραμμές, η αγορά γνώρισε ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια και υπάρχει πολύ αισιόδοξη προσδοκία ανάπτυξης και τα επόμενα χρόνια. Ο μέσος ρυθμός ανάπτυξης για τα τελευταία 23 χρόνια ήταν περίπου 12% στην κατασκευή carbon. Για τα τελευταία τέσσερα χρόνια, ο άνθρακας στην παγκόσμια αγορά ινών, είναι στα ύψη. Οι αναλυτές της αγοράς είχαν προβλέψει ότι, παγκοσμίως η παραγωγή ινών άνθρακα θα φθάσει τα 12 δισεκατομμύρια δολάρια μέχρι το 2011.

Ενώ παγκοσμίως, η χρήση του ανθρακονήματος είναι υπερβολικά αυξημένη, το κόστος του, συνεχίζει να είναι για πολλούς απαγορευτικό. Οι μέθοδοι κατασκευής εξαρτημάτων από το συγκεκριμένο υλικό, είναι πολλοί και οι ειδικοί στην χώρα μας που ασχολούνται με τις κατασκευές αυτού του είδους, λίγοι.

Η αλήθεια είναι πως οι κατασκευές για να έχουν σωστά αποτελέσματα, λόγω των αρκετών παραγόντων που τις επηρεάζουν, θέλουν προσεγμένη προσπάθεια, γνώσεις και μεγάλη εμπειρία. Μερικοί από τους παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν μία κατασκευή ανθρακονημάτων εξαρτήματος, είναι η επιλογή της μεθόδου κατασκευής, η επιλογή στρώσεων υφάσματος ανθρακονήματος, οι σωστές δοσολογίες της ρητίνης και των άλλων υλικών και φυσικά η κατασκευή του καλουπιού. Απ' όλους αυτούς τους παράγοντες, αν και δεν υπήρχε προηγούμενη εμπειρία, εξαρτήθηκε αντίστοιχα και η δική μας κατασκευή, δίνοντας μας για το τέλος την ευκαιρία της σύγκρισης και της εκτίμησης των αποτελεσμάτων.

1. ΥΛΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΟΥΜΕΝΑ ΑΠΟ ΙΝΕΣ

1.1 ΥΛΙΚΑ ΣΕ ΜΟΡΦΗ ΙΝΑΣ

Τα υλικά σε μορφή ίνας, είναι γνωστό ότι έχουν κάποιες από τις καλύτερες μηχανικές ιδιότητες από όλα τα διαθέσιμα δομικά υλικά. Παρ' όλα αυτά, η ικανότητά τους σε κάμψη και φορτία θλίψης είναι πολύ μικρή, όταν δεν υποστηρίζονται από κάποιο άλλο υλικό. Γι' αυτό τον λόγο το «πάντρεμά τους» με μια μήτρα, όπως είναι η ρητίνη, είναι δυνατόν να μας επωφελήσει πλήρως από την αντοχή και την δυσκαμψία που θα προσδώσει στο υλικό.

Τα υλικά φτιαγμένα από ίνες έχουν υιοθετηθεί ευρέως σε διάφορες βιομηχανίες (όπως αυτήν της αεροπλοΐας, των αυτοκινήτων, των μοτοσυκλετών και άλλες) για διάφορους λόγους, κυρίως όμως γιατί μπορούν να παραχθούν σε μία απεριόριστη ποικιλία σχημάτων, σχετικά εύκολα. Για παράδειγμα, μία πολύπλοκη καμπυλότητα του αμαξώματος ενός αυτοκινήτου, που παλαιότερα απαιτούνταν αρκετά εξειδικευμένες ικανότητες από κάποιον μάστορα, τώρα πλέον με τη χρήση των σύνθετων υλικών από ίνες μπορεί να επιτευχθεί πολύ πιο εύκολα, με μικρότερο κόστος, μικρότερη χρονική περίοδο και με όχι και τόσο εξειδικευμένο εξοπλισμό.

Το πιο σημαντικό και δύσκολο μέρος της παραγωγής σύνθετων υλικών είναι η διαδικασία σχεδιασμού και κατασκευής του καλουπιού, όπου και απαιτείται εξειδικευμένο προσωπικό, καθώς πρόκειται για μια δουλειά που χρειάζεται ακρίβεια χιλιοστού (ίσως και μικρότερη – ανάλογα με τη σημαντικότητα του κομματιού που θέλουμε να κατασκευάσουμε). Οι τεχνικές καλουπιώματος δεν επιδέχονται μαζική παραγωγή, όταν όμως κατασκευαστεί το καλούπι, τότε όλα είναι πολύ πιο εύκολα και έτσι μπορούν να παραχθούν πολλά πανομοιότυπα αντίγραφα.

Ένα πλαστικό ενισχυμένο με ίνες - σύνθετο υλικό, αποτελείται από μία μάζα από ίνες σε συνδυασμό με μία ρητίνη (μήτρα) η οποία τις δεσμεύει και τις κρατά.

Οι ιδιότητες του υλικού όπου προκύπτει, εξαρτώνται από τις ιδιότητες των ινών, από τις ιδιότητες της ρητίνης καθώς και από τον τρόπο με τον οποίο τα δύο υλικά συνδυάζονται.

Οι πιο συνηθισμένες ίνες που χρησιμοποιούνται σε σύνθετα υλικά είναι:

- Ίνες Γυαλιού (Fiber Glass)
- Ίνες Αραμιδίου (Aramid Fiber – Kevlar)
- Ίνες Άνθρακα (Carbon Fiber)

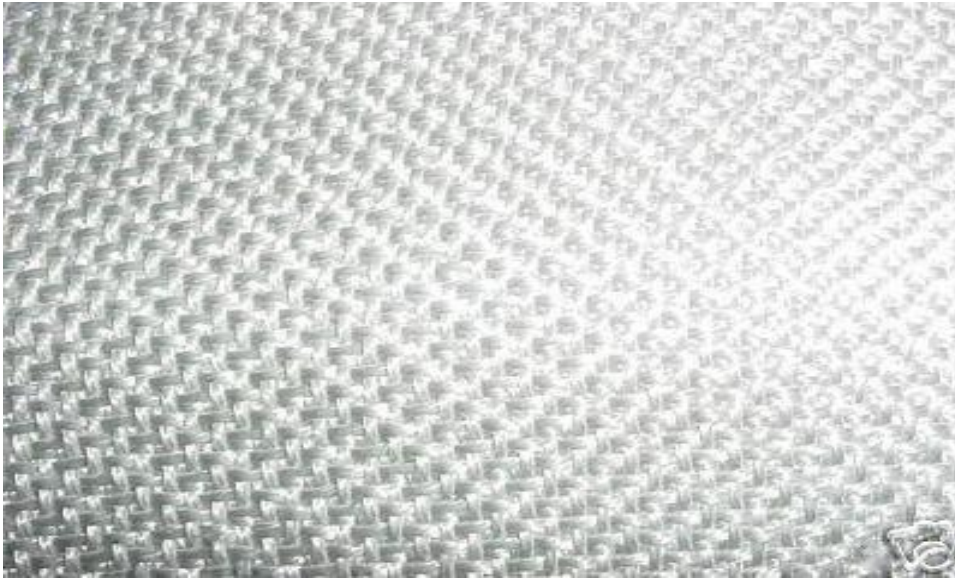
Υπάρχουν πολλά ακόμα είδη ινών που χρησιμοποιούνται για τη κατασκευή σύνθετων υλικών, όμως οι παραπάνω ίνες διακρίνονται για τις ιδιαίτερα καλές φυσικές και μηχανικές ιδιότητές τους σε σχέση με το βάρος τους. Έτσι τείνουν να χρησιμοποιούνται σχεδόν κατά αποκλειστικότητα στα σύνθετα υλικά με ενίσχυση ινών σε όλες τις εφαρμογές υψηλής τεχνολογίας.

1.2 ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ

Οι ενισχυτικές ίνες συνεισφέρουν το μεγαλύτερο μέρος της εφελκυστικής, θλιπτικής, καμπτικής και διατμητικής δυσκαμψίας και αντοχής ενός ινώδους πολύστρωτου, από σύνθετα υλικά, αν και είναι ικανές να φέρουν μόνο εφελκυστικό φορτίο υπό μορφή νήματος μη εμποτισμένου σε ρητίνη. Επίσης, είναι υπεύθυνες για τη μετατροπή μιας ψαθυρής ρητίνης σε ανθεκτικό υλικό.

1.2.1 Ίνες Υάλου (Fiber Glass)

Το υλικό αυτό είναι γνωστό εδώ και χρόνια, από το τέλος του Δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου, όταν οι ναυπηγοί των πλοίων του πολεμικού ναυτικού, ξεκίνησαν να επωφελοούνται από τις ιδιότητες του. Έτσι δεν άργησε να βρει χρήση και στην αυτοκινητοβιομηχανία καθώς θεωρήθηκε ως κατ' εξοχήν κατάλληλο υλικό για την κατασκευή αμαξώματος, λόγω της απλής χρήσης του και της χαμηλής τιμής του.



Εικόνα 1.1: Ύφασμα υαλονήματος (Fiber glass)

Οι ίνες γυαλιού [2] οι οποίες φαίνονται στην εικόνα 1.1 έχουν ακόμα και σήμερα χρήση στον χώρο του μηχανοκίνητου αθλητισμού χάρη στη μακροζωία τους, την τιμή τους, την καλή αναλογία της δύναμης που αντέχουν σε σχέση με το βάρος τους και τέλος η αφθονία του υλικού αυτού.

Τα πλεονεκτήματά τους σε συνδυασμό με την αρκετά χαμηλή τους τιμή, προκύπτουν από την χρήσιμη δύναμη προς την αναλογία του βάρους και την άμεση διαθεσιμότητά τους. Ακόμα και αν δεν έχει φτιάξει ποτέ κανείς τίποτα από το GFRP, σίγουρα θα έχει συναντήσει κάτι από το οποίο να είναι φτιαγμένο και πιθανότατα να έχει εκτελέσει και κάποιες επισκευές.

Στην καθημερινή του μορφή, δεν θα φανταζόταν κανείς ότι το γυαλί χρησιμοποιείται ως υλικό για την κατασκευή εξαρτημάτων αγωνιστικών αυτοκινήτων. Το γυαλί σπάει πολύ εύκολα και αυτό επειδή όταν ένα κομμάτι γυαλί συμπιέζεται δημιουργούνται ατέλειες στην επιφάνειά του, μεταφέροντας την ρωγμή στο υλικό πολύ εύκολα με αποτέλεσμα να ραγίσει και να σπάσει. Αλλά όταν τα συστατικά ορυκτών, τα οποία χρησιμοποιούνται για την κατασκευή γυαλιού, τίκονται στους 1600° C περίπου, έπειτα μεταφέρονται μέσω μικροσκοπικών τρυπών ενώ ψύχονται, για να μεταλλαχθούν σε μικρά διαμετρικά νήματα (από 5 ως 25 μικρόμετρα), υπάρχει περιορισμένη πιθανότητα ύπαρξης ενός μικρού αριθμού ατελειών στην επιφάνεια σε δεδομένη μάζα του υλικού, το οποίο σημαίνει ότι οι περισσότερες ίνες παραμένουν δυνατές. Έτσι σε μια δέσμη ινών η πραγματική δύναμη που παρουσιάζεται είναι πολύ πιο κοντά στον τίτλο του θεωρητικά άψογου υλικού της δύναμης. Κατά συνέπεια, οι δέσμες από ίνες υάλου αποκτούν ακαμψία και αντοχή σε εφελκυσμό. Αυτό σημαίνει αντοχή σε θραύση των ινών που υποβάλλονται σε ένταση, σε συνδυασμό με την δική τους δύναμη.

Αυτές οι ιδιότητες επιτρέπουν στις ίνες να παράγονται σε μακριά νήματα και να στρέφονται σε τροχούς. Το επόμενο βήμα είναι είτε να παραχθούν νήματα από ίνες υάλου που είναι δέσμες στενών, στριφτών νημάτων ή ίνες από άνθρακα οι οποίες είναι χαλαρές δέσμες νημάτων. Τα νήματα ή ίνες από άνθρακα κατατάσσονται σύμφωνα με το βάρος τους. Σε μετρικό σύστημα, τα νήματα μετρούνται σε αυτό που αποκαλείται αξία «tex», που είναι το βάρος σε γραμμάρια των 1000 μέτρων του νήματος. Εμπειρικά έχουν αξία «denier», το οποίο περιέχει το βάρος σε κιλά των 10.000 νημάτων. Σε γενικές γραμμές τα νήματα γυαλιών ποικίλλουν από 5 ως 400 tex, ενώ οι ίνες από άνθρακα ποικίλλουν από 300 σε 4.800 tex.

Οι ίνες υπάρχουν σε 4 τύπους E, R, S και T.

Το E-glass, το οποίο είναι φτιαγμένο από βοριοπυριτικό αλουμίνιο, χρησιμοποιείται περισσότερο και όχι τυχαία, καθώς είναι το πιο φθηνό. Αλλά επίσης έχει τις πιο χαμηλές μηχανικές ιδιότητες. Ωστόσο παράγει λεπτά ελάσματα από GFRP με πολύ καλή ακαμψία και δύναμη και είναι άκρως ικανοποιητικά σε πολλές εφαρμογές.

Το S-glass αρχικά χρησιμοποιείται σε αεροδιαστημικές και στρατιωτικές εφαρμογές. Από χημική άποψη έχει υψηλή περιεκτικότητα σε πυρίτιο όχι όμως σε βόριο και είναι αρκετά πιο ακριβό από το E-glass. Η εμπορική του κατηγορία, όπου ονομάζεται S2 αλλά συχνά αναφέρεται απλά ως S-glass, είναι φτιαγμένη με διαμέτρους ινών 50% μικρότερες από ό,τι του E-glass, που τους εφοδιάζει με περισσότερη δύναμη (ως αποτέλεσμα χαμηλότερης αναλογίας σε ελαττώματα) και επίσης αυξάνει την επιφάνεια της περιοχής η οποία είναι διαθέσιμη για σύνδεση με την μήτρα της ρητίνης, δίνοντας ισχυρότερα ελάσματα S-glass. Είναι πιο ανθεκτικό στο νερό και αυτό ενδιαφέρει περισσότερο τους κατασκευαστές πλοίων παρά τους αγοραστές αγωνιστικών αυτοκινήτων.

Το R-glass είναι και χημικά και μηχανικά το ίδιο με το S-glass, αλλά είναι φτιαγμένο στην Ευρώπη παρά στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, ενώ το T-glass είναι αντίστοιχο Ιαπωνικής κατασκευής.

1.2.2 Ίνες Αραμιδίου (Aramid Fiber-Kevlar)

Οι ίνες αραμιδίου [2] – η αλλιώς ίνες αρωματικών πολυαμιδίων – αν και συσχετίζονται με το νάιλον, κατέχουν διαφορετικές και αρκετά εντυπωσιακές φυσικές και μηχανικές ιδιότητες λόγω της ελάχιστα διαφοροποιούμενης μηχανικής σύνθεσής τους. Τα αραμιδία, τα οποία είναι γνωστά περισσότερο από τα ονόματά τους στο εμπόριο ως Twaron και Kevlar, αρχικά έγιναν διαθέσιμα το 1972, για να αντικαταστήσουν τα καλώδια χάλυβα στα λάστιχα του εμπορίου. Οι εκδόσεις αραμιδίου χρησιμοποιούνται στην βαλλιστική ένδυση και στην πανοπλία σώματος εξαιτίας της πολύ καλής αντίστασης σε πρόσκρουση και διαπεραστικότητα. Το ολοκληρωμένο του χημικό όνομα είναι poly(paraphenylene terephthalamide, διότι παράγεται με τον σχεδιασμό λεπτών συρμάτων κατευθείαν από την χημική επεξεργασία. Στην εικόνα 1.2 φαίνεται η μορφή ενός υφάσματος ινών αραμιδίου.

Τα FRP (fibre reinforced plastic), ενισχυμένα υλικά με ίνες πλαστικών, οι επωφελείς ιδιότητες του αραμιδίου, που είναι η υψηλή του αντοχή σε εφελκυσμό, η υψηλή ακαμψία, η σχετικά μικρή πυκνότητά του καθώς και η σκληρότητα και αντίστασή του στην τριβή. Στην πραγματικότητα αυτές οι ίδιες ιδιότητες προκαλούν ένα από τα λίγα μειονεκτήματα του αραμιδίου, δηλαδή την δυσκολία στην κοπή του καθώς μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο από ειδικά και ακριβά ψαλίδια. Μπορεί να κοπεί, μολονότι όχι τόσο περιποιημένα, με συγκεκριμένους τύπους ψαλιδιών αλλά χρειάζεται υπομονή.

Το άλλο κύριο μειονέκτημα των ινών αραμιδίου είναι ότι έχουν χαμηλή αντοχή στην συμπίεση, δηλαδή αντοχή στην συμπίεση κατά μήκος της ίνας. Αυτό πιστεύεται

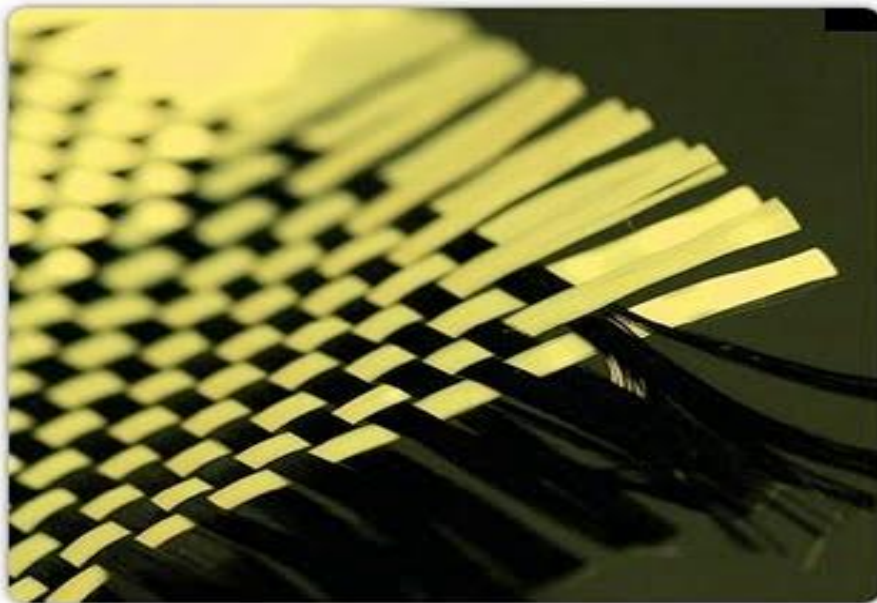
ότι προκαλείται από την επανόρθωση των ίδιων των ινών από μικρότερα, σχεδόν μικροσκοπικών διαμέτρων ινίδια, τα οποία τείνουν να κάμπτονται κάτω από συμπίεστικά φορτία. Αυτό έχει μια δυσάρεστη συνέπεια στο πλαστικό, δημιουργώντας μια ροπή στο πλαστικό «ψαλίδι», η αλλιώς τον χωρισμό των στρωμάτων μέσα σε ένα έλασμα κάτω από ένα συμπιεσμένο φορτίο. Για αυτόν το λόγο το αραμίδιο δε χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου εμφανίζονται φορτία κάμψης και είναι πιο αποτελεσματικά στο αμάξωμα λόγω της χαμηλής τους πυκνότητας και αντοχής. Επιπλέον, είναι πιο αποτελεσματικά στις οικοδομικές εφαρμογές που κάνουν χρήση της υψηλής αντοχής στην ένταση και αντίστασης του υλικού. Συχνά επιστρατεύονται ως υποστήριξη της ασφάλειας σε περίπτωση βλάβης, περισσότερο από τις πιο σκληρές και εύθραυστες ίνες, όπως είναι αυτές του άνθρακα. Το αραμίδιο είναι συνήθως κατασκευασμένο σε δέσμες άνθρακα, σε κλίμακα 20 έως 800 tex.



Εικόνα 1.2: Ύφασμα ινών αραμιδίου (Kevlar)

Πολλοί θεωρούν ταυτόσημες τις έννοιες “carbon” και “kevlar”, κάτι που όμως δεν ισχύει. Kevlar είναι το όνομα ενός προϊόντος από ίνες αραμιδίου, το οποίο είναι εμπορικά κατοχυρωμένο από τον μοναδικό κατασκευαστή και εφευρέτη του, την DuPont. Έχει κιτρινωπό χρώμα, επομένως στο μάτι ξεχωρίζει αμέσως από το σκούρο carbon. Αυτό που χαρακτηρίζει το Kevlar και το κάνει να διαφέρει από τα ανθρακονήματα, είναι η μεγάλη αντοχή του σε κρουστική καταπόνηση λόγω της ελαστικότητας που επιδεικνύει. Εκεί που ένα κομμάτι από carbon στο όριο θραύσης του θα γίνει πολλά κοφτερά κομμάτια, το Kevlar θα απορροφήσει περισσότερη ενέργεια και θα συμπεριφερθεί πιο προοδευτικά και ελαστικά. Όπως και στην περίπτωση του carbon ανάλογα με τη διαδικασία κατασκευής των ινών το τελικό προϊόν προσφέρει είτε μέγιστη αντοχή είτε μέγιστη ελαστικότητα, σχηματίζοντας διάφορους τύπους όπως τα Kevlar 29, 49, 129 και 149.

Σε μεγάλο ποσοστό των εφαρμογών του Kevlar στην αυτοκίνητοβιομηχανία, χρησιμοποιούνται συνδυασμοί του με carbon ώστε να έχουμε μέρη με την ελαστικότητα σε κρούση του Kevlar αλλά και με την απόλυτη αντοχή και ακαμψία του carbon. Ο συνδυασμός αυτός μπορεί να γίνει είτε με τη μορφή υβριδικού υφάσματος όπως φαίνεται στην εικόνα 1.3, όπου έχουμε εναλλάξ πλέξεις ινών carbon και Kevlar (ξεχωρίζει από τις διαδοχικές κίτρινες και ανθρακί ίνες) είτε με τοποθέτηση απανωτών στρώσεων υφασμάτων carbon και Kevlar. Για παράδειγμα, το Kevlar 49 είναι από 25% έως 50% πιο εύκαμπτο από τα διάφορα είδη carbon fiber και έχει πολύ μεγαλύτερη ειδική αντοχή από το ασάλι και το αλουμίνιο, τόσο σε εφελκυσμό όσο και σε θλίψη. Ενώ μπορεί εύκολα να κοπεί ύφασμα από carbon με ένα απλό ψαλίδι, αντίθετα για να κοπεί ύφασμα από Kevlar χρειάζεται ψαλίδι καρβιδίου (υλικό υψηλής σκληρότητας). Μια εφαρμογή του Kevlar που δείχνει την ανθεκτικότητά του, είναι η χρήση του για τις ποδιές των αυτοκινήτων χωμάτινων ράλι, οι οποίες πρέπει να αντέχουν σε συνεχείς επαφές με σκληρά εδάφη και πέτρες.



Εικόνα 1.3: Υβριδικό ύφασμα Αραμιδίου – Ανθρακονήματος (Kevlar – Carbon)

1.3 ΕΣΤΙΑΣΗ ΣΕ ΥΛΙΚΑ ΑΠΟ ΙΝΕΣ ΑΝΘΡΑΚΑ (CARBON FIBER)

Το ανθρακόνημα [2], εικόνα 1.4, είναι ένα πολυμερές που προέρχεται από μια μορφή γραφίτη. Στον γραφίτη, ως γνωστόν, τα άτομα άνθρακα είναι διαταγμένα με την μορφή φύλλων από εξαγωνικούς αρωματικούς δακτυλίου.

Οι ίνες άνθρακα ή ανθρακόνημα είναι γραφίτης στον οποίο τα φύλλα είναι μακριά και λεπτά, σαν ταινίες. Ένα σύνολο από τέτοιες λωρίδες μαζί, αποτελούν μια ίνα άνθρακα. Οι ίνες άνθρακα παρασκευάζονται συνήθως από πολυακρυλονιτρίλιο (polyacrylonitrile, PAN) ή πίσσα και χαρακτηρίζονται από υψηλή αντοχή και μέτρο ελαστικότητας, χαμηλή πυκνότητα και έχουν διάμετρο 5-8 μm . Διακρίνονται σύμφωνα με τις χαρακτηριστικές τους ιδιότητες σε ίνες:

- υψηλής αντοχής (high strength HS),
- μέσου μέτρου ελαστικότητας (intermediate modulus IM),
- υψηλού μέτρου ελαστικότητας (high modulus HM) και
- πολύ υψηλού μέτρου ελαστικότητας (ultra high modulus UHM)



Εικόνα 1.4: Ύφασμα ινών άνθρακα (Carbon Fiber)

Οι ίνες άνθρακα έχουν την υψηλότερη ειδική δυσκαμψία (δυσκαμψία/ πυκνότητα) σε σχέση με τις άλλες ίνες και πολύ υψηλή αντοχή σε εφελκυσμό και θλίψη, καθώς επίσης είναι ανθεκτικές σε διάβρωση, ερπυσμό και κόπωση. Ένα μειονέκτημα όμως που υπάρχει είναι ότι η κρουστική αντοχή των ινών του άνθρακα είναι χαμηλότερη απ' ό,τι της υάλου και του αραμιδίου.

Το ανθρακόνημα παράγεται από ένα άλλο πολυμερές, το πολυακρυλονιτρίλιο. Το πολυακρυλονιτρίλιο θερμαίνεται και οι ομάδες κυανίου σχηματίζουν εξαγωνικούς δακτυλίους. Παρατεταμένη θέρμανση οδηγεί σε αρωματικούς δακτυλίους με απώλεια H_2 . Περισσότερη θέρμανση οδηγεί σε συνένωση πολυμερών αλυσίδων. Τέλος, με την θέρμανση σε υψηλές θερμοκρασίες και με ταυτόχρονη έκλυση N_2 σχηματίζεται η δομή του και επιπλέον με παρατεταμένη θέρμανση διώχνουμε όλο και περισσότερο άζωτο ώστε τελικά να μείνει σχεδόν καθαρός γραφίτης.

Τα κύρια χαρακτηριστικά των ινών άνθρακα είναι η αντοχή τους σε υψηλές θερμοκρασίες, καθώς και το χαμηλό τους βάρος. Ο λόγος που δεν τις συναντούμε συχνά, είναι ότι αποτελούν ένα πολυέξοδο υλικό κατασκευής και αυτό γιατί χρειάζεται ιδιαίτερη τεχνολογία για την κατασκευή του. Έτσι, οι ίνες άνθρακα συναντώνται κυρίως σε αγωνιστικά οχήματα, αυτοκίνητα αλλά και μοτοσυκλέτες με κύριο σκοπό τη μείωση του βάρους και την κορυφαία ακαμψία.

<u>ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ</u>	<u>ΙΝΕΣ ΥΨΗΛΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ</u>	<u>ΙΝΕΣ ΥΨΗΛΟΥ ΜΕΤΡΟΥ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ</u>
Μέτρο ελαστικότητας (GPa)	180-230	350-420
Αντοχή σε εφελκυσμό (MPa)	2500-3400	1900-2300
% περιεκτικότητα άνθρακα	95-98	99
Πυκνότητα	1,8	1,9
Μέγιστη θερμοκρασία χρήσης °C	2000	2500

Πίνακας 1.1: Χαρακτηριστικά ινών υψηλής αντοχής και μέτρου ελαστικότητας

Σε οξειδωτική ατμόσφαιρα, η μέγιστη θερμοκρασία χρήσης των ανθρακονημάτων περιορίζεται στους 500°C και για τους δύο τύπους ινών.

Οι ιδιότητες των χρησιμοποιούμενων ανθρακονημάτων εξαρτώνται σημαντικά από την αρχιτεκτονική των ινών του PAN (μονοδιευθυντικές ίνες, δισδιάστατο πλέγμα, τρισδιάστατο πλέγμα). Στον πίνακα 1.1 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των ινών υψηλής αντοχής καθώς και των ινών υψηλού μέτρου ελαστικότητας. Ο τρόπος διευθέτησης των ινών αυτών καθορίζει και το βαθμό ανισοτροπίας των ανθρακονημάτων που προκύπτουν και μπορεί να ποικίλλει από την πλήρη ισοτροπία ως την πλήρη ανισοτροπία. Η δυνατότητα επιλογής, από ένα μεγάλο εύρος τιμών, της θερμοκρασίας κάθε σταδίου παραγωγής ανθρακονημάτων δίνει την δυνατότητα παραγωγής ανθρακονημάτων διαφορετικού βαθμού γραφιλίασης και κατά συνέπεια, διαφορετικών μηχανικών ιδιοτήτων. Οι μηχανικές και οι φυσικές ιδιότητες, όπως η θερμική και η ηλεκτρική αγωγιμότητα, εξαρτώνται από το βαθμό γραφιλίασης και το βαθμό ανισοτροπίας.

Οι ίνες αυτές δεν χρησιμοποιούνται από μόνες τους, αλλά για να ενισχύσουν άλλα (θερμοστατικά) υλικά, όπως εποξυρητίνες κ.α. Τα ενισχυμένα με ίνες άνθρακα υλικά είναι πολύ ισχυρά (ισχυρότερα και από το ατσάλι) σε σχέση με το βάρος τους.

1.4 Η ΕΦΕΥΡΕΣΗ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΟΝΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ

Το έτος 1958, [4] ο Δρ. Roger Bacon δημιούργησε υψηλής ποιότητας (αντοχής) ανθρακόνημα στο κέντρο έρευνας Union Carbide Parma, με έδρα στα περίχωρα του Κλήβελαντ στο Οχάιο.

Οι ίνες αυτές παρασκευάστηκαν με θέρμανση ινών ραϊγιόν μέχρι το σημείο απανθρακώσεώς τους. Η μέθοδος αυτή όμως απεδείχθη ανεπαρκής καθώς οι ίνες που προέκυψαν περιείχαν άνθρακα σε ποσοστό μόλις 20% ενώ είχαν χαμηλή αντοχή και αυξημένη ακαμψία.

Στις αρχές του έτους 1960 μια νέα μέθοδος ανέκυψε με τη χρήση ως πρώτης ύλης του υλικού Polyacrylonitrile (PAN). Οι ίνες που παρήχθησαν περιείχαν άνθρακα σε ποσοστό 55% και διέθεταν πολύ καλύτερες ιδιότητες. Η μέθοδος αυτή με χρήση του ανωτέρω υλικού, σύντομα έγινε η πρωταρχική μέθοδος παρασκευής ανθρακονημάτων. Οι πιθανές δυνατότητες εφαρμογής ανθρακονημάτων στον τομέα παρασκευής ανθεκτικών υλικών, έγιναν αντιληπτές για πρώτη φορά το 1963, με μια μέθοδο που αναπτύχθηκε από στο Βασιλικό Ίδρυμα Αεροσκαφών με έδρα το Φάρνμπορο στο Χάμσαϊρ.

Η μέθοδος αυτή κατοχυρώθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας από το Υπουργείο Άμυνας και εν συνεχεία παραχωρήθηκε η χρήση της σε τρεις Βρετανικές εταιρίες: επρόκειτο για τις εταιρίες Rolls Royce, η οποία ήδη παρασκεύαζε ανθρακονήματα, την εταιρία Morganite και την εταιρία Courtaulds.

Οι εταιρίες αυτές δημιούργησαν την βιομηχανική υποδομή παρασκευής ανθρακονημάτων εντός περιόδου λίγων ετών, παρέχοντας την δυνατότητα στην Rolls Royce να διεισδύσει στην Αμερικανική αγορά εκμεταλλεόμενη τα πλεονεκτήματα του νέου υλικού μέσω του αεροκινητήρα της RB ZII.

Το έτος 1969 έρευνα επιτροπής της Βουλής των Κοινοτήτων, προφητικά διέτυπωσε το ερώτημα: Πώς είναι δυνατόν να αντληθούν τα μέγιστα δυνατά οφέλη σε εθνικό επίπεδο αυτής της τεχνογνωσίας, προτού να γίνει καλύτερη εκμετάλλευσή της έξω από τα όρια της βρετανικής επικράτειας.

Τελικά οι ανησυχίες αυτές απεδείχθησαν ορθές διότι όλο και περισσότερες βιομηχανίες εξασφάλισαν άδειες εκμετάλλευσης. Ο τομέας ενασχόλησης της Rolls Royce από την άλλη, περιορίστηκε σε εφαρμογές στην αεροναυπηγική τεχνολογία με αποτέλεσμα να αναδειχθεί μεν ηγέτης στη χρήση πλαστικών μερών από ενισχυ-

μένα ανθρακονήματα, μπλοκάροντας όμως την εγχώρια αγορά, αποκλείοντας την ανάδειξη άλλων τρόπων εμπορικής εκμετάλλευσης.

Δυστυχώς η Rolls Royce προώθησε την ευαίσθητη αυτή τεχνολογία πρόωρα, με τη χρήση ανθρακονημάτων στα πτερύγια των συμπιεστών των στροβιλοκινητήρων, τα οποία απεδείχθησαν ευάλωτα στην εισρόφηση πτηνών. Αυτό που φαινόταν ως θρίαμβος της τεχνολογίας το έτος 1968, σύντομα απεδείχθη καταστροφή, καθώς το πρόγραμμα της Rolls Royce για την εξέλιξη του κινητήρα της RBZII ετέθη υπό αμφισβήτηση.

Πράγματι, η εταιρία βρέθηκε σε τέτοια δεινή κατάσταση, ώστε τελικά εθνικοποιήθηκε το έτος 1971 από τους συντηρητικούς του Edward Heath και η γραμμή παραγωγής ανθρακονημάτων εκποιήθηκε στην εταιρία Bristol Composites.

Αλλά και η εταιρία Morganite ανέστειλε την παραγωγή ανθρακονημάτων, δεδομένων των περιορισμένων εμπορικών εφαρμογών του άνω προϊόντος, το οποίο εθεωρείτο ιδιαίτερα ακριβό και με αμφισβητούμενη ποιότητα, με αποτέλεσμα η εταιρία Courtaulds να παραμείνει ο μόνος Βρετανός κατασκευαστής.

Η εταιρία συνέχισε τις δραστηριότητές της σε δύο τομείς:

- Στην αεροναυπηγική και
- Τον αθλητικό εξοπλισμό,

δίνοντας έμφαση στην βελτίωση της ταχύτητας παραγωγής και της ποιότητας.

Η συνεχής συνεργασία με το αεροπορικό ίδρυμα στο Φάρνμπορο, απεδείχθη χρήσιμη στην επίτευξη υψηλότερης ποιότητας αλλά κατά τραγική ειρωνεία, αποτελούσε πλεονέκτημα για την Courtaulds, η οποία ήταν προπομπός της συγκεκριμένης τεχνολογίας που τελικά όμως απεδείχθη η αχίλλειος πτέρνα της. Η παραγωγή ανθρακονημάτων τύπου Courtelle, ήταν χαμηλού κόστους και διαθέσιμη προς εκμετάλλευση δυστυχώς όμως η ανόργανη διαδικασία βασιζόταν στη χρήση ύδατος, γεγονός που καθιστούσε το παραγόμενο προϊόν επιρρεπές σε δομικές αστοχίες, κάτι που δεν παρατηρείται στην μέθοδο ενόργανης επεξεργασίας την οποία εφήρμοζαν οι υπόλοιπες εταιρίες.

Παρόλα αυτά και κατά τη δεκαετία του 1980, η εταιρία εξακολούθησε να διεκδικεί τα σκήπτρα του μεγαλύτερου προμηθευτή ανθρακονημάτων της αγοράς αθλητικού εξοπλισμού, με κύριο πελάτη την εταιρία Mitsubishi.

Όμως τα σχέδιά της, τα οποία περιελάμβαναν την κατασκευή νέας γραμμής παραγωγής στην Καλιφόρνια, σύντομα είχαν άσχημη κατάληξη. Η επένδυση δεν απέφερε τα αναμενόμενα κέρδη, γεγονός που κατέληξε στην απόσυρση της εταιρίας από την συγκεκριμένη αγορά. Οι δραστηριότητές της έπαυσαν το έτος 1991, παρότι κατά ειρωνεία της τύχης εξακολούθησε να υπάρχει Βρετανική παρασκευάστρια εταιρία ανθρακονημάτων με μέθοδο επεξεργασίας βασιζόμενη στην τεχνολογία της Courtaulds. Η εταιρεία περιορισμένης ευθύνης με την επωνυμία "RK carbon fibers" επικεντρώθηκε στην παραγωγή ανθρακονημάτων για βιομηχανικές εφαρμογές χωρίς ανάγκη ανταγωνισμού του ποιοτικού επιπέδου των υπερπόντιων κατασκευαστών. Κατά τη δεκαετία του 1970, οι έρευνες για την ανακάλυψη εναλλακτικών πρώτων υλών, οδήγησαν στην υιοθέτηση ανθρακονημάτων με βάση πετρελαϊκών παραγώγων. Το προϊόν που προέκυψε, περιείχε άνθρακα σε ποσοστό 85% και διέθετε εξαιρετική ευκαμψία.

Εντέλει, οι προοπτικές οι οποίες είχαν αρχίσει να διαφαίνονται ήδη από την δεκαετία του 1960 και η εμπιστοσύνη που απέδειξαν τόσο η πρωτοπόρα αγγλική και εν συνεχεία η παγκόσμια βιομηχανία, επέφεραν καρπούς, καθώς σήμερα υπάρχει μία χωρίς προηγούμενο υιοθέτηση του υλικού αυτού στην παγκόσμια αγορά αμυντική και ειρηνική, με πληθώρα εφαρμογών:

- Στην αεροδιαστημική τεχνολογία:
Κατασκευή μερών κινητήρων, ατράκτων πτερύγων διαστημικών λεωφορείων και αεροσκαφών.
 - Στην αμυντική τεχνολογία:
Κατασκευή πλακών θωρακίσεως, τεθωρακισμένων, αλεξίσφαιρων γιλέκων και κρανών, με στρώσεις Κέβλαρ, βλημάτων και γενικά εκτεταμένη χρήση σε εφαρμογές παροχής αντιβληματικής προστασίας.
 - Στην αυτοκινητοβιομηχανία:
Κατασκευή πλαισίων (φέρινγκ) αμαξωμάτων και μερών μηχανών, κρανών, συστημάτων πεδήσεως και εν γένει χρήση όπου χρήζει η εφαρμογή υλικών για περιορισμό του βάρους χωρίς μείωση της αντοχής.
 - Στον αθλητικό εξοπλισμό:
Ευρεία χρήση σε αθλητικά είδη όπως ρακέτες σε αθλητικά είδη όπως ρακέτες αντισφαιρίσεως, πέδιλα χιονοδρομησης, αθλητικά υποδήματα.
- Όλες αυτές οι υπάρχουσες εφαρμογές και όσες προκύπτουν στο μέλλον, καταδεικνύουν την υπεροχή της συγκεκριμένης τεχνολογίας έναντι προϋπαρχουσών τεχνολογιών κατεργασίας υλικών στους τομείς της αντοχής, της ευκαμψίας και του μειωμένου βάρους και διασφαλίζουν αν όχι την υπεροχή της, τουλάχιστον την βιωσιμότητα και διατήρηση της ανταγωνιστικότητάς της σε όποιες προκύπτουν μελλοντικά.

1.5. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΛΕΞΗΣ ΤΩΝ ΙΝΩΝ ΣΤΙΣ ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Σε κάθε εφαρμογή όπου τα σύνθετα υλικά χρησιμοποιούνται λόγω των μηχανικών ιδιοτήτων τους, οι ίνες είναι πάντοτε πλεγμένες.

Με αυτόν τον τρόπο οι ίνες πλέκονται κι συγκρατούνται μεταξύ τους με μηχανικό τρόπο κι αυτό συνεχίζει να συμβαίνει μετά τον πολυμερισμό, μέσα στην πολυμερική μήτρα. Οι τάσεις μεταφέρονται κυρίως μέσω των ινών και έτσι η αντοχή είναι μεγάλη.

Σε γενικές γραμμές θα μπορούσαμε να πούμε πως διαφορετικές πλέξεις δίνουν ελαφρώς διαφορετικές μηχανικές ιδιότητες. Παρακάτω μάλιστα φαίνονται οι διαθέσιμες διαφορετικές πλέξεις που υπάρχουν στο εμπόριο, όπως επίσης και οι διαφορετικές αρχιτεκτονικές ινών στο χώρο.

1.6 ΕΙΔΗ ΠΛΕΞΗΣ ΙΝΩΝ

Τα υφάσματα εκείνα που χρησιμοποιούνται κατά κόρο στη βιομηχανία, αποτελούνται από ίνες οι οποίες είναι πλεγμένες μεταξύ τους και συνήθως βρίσκονται σε γωνία 0 και 90 μοιρών.

Σημαντικό είναι το γεγονός πως η εφαρμογή των τάσεων μέσα στο υλικό επηρεάζεται από τον τρόπο πλέξης των ινών.

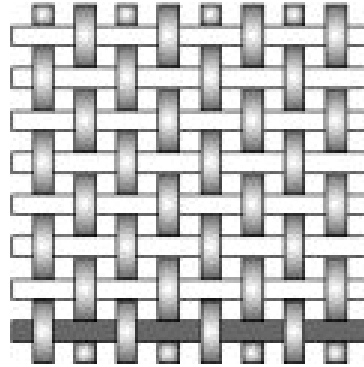
Τα είδη πλέξης είναι τα εξής [2]:

1.6.1 Plain

Οι οριζόντιες ίνες περνούν εναλλάξ πάνω και κάτω από τις κατακόρυφες, όπως φαίνεται και στην εικόνα 1.5.

Κάθε νήμα στημονιού περνά από πάνω και κάτω από το νήμα υφαδιού, και αντίστροφα, παράγοντας ένα πολύ σταθερό ύφασμα. Το συγκεκριμένο ύφασμα είναι αρκετά δύσκολο να παραμορφωθεί. Για τη δημοτικότητά του ευθύνεται, η φύση της απλής ύφανσης, που το κάνει πιο εύκολο να ομογενοποιηθεί με την ρητίνη καθώς

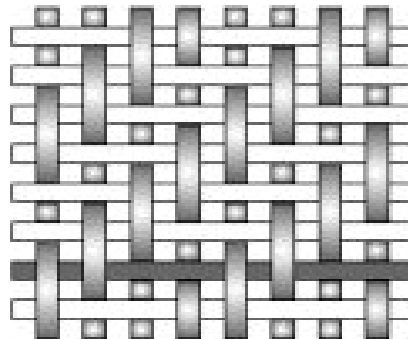
επίσης και η σταθερότητα του. Αποτελεί επίσης το πιο φτηνό είδος ύφανσης. Πρόκειται για ύφασμα με συμμετρία και σταθερότητα, ωστόσο όμως είναι αρκετά δύσκολο να σκεπαστεί από άλλο ύφασμα και η κυματοειδής μορφή που παίρνουν οι ίνες του έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση σχετικά χαμηλών μηχανικών ιδιοτήτων σε σχέση με άλλα είδη πλέξης.



Εικόνα 1.5: Ύφασμα πλέξης Plain

1.6.2 Twill

Στην περίπτωση αυτή μια ή περισσότερες οριζόντιες ίνες περνούν εναλλάξ πάνω και κάτω από δυο ή περισσότερες κατακόρυφες ίνες με επαναληπτικό τρόπο, όπως παρουσιάζεται στην εικόνα 1.6.



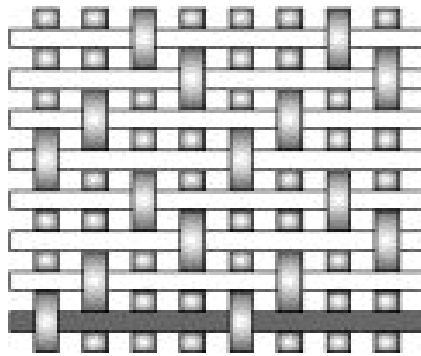
Εικόνα 1.6: Ύφασμα πλέξης Twill

Δίνεται λοιπόν σαν αποτέλεσμα η οπτική αίσθηση μια ευθείας ή διαγώνιας σπαστής ράβδωσης. Υπάρχει ένας αριθμός παραλλαγών πάνω σε αυτό το θέμα, αλλά ίσως η πιο συνηθισμένη διαγώνια ύφανση είναι «2 × 2» στην οποία κάθε νήμα στημονιού περνάει διαδοχικά πάνω και κάτω από δύο νήματα υφαδιού και αντίστοιχα τα νήματα υφαδιού περνούν πάνω και κάτω από δύο νήματα στημονιού. Μια ακόμη παραλλαγή είναι το διαγώνιο «3 × 1» όπου κάθε νήμα στημονιού περνάει πάνω από τρία και στη συνέχεια από κάτω σε ένα νήμα του υφαδιού και αντιστρόφως. Υπάρχουν άλλα, όπως «4 × 4», τα οποία είναι διαθέσιμα, όπου όποια και να είναι η ακριβής κατασκευή τους, έχουν το χαρακτηριστικό διαγώνιο μοτίβο ίσο ή σπασμένου “ψαροκόκαλου”. (Ένα συνηθισμένο ύφασμα με διαγώνιες παράλληλες γραμμές, που ο περισσότερος κόσμος το γνωρίζει, είναι το τζιν.) Η ύφανση με τις διαγώνιες γραμμές, παράγει ένα υλικό το οποίο είναι ικανό να υιοθετήσει μια πιο σύνθετη καμπυλότητα

από ό,τι η απλή ύφανση (plain), με μειονέκτημα όμως το γεγονός ότι είναι λιγότερο σταθερή και πιο επιρρεπής στην στρέβλωση κατά τη διάρκεια του χειρισμού. Επίσης ομογενοποιείται πιο εύκολα με τη ρητίνη και λόγω του ότι το νήμα ρέει σε ευθεία γραμμή, παράγει ελαφρώς καλύτερες μηχανικές ιδιότητες σε ομαλότερη επιφάνεια. [2]

1.6.3 Satin

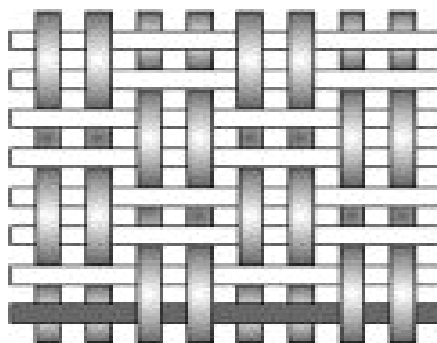
Οι πλέξεις Satin στην πραγματικότητα αποτελούνται από πλέξεις Twill, απλά είναι τροποποιημένες ώστε να δημιουργούν λιγότερες διασταυρώσεις των οριζόντιων και κατακόρυφων ινών, όπως φαίνεται και στην εικόνα 1.7. Τα υφάσματα αυτών των πλέξεων είναι πολύ επίπεδα, εμποτίζονται εύκολα και λόγω της πολύ λιγότερο κυματοειδούς μορφής των ινών έχουν καλύτερες μηχανικές ιδιότητες.



Εικόνα 1.7: Ύφασμα πλέξης Satin

Ωστόσο, η χαμηλή σταθερότητα και ασυμμετρία κάνουν τη μια κατεύθυνση του υφάσματος να έχει κυρίως κατακόρυφες ή οριζόντιες ίνες, ενώ η άλλη τις υπόλοιπες. Κατά τη χρήση αυτών των πλέξεων χρειάζεται προσοχή ώστε να μην δημιουργηθούν τάσεις εξαιτίας αυτής της ασυμμετρίας στη μορφή.

1.6.4 Basket



Εικόνα 1.8: Ύφασμα πλέξης Basket

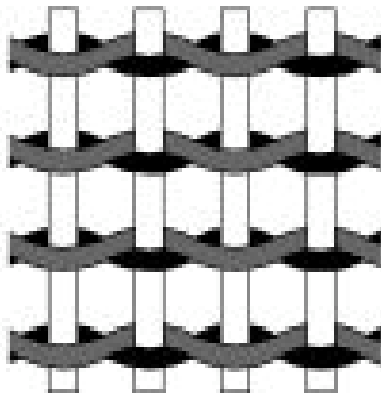
Η πλέξη αυτή είναι αντίστοιχη με την plain, μόνο που δύο ή περισσότερες οριζόντιες ίνες περνούν εναλλάξ πάνω και κάτω από δύο ή περισσότερες κατακόρυφες, όπως φαίνεται και στην εικόνα 1.8. Όταν έχουμε δύο και δύο τότε η ύφανση παίρνει το χαρακτηρισμό “basket 2x2”, χωρίς αυτό να την περιορίζει σε συμμετρικούς συνδυασμούς.

Υπάρχουν υφάνσεις 8x4, 5x2 κλπ. Ως προς την ύφανση είναι πιο επίπεδη και

πιο δυνατή από την plain, μα έχει σαν μειονέκτημα ότι είναι λιγότερο σταθερή.

1.6.5 Leno

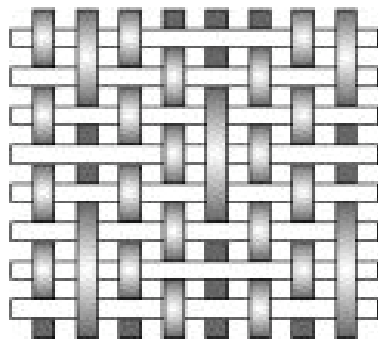
Η ύφανση αυτή βελτιώνει τη σταθερότητα των «ανοικτών» υφασμάτων με χαμηλό αριθμό ινών. Είναι μια μορφή plain ύφανσης στην οποία οι διπλανές οριζόντιες ίνες πλέκονται γύρω από διαδοχικές κατακόρυφες ώστε να δημιουργήσουν ένα σπειροειδές ζεύγος, “κλειδώνοντας” με αυτό τον τρόπο κάθε κατακόρυφη ίνα στο ίδιο μέρος, όπως παρουσιάζεται στην εικόνα 1.9. Τα υφάσματα με αυτή την πλέξη χρησιμοποιούνται πάντοτε με τρόπους διαφορετικών πλέξεων γιατί λόγω της μορφής τους δεν μπορούν να δημιουργήσουν ένα αποτελεσματικό σύνθετο προϊόν.



Εικόνα1.9: Ύφασμα πλέξης Leno

1.6.6 Mock Leno

Πρόκειται για μια έκδοση της πλέξης plain, όπως φαίνεται και στην εικόνα 1.10, όπου σποραδικές οριζόντιες ίνες, σε ίσα διαστήματα αλλά συνήθως αρκετές ίνες μακριά, αποκλίνουν από το συνηθισμένο πάνω - κάτω κάθε μια ίνα και το κάνουν κάθε δυο ή περισσότερες. Το ίδιο συμβαίνει με παρόμοια συχνότητα και στην κατακόρυφη διεύθυνση και το τελικό αποτέλεσμα είναι ένα ύφασμα με αυξημένο πάχος και ελαφρώς αγριότερη επιφάνεια.



Εικόνα 1.10: Ύφασμα πλέξης Mock Leno

Η απόφαση στην επιλογή είδους, εξαρτάται από την φύση του αντικείμενου που πρόκειται να φτιαχτεί, καθώς επίσης και στον συμβιβασμό που πρόκειται να γίνει σχετικά με τον χειρισμό και τελειοποίησή του.

Ο πίνακας 1.2 μπορεί να βοηθήσει στην επιλογή είδους ύφανσης.

ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΑΠΛΟ	ΔΙΑΓΩΝΙΟ	ΣΑΤΕΝ
Σταθερότητα	Καλή	Μέτρια	Απλή
Δίπλωση	Απλή	Καλή	Άριστη
Ομαλότητα	Απλή	Μέτρια	Άριστη
Ισορροπία	Καλή	Καλή	Απλή

Πίνακας 1.2: Τα προτερήματα και ελαττώματα των διαφόρων τύπων ύφανσης

1.7 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΙΝΩΝ

Γίνεται αναφορά στις πιο ενδιαφέρουσες δομικές ιδιότητες των κύριων τύπων ινών που έχουν ως τώρα εξεταστεί και είναι πιο εύκολο να χαρτογραφηθούν, για να συγκριθούν.

Οι ιδιότητες των οποίων οι άξιες έχουν εξασφαλιστεί είναι: πυκνότητα (ρ), εφελκυστική δύναμη (σ), ειδική εφελκυστική δύναμη (σ/ρ), ελαστικότητα εφελκυσμού (E) και ειδική ελαστικότητα εφελκυσμού (E/ρ). Επειδή υπάρχει μια πληθώρα αξιών, διαθέσιμων για κάθε είδος ίνας, ποικίλες αναφορές τείνουν να παραθέτουν διαφορετικές αξίες.

1.8 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΙΝΩΝ ΣΤΙΣ ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Καθοριστικό ρόλο στις μηχανικές ιδιότητες των σύνθετων υλικών έχει το μέγεθος των ινών. Γενικά οι μικρότερες ίνες έχουν καλύτερη μηχανική αντοχή, επομένως όσο λεπτότερο είναι το ύφασμα τόσο πιο ανθεκτική γίνεται η κατασκευή. Αντίθετα θα λέγαμε πως όσο μεγαλώνει το μέγεθος των ινών, τόσο αυξάνει το μέτρο ελαστικότητάς τους, κάτι που έχει ως αποτέλεσμα την μεγαλύτερη δυσκαμψία του τελικού σύνθετου υλικού.

1.9 ΑΛΛΑ ΕΙΔΗ ΙΝΩΝ

Υπάρχουν και άλλοι τύποι ινών, που χρησιμοποιούνται λιγότερο και για τις οποίες θα γίνει μερική αναφορά αφού δεν είναι στην ουσία χρήσιμες πάνω στα εξαρτήματα μοτοσυκλετών.

Οι πρώτες ίνες που χρησιμοποιήθηκαν στα εξαρτήματα ήταν φυσικές.

Το jute και sisal χρησιμοποιούνταν και κατά την διάρκεια του Δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου όταν φαινόταν ότι υπήρχε έλλειψη αλουμινίου και ο σκελετός του αεροσκάφους Spitfire κατασκευαζόταν από ένα υλικό, ονόματι Gordon Aerolite που περιείχε ίνες από λινάρι (λινό) ενσωματωμένο στο καλούπι της φαινολικής ρητίνης. Ο σκελετός φαινομενικά πληρούσε τις απαιτήσεις, αν και στο τέλος οι προμήθειες του αλουμινίου διατηρούνταν και το Gordon Aerolite δεν χρειαζόταν.

Οι ίνες πολυεστέρα χρησιμοποιούνται στην κατασκευή κανό και λέμβων, προσφέροντας χαμηλή πυκνότητα, καλή αντοχή στην κρούση και ένα λείο τελείωμα αλλά χαμηλή δυσκαμψία.

Οι υψηλές σε μοριακό βάρος ίνες πολυαιθυλενίου, οι οποίες έχουν υψηλή αντοχή και χαμηλή πυκνότητα, μπορούν να παράγουν την μεγαλύτερη αντοχή οποιασ-

δήποτε εμπορικά διαθέσιμης ενισχυτικής ίνας. Αλλά η χαμηλή ελαστικότητα του μετριάζει την χρήση του.

Ο χαλαζίας ή οι ίνες σιλικόνης, οι οποίες έχουν πολύ καλές μηχανικές ιδιότητες και καλή αντοχή στην θερμοκρασία, μπορούν να φτιαχτούν αλλά έχουν υψηλό κόστος.

Το βόριο, το οποίο είναι και αυτό ακριβό. αν αναμειχθεί με τον άνθρακα μπορεί να δώσει πολύ δυνατές και άκαμπτες υβριδικές ίνες.

Οι κεραμικές ίνες έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί αλλά μόνο για να ενισχύσουν τα καλούπια των μη-πολυμερών όπως τα μεταλλικά κράματα.

Εκτός από τα κριτήρια που ήδη αναφέρθηκαν, και αλλά όπως η θλιπτική αντοχή, η αντίσταση στην κόπωση και στην φωτιά και βεβαίως το κόστος, θα πρέπει να συνυπολογίζονται στην επιλογή της ίνας. Θα πρέπει όμως να τονιστεί ότι η απόδοση ενός εξαρτήματος, εξαρτάται κυρίως από τις ιδιότητες των ινών. Η ρητινώδης μάζα έχει επίσης ένα σημαντικό ρόλο καθώς και ο τρόπος που οι ίνες και η ρητίνη συγκεντρώνονται.

2. ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

2.1 ΥΦΑΣΜΑΤΑ

Υπάρχει στις μέρες μας μια απίστευτη ποικιλία ενισχυτικών υφασμάτων, οι οποίες προέρχονται από τις ίνες που τονίσαμε στην προηγούμενη ενότητα. Κατ' ουσία, όμως, μπορεί να θεωρηθούν ότι χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: τις μη υφασμάτινες, τις υφασμάτινες και τις μονής κατεύθυνσης.

Η μη υφασμάτινη ομάδα είναι αρκετά απλή και χρησιμοποιεί τις ίνες υάλου. Η υφασμάτινη ομάδα περιλαμβάνει πολλούς διαφορετικούς τύπους ύφανσης και ενσωματώνει όλες τις κύριες ίνες ενίσχυσης. Η ομάδα μονής κατεύθυνσης ενσωματώνει και η ίδια αμέτρητα στυλ και όλους τους κύριους τύπους ινών. Παρακάτω γίνεται η ανάλυση κάθε τύπου υφάσματος.

2.1.1 ΥΦΑΣΜΕΝΑ ΥΦΑΣΜΑΤΑ

Ενώ τα μη-υφασμένα υφάσματα είναι φτιαγμένα από τυχαία προσανατολισμένες ίνες, τα συγκεκριμένα υφάσματα ευθυγραμμίζονται σε συγκεκριμένες κατευθύνσεις. Λόγω της ελαστικότητας των διαθέσιμων τύπων ύφανσης και των παραλλαγών στην μέτρηση tex και στην «μέτρηση κλωστής» (ο αριθμός κλωστών ανά ενότητα σε ολόκληρη ή κατά μήκος ενός υφάσματος), είναι διαθέσιμη μια μεγάλη ποικιλία σε βάρη και τύπους από υφασμένα υφάσματα ενίσχυσης.

Υπάρχει ένας αριθμός προτερημάτων αλλά και ελαττωμάτων στη χρήση υφασμένων αντί των μη υφασμένων υφασμάτων (CSM). Ένα υφασμένο περιέχει πιο πολλές ίνες σε ένα δεδομένο όγκο απ' ό,τι οι CSM, όποιος τύπος ίνας και αν χρησιμοποιηθεί οδηγεί σε καλύτερες μηχανικές ιδιότητες σε ένα ολοκληρωμένο έλασμα. Αυτό με τη σειρά του οδηγεί στην επιλογή ενός ελαφρύτερου και πιο λεπτού ελάσματος για συγκεκριμένη δύναμη ή για ένα πιο δυνατό έλασμα για συγκεκριμένο βάρος. Τα υφασμένα υφάσματα χρειάζονται λιγότερη ρητίνη για να ομογενοποιηθούν πλήρως και αυτό παράγει μια υψηλής ποιότητας ίνα. Πρόκειται για το ποσοστό ρητίνης η αλλιώς «κλάσμα έντασης ίνας». Αυτό πάλι οδηγεί σε έλασμα με καλύτερες μηχανικές ιδιότητες.

Εκτός από τον σαφή και προφανή προσανατολισμό της ίνας, η οποία καθορίζεται από τον τρόπο ύφανσης, ένα εξάρτημα του οποίου οι ίνες είναι ευθυγραμμισμένες για συγκεκριμένη πορεία φορτίου σε ένα κατασκευαστικό εξάρτημα, καθιστά τον μηχανικό, ικανό να το χρησιμοποιήσει. Με αλλά λόγια η αντοχή και ακαμψία μπορεί να ευθυγραμμιστεί στην κατεύθυνση που χρειάζονται περισσότερο.

Το κόστος είναι λίγο αυξημένο, αλλά το επιπλέον κόστος του βάρους μιας ίνας υφασμένης από ύαλο σε σύγκριση με το CSM δεν είναι τεράστιο. Πράγματι, γυρίζοντας στα καταστήματα με διαφορετικούς τιμοκατάλογους είναι προφανές ότι πολλοί προμηθευτές πωλούν το CSM σε υψηλότερες τιμές από αυτές που χρεώνουν για τις υφασμένες ίνες υάλου.

Πριν αναλύσουμε τα διαφορετικά είδη υφασμάτων που διακρίνονται σύμφωνα με την ύφανσή τους, πρέπει να αναφερθούν κάποιοι ορισμοί. Τα υφάσματα παράγονται σε αργαλειούς με το συνδυασμό των νημάτων ή των κουβαριών, όπου για λόγους ευκολίας θα αναφέρονται ως κλωστές. Η δέσμη των νημάτων που τρέχει κατά μήκος του υφάσματος ονομάζεται νήματα «στημονιού», ενώ αυτά που τρέχουν σε όλο το ύφασμα είναι γνωστά ως νήματα «υφαδιού». Όλα τα ύφη ύφανσης παράγουν ένα συγκεκριμένο τρόπο διεξαγωγής της συνύφανσης των νημάτων του στημονιού και του υφαδιού. Παρόλα αυτά υπάρχουν και κάποια κοινά ύφη στα οποία πρέπει να

αναφερθούμε, διότι επηρεάζουν τον τρόπο που τα υφάσματα και οι ιδιότητές τους χειρίζονται το τελικό έλασμα.

Μια άλλη απόφαση, η οποία πρέπει να παρθεί είναι στο εάν θα χρησιμοποιηθούν νήματα ή κουβάρια για τις κλωστές όσον αφορά τα υφάσματα των ινών υάλου. Κατ' ουσία, τα στριμμένα νήματα χρησιμοποιούνται σε καλύτερα, ελαφρότερα υφάσματα βάρους (τυπικά από 20 έως 300 gsm ή από 0,6 έως 8,9 oz/sq y/d) και προσφέρουν υψηλότερη αντοχή σε βάρος ανά μονάδα. Εντούτοις εφαρμόζονται σωστά σε λεπτά ελάσματα. Από την άλλη μεριά, τα νήματα είναι λιγότερο ακριβά και διαβρέχονται πιο εύκολα, βάση του πιο χαλαρού σε σχηματισμό νήματος, παρόλα αυτά όμως γίνονται σε μεγαλύτερες άξιες tex και υφαίνονται από μέτρια έως και σε βαριά φάσματα (τυπικά από 300 έως 800 gsm ,η από 8,9 έως 23,6oz/sq yd). Τα κουβάρια εφαρμόζονται καλύτερα σε λεπτότερα ελάσματα.

Έχουν αναφερθεί μόνο τα υφάσματα τα οποία έχουν κατασκευαστεί από νήματα στημονιού και υφαδιού κατά 90° μεταξύ τους. Βέβαια αυτά τα υλικά αναφέρονται ως υφάσματα 0/90°, όπου 0 κατεύθυνση έχει οριστεί το στημόνι. Σίγουρα αυτό παρέχει αντοχή και ακαμψία στις δύο κατευθύνσεις των ινών και αν αυτές οι μηχανικές ιδιότητες απαιτούνται για οποιαδήποτε κατεύθυνση, τότε τα φύλλα του υφάσματος θα πρέπει να πλαστικοποιηθούν μαζί με τέτοιο τρόπο που οι ίνες να βρίσκονται σε όλες τις γωνίες εκτός από 0° και 90°.

Εναλλακτικά, υφάσματα «με πολλούς άξονες» τα οποία έχουν στρώσεις με φύλλα προσανατολισμένα σε γωνίες εκτός από 0/90°, για παράδειγμα +/-45°, είναι διαθέσιμα. Αυτά τα πολυαξωνικά υφάσματα μερικές φορές ράβονται μαζί για να παράγουν αυτό το φαινόμενο ή μπορούν να υφανθούν για να δώσουν δυο σύνολα νημάτων στις 45°. Τα υφάσματα μονής κατεύθυνσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν όταν απαιτείται ιδιαίτερη ενίσχυση κατά μήκος συγκεκριμένης κατεύθυνσης ή διαδρομής ή ίσως όταν μόνο η τοπική κατευθυντήρα ενίσχυση είναι αναγκαία.

2.1.2 Υφάσματα μονής κατεύθυνσης

Τα υφάσματα μονής κατεύθυνσης ή αλλιώς UD, κατασκευάζονται από ίνες που κινούνται ολοκληρωτικά, η σχεδόν ολοκληρωτικά, σε μια μονή κατεύθυνση, συνήθως του στημονιού (υφάσματα με 0°). Είναι διαθέσιμα σε ύαλο (E, R ή S2), αραμίδιο και άνθρακα.

Η πιο σημαντική πτυχή των UDs είναι ότι έχουν την ικανότητα να ευθυγραμμίζουν τις ίνες ενίσχυσης ακριβώς όπως απαιτείται. Υπάρχουν βέβαια και οι ίνες υφαδιού, οι οποίες το μόνο που κάνουν είναι να προσθέτουν βάρος αλλά καθόλου διαρθρωτική αξία σε συγκεκριμένες εφαρμογές. Αυτό δεν σημαίνει ότι οι ίνες υφαδιού και κατά συνέπεια τα υφάσματα, είναι πολυδάπανα και μη απαραίτητα, με μερικές όμως εξαιρέσεις που μπορεί και να είναι.

Οι ίνες UD διατηρούνται στη θέση τους είτε από τις μικρές ποσότητες των ινών οι οποίες είναι ραμμένες, είτε ως υφασμένες είτε σαν κάποια μορφή χαρτοθέτη. Ωστόσο, η τελευταία μορφή δεν είναι συμβατή με συστήματα ωρίμανσης της ρητίνης σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Στην περίπτωση των μη εμποτισμένων υφασμάτων, η ρητίνη η οποία διαποτίζεται στα υφάσματα κρατεί τα υφάσματα τόσο σταθερά που να μην χρειάζεται κανένα άλλο νήμα ή χαρτοθέτη.

Εξαιτίας της κυριαρχίας των ενισχυτικών ινών καθώς και της μικρής ποσότητας παραμόρφωσης τους που απαιτείται για να κρατηθούν μαζί, ακόμα και στα υφάσματα UD, οι ίνες είναι πιο ίσιες από οποιαδήποτε άλλη ενισχυτική ίνα. Κατά συνέπεια οι δομικές ιδιότητες των ελασμάτων που προέρχονται από υφάσματα UD είναι οι καλύτερες προς την κατεύθυνση των ινών.

2.1.3 Υβριδικά υφάσματα

Υπάρχει επίσης δυνατότητα να συνδυαστούν οι ιδιότητες των ενισχυτικών ινών με την ανάμιξη τους με τα υφαντά υφάσματα [2]. Αυτό συνήθως περιλαμβάνει την χρήση ενός τύπου ινών για τα νήματα στημονιού και έναν διαφορετικό τύπο για τα νήματα υφαδιού. Με αυτόν τον τρόπο τα πλεονεκτήματα του ενός τύπου, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αντισταθμιστούν τα μειονεκτήματα του άλλου ή ο συνδυασμός των πλεονεκτημάτων διαφορετικών ινών μπορεί να ενδυναμώνει το τελικό προϊόν.

Τα υβρίδια του άνθρακα/αραμιδίου επωφελούνται από την υψηλή αντοχή σε συμπίεση και εφελκυσμό και την υψηλή ακαμψία του άνθρακα καθώς επίσης και την υψηλή αντοχή σε πρόσκρουση και εφελκυσμό του αραμιδίου.

Βέβαια θα πρέπει ν' αναφερθεί πως οι δύο ίνες είναι ακριβές γι' αυτό και ένα μειονέκτημα που υπάρχει είναι το κόστος. Τα υβρίδια του αραμιδίου/υάλου επωφελούνται από την χαμηλή πυκνότητα, την υψηλή αντίσταση σε πρόσκρουση και την υψηλή αντοχή σε εφελκυσμό του αραμιδίου, καθώς επίσης και από την καλή αντοχή στην συμπίεση και εφελκυσμό του υάλου όπως επίσης και της συνολικής μείωσης κόστους του.

Τα υφάσματα υβριδίου μπορούν να κατασκευαστούν με το συνηθισμένο φάσμα του τύπου ύφανσης, με τις εγγενείς ιδιότητες που κάθε ύφασμα προσφέρει και που μπορεί να ενσωματωθεί στα ελάσματα με τους ίδιους ακριβώς τρόπους όπως σε οποιοδήποτε άλλο ύφασμα.

2.2 Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΙΝΩΝ

Μπορεί τώρα να γίνει μία αναφορά στα πλεονεκτήματα και στα μειονεκτήματα των άμεσα διαθέσιμων διαφορετικών ινών.

Η ύαλος είναι το υλικό εκείνο που παρέχει την πιο φθηνή ενίσχυση. Το CSM ταιριάζει σε εφαρμογές όπου το χαμηλό κόστος είναι υπερτιμημένο και οι απαιτήσεις σχετικά χαμηλές. Εντούτοις, με σύνεση και φροντίδα, τα ελαφρά, δύσκαμπτα και σκληρά εξαρτήματα μπορούν να φτιαχτούν από το CSM. Η υφασμένη ύαλος παρέχει πολύ καλή αντοχή και ακαμψία σε λογικό κόστος.

Οι ίνες αραμιδίου κατέχουν καλή αντοχή σε εφελκυσμό, καλή αντίσταση σε πρόσκρουση και χαμηλή πυκνότητα, αλλά το υψηλό τους κόστος είναι μειονέκτημα και αυτό γιατί η χαμηλή τους αντοχή σε συμπίεση, η τάση τους να επηρεάζονται αρνητικά από το υπεριώδες φως (το οποίο είναι φυσικό συστατικό του ηλιακού φωτός), καθιστά την ανάγκη ειδικών κοπτικών εργαλείων για να κόψουν το ύφασμα. Παρόλα αυτά, το αραμίδιο ευθύνεται για την κατασκευή πιο ελαφρών, πιο δύσκαμπτων και ισχυρότερων εξαρτημάτων απ' ό,τι η ύαλος.

Ο άνθρακας προσφέρει υψηλή αντοχή σε εφελκυσμό, υψηλή αντοχή σε συμπίεση, υψηλή ακαμψία. Επιπλέον προσφέρει χαμηλό βάρος και καλή αντίσταση στην κούραση αλλά είναι επίσης πολύ ακριβό υλικό και μειονεκτεί στο ότι πάσχει από χαμηλή αντοχή σε πρόσκρουση.

Εξαρτήματα τα οποία θα πρέπει να χαρακτηρίζονται από δυσκαμψία και ελαφρότητα είναι σίγουρο ότι κατασκευάζονται από άνθρακα, χωρίς βέβαια να μην δοθεί βάση στην αισθητική αξία των ινών άνθρακα.

Αναμφίβολα οι μηχανικοί δομικών εξαρτημάτων δεν θα το περιφρονήσουν, αλλά η εμφάνιση των ινών άνθρακα είναι τόσο ελκυστική που οι άνθρωποι φτιάχνουν αυτοκόλλητα ρολά από πλαστικό με την «όψη άνθρακα». Σε αυτήν την περίπτωση

βέβαια, φαίνεται ξεκάθαρα η διαφορά της όψης ενός κατασκευασμένου εξαρτήματος από ανθρακόνημα από ένα απλό αυτοκόλλητο απομίμησης ως προς την ποιότητα του αισθητικού αποτελέσματος αλλά και ως προς τις ιδιότητες που επιτυγχάνονται στην περίπτωση της εφαρμογής του ανθρακονήματος.

2.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΡΗΤΙΝΗΣ

Υπάρχουν δυο τύποι ρητίνης που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή εξαρτημάτων και διαχωρίζονται σε θερμοπλαστικές ρητίνες (thermoplastic) και θερμοσκληρυνόμενες (thermosetting). Οι θερμοπλαστικές περιλαμβάνουν πολυαμιδίο (νάιλον), πολυανθρακικό, πολυπροπυλένιο και την αξιοσημείωτη πολυεθερεθερκετόνη (polyetheretherketone) ή PEEK, το οποίο χρησιμοποιεί κυρίως η αεροπορική βιομηχανία.

Οι θερμοπλαστικές, έχουν την ικανότητα να θερμαίνονται, να λιώνουν, παίρνοντας έτσι υγρή μορφή κι έπειτα να ψύχονται πάλι έως ότου η μορφή τους να γίνει στερεή. Η διαδικασία είναι αντιστρεπτή. Ο χρόνος σκλήρυνσης, δηλαδή η διαδικασία που χρειάζεται η ρητίνη να πολυμεριστεί μέχρι το υλικό του εξαρτήματος να αποκτήσει τις δομικές του ιδιότητες, είναι επίσης σύντομος. Οι θερμοσκληρυνόμενες, από την άλλη πλευρά, ξεκινούν σε υγρή μορφή, αλλά καταλήγουν αμετάκλητα σε στερεή με την εφαρμογή της θερμότητας. Ο κύκλος καύσης τους, ακόμα και όταν επιταχύνεται με επιπρόσθετη εξωτερική θερμότητα, είναι σχετικά αργός. Σημαντικό είναι, ότι σε αυτού του τύπου τις ρητίνες δεν χρειάζεται ειδικός εξοπλισμός για την αποτελεσματική τους χρήση.

Για πρακτικούς λόγους, η διαδικασία της πλαστικοποίησης στο σπίτι ή σε ένα απλό εργαστήριο δεν είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί με τις θερμοπλαστικές ρητίνες, εξαιτίας του ειδικού εξοπλισμού που απαιτείται, για να λιώσει το υλικό και να εφαρμοστεί. Γι' αυτό ως πιο απλή λύση θεωρούνται οι θερμοσκληρυνόμενες ρητίνες. Υπάρχουν αρκετές τέτοιου είδους ρητίνες, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή εξαρτημάτων. Αλλά για λόγους διαθεσιμότητας, οι επιλογές μας έχουν περιοριστεί μόνο σε δύο. Στις πολυεστερικές ρητίνες και στις εποξικές. Επιπλέον θα πρέπει να αναφερθεί πως υπάρχουν ρητίνες βινυλίου, φαινόλης, σιλικόνης και πολυαμιδίων, οι οποίες χρησιμοποιούνται σε διάφορες βιομηχανίες και σε διάφορων τύπου εφαρμογές.

Η δουλειά του συστήματος της ρητίνης, είναι να ενώσει τις ενισχυτικές ίνες ούτως ώστε τα φορτία να μπορούν να υποστηριχτούν από αυτές. Επίσης σταθεροποιεί τις ίνες για να μη λυγίσουν από τα φορτία συμπίεσης και τις προστατεύει από μηχανική και περιβαλλοντική ζημιά. Βέβαια αυτές οι δυο ρητίνες πραγματοποιούν αυτές τις λειτουργίες με διαφορετική αποτελεσματικότητα και κόστος.

Όπως υπάρχουν επιλογές για την ίνα και το ύφασμα, οι οποίες εξαρτώνται από το κόστος και την τελική χρήση του προϊόντος, έτσι ακριβώς υπάρχουν επιλογές βασισμένες στην χρήση του συστήματος ρητίνης. Κάνοντας αναφορά στις δυο βασικές επιλογές, γίνεται ταυτόχρονα και σύγκριση στις ιδιότητες και στις εφαρμογές τους.

2.3.1 Πολυεστερικές ρητίνες

Αν και αυτό το είδος ρητίνης υπάρχει εδώ και αρκετό καιρό, ο χειρισμός και οι ιδιότητες του έχουν βελτιωθεί με τα χρόνια. Η συνηθισμένη ρητίνη που αγοράζει κανείς από έναν προμηθευτή καλουπιών έχει την πυκνότητα ενός όχι και τόσο παχύρευστου μελιού σε κανονική θερμοκρασία δωματίου. Έχει χρώμα το οποίο μπορεί να είναι από πρασινωπό και καφετί μέχρι και ελαφρώς ροζ και έχει μια γλυκιά οσμή που πηγάζει από τον οργανικό διαλύτη.

Η ρητίνη πολυεστέρα είναι φτιαγμένη από τα παράγωγα κάρβουνου και πετρελαίου. Υπάρχουν και άλλες συστατικές ουσίες, οι οποίες είτε βοηθούν στον χειρισμό και τη σκλήρυνση της ρητίνης είτε παραχωρούν συγκεκριμένη ιδιότητα στο τελικό προϊόν μετά τη σκλήρυνση της ρητίνης.

Η πραγματική διαδικασία σκλήρυνσης στην πολυεστερική ρητίνη επιτυγχάνεται με την εισαγωγή δύο τύπων χημικής ένωσης. Το ένα υλικό αναφέρεται ως επιταχυντής που βοηθά στην πραγματοποίηση της σκλήρυνσης σε θερμοκρασία δωματίου και συνήθως αναμειγνύεται για ευκολία ως συστατικό της ρητίνης και το άλλο υλικό είναι ο καταλύτης που προσθέτεται πριν από την χρήση της ρητίνης. Η ρητίνη δεν θα σκληρυνθεί σε κανένα πρακτικό χρονοδιάγραμμα σε θερμοκρασία δωματίου χωρίς αυτά τα συστατικά. Προσθέτοντας όμως σε σχετικά σωστές ποσότητες, η διαδικασία της σκλήρυνσης θα ξεκινήσει σωστά, χωρίς να σταματήσει. Η φράση «σχετικά σωστές» μπορεί να ακούγεται αόριστη αλλά το μόνο που πραγματικά αλλάζει με την τροποποίηση των ποσοτήτων του επιταχυντή (που συνήθως είναι ήδη φτιαγμένες) ή του καταλύτη είναι η αναλογία στην οποία η ρητίνη σκληραίνει.

Υπάρχουν συγκεκριμένα όρια, μέσα στα οποία πρέπει να διατηρούνται οι αναλογίες και επιπλέον τα οργανικά υπεροξειδία είναι πολύ δραστικές ουσίες οι οποίες απαιτούν σεβασμό και προσεκτική ανάγνωση των ετικετών και των οδηγιών τους.

Η προσθήκη του καταλύτη πυροδοτεί μια χημική αντίδραση στη ρητίνη, που προκαλεί τα μόρια του σταυρόλιθου να σχηματίσουν «διασταυρωμένες δέσμες» ανάμεσα στην μεγάλη αλυσίδα των μορίων του πολυεστέρα. Αυτό δημιουργεί ένα πολύπλοκο, τρισδιάστατο δίκτυο συνδεδεμένων μορίων το οποίο είναι χαρακτηριστικό των στερεών και προκύπτει, αφού ολοκληρωθεί η σκλήρυνση.

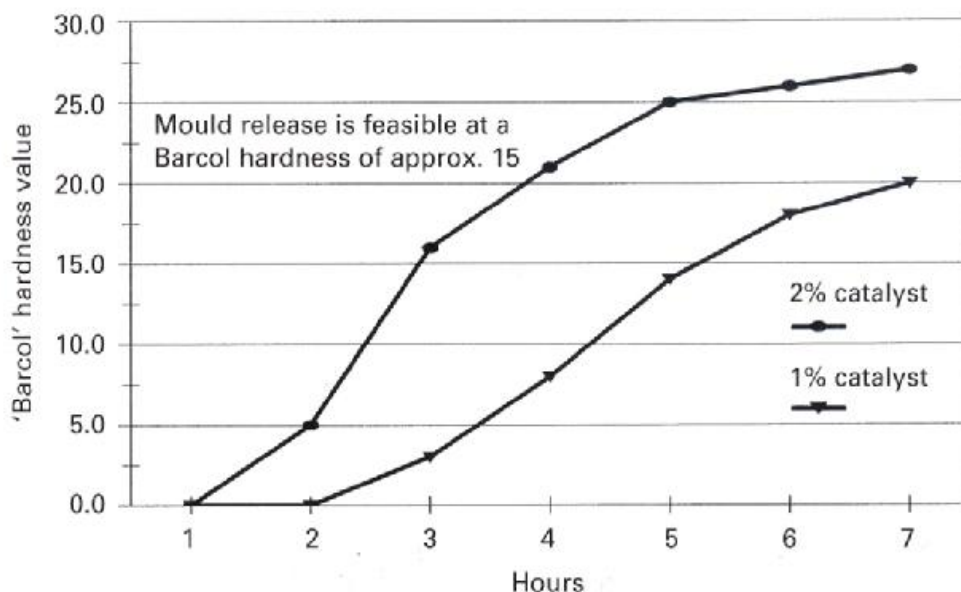
Η αντίδραση της σκλήρυνσης είναι εξώθερμη, δηλαδή δημιουργεί τη δική της θερμότητα σε μια αυτό-δαιωνισμένη αντίδραση η οποία συνεχίζει μέχρι να εξαντληθούν όλα τα αντιδραστήρια στο μείγμα. Αφού έχει δοθεί ο ορισμός μια θερμοσκληρυνόμενης ρητίνης, μπορεί επίσης εύκολα να γίνει αντιληπτό γιατί μια πολυεστερική ρητίνη είναι θερμοσκληρυνόμενη. Η πραγματική θερμοκρασία η οποία δημιουργείται εξαρτάται από το εάν η ρητίνη του καταλύτη εξαπλώνεται σε μια ευρεία περιοχή στο έλασμα, όπου στην συγκεκριμένη περίπτωση η θερμότητα διαλύεται γρήγορα εάν χύνεται σε μια περιορισμένη περιοχή, όπως τα τρισδιάστατα καλούπια χύτευσης, ή εάν αφήνεται αρκετή ώρα σε δοχείο ανάμειξης. Στις τελευταίες δυο περιπτώσεις η θερμοκρασία μπορεί να γίνει αρκετά υψηλή, πάνω από 150°.

Υπάρχουν τρεις ευδιάκριτες φάσεις στην αντίδραση της σκλήρυνσης:

- Η πρώτη είναι «η ώρα της πηκτής ουσίας», η οποία είναι γνωστή πρακτικά και ως «η ζωή σε δοχείο». Αυτός είναι χρόνος που χρειάζεται η ρητίνη για να μετατραπεί από ένα υγρό το οποίο μπορεί να εφαρμοστεί με μια βούρτσα, σε μια πηκτή ουσία η οποία όμως δεν μπορεί να εφαρμοστεί. Επομένως, η ώρα της πηκτής ουσίας, μετρά πόσος χρόνος απαιτείται για να χρησιμοποιηθεί η δόση της ρητίνης που έχεις αναμιχθεί.

- Μετά είναι «η ώρα της σκλήρυνσης», η οποία είναι αυτονόητη και είναι ο χρόνος που χρειάζεται η ρητίνη για να σκληρυνθεί σε ικανοποιητικό βαθμό ούτως ώστε η μούχλα να φύγει μέσω της χύτευσης ή της πλαστικοποίησης.

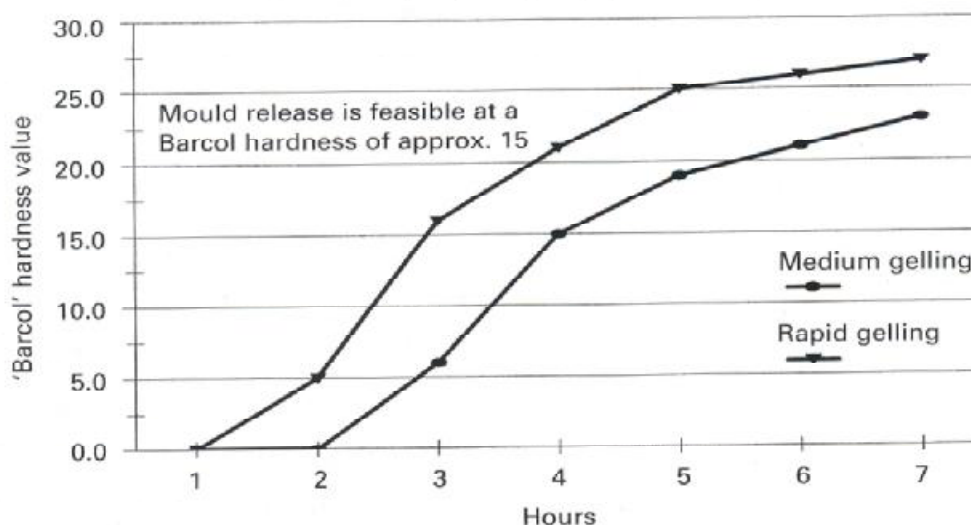
- Τέλος, υπάρχει και «ο χρόνος της ωρίμανσης», που μπορεί να διαρκέσει αρκετές εβδομάδες, εξαρτώμενος από το σύστημα ρητίνης που χρησιμοποιείται και την θερμοκρασία που το έλασμα σκληραίνεται και αποθηκεύεται. Αυτός είναι ο χρόνος που χρειάζεται η ρητίνη για να σκληρυνθεί και να σταθεροποιηθεί πλήρως.



Γράφημα 2.1: Ο χρόνος που χρειάζεται για τη σκλήρυνση σε συνάρτηση του περιεχομένου του καταλύτη [3]

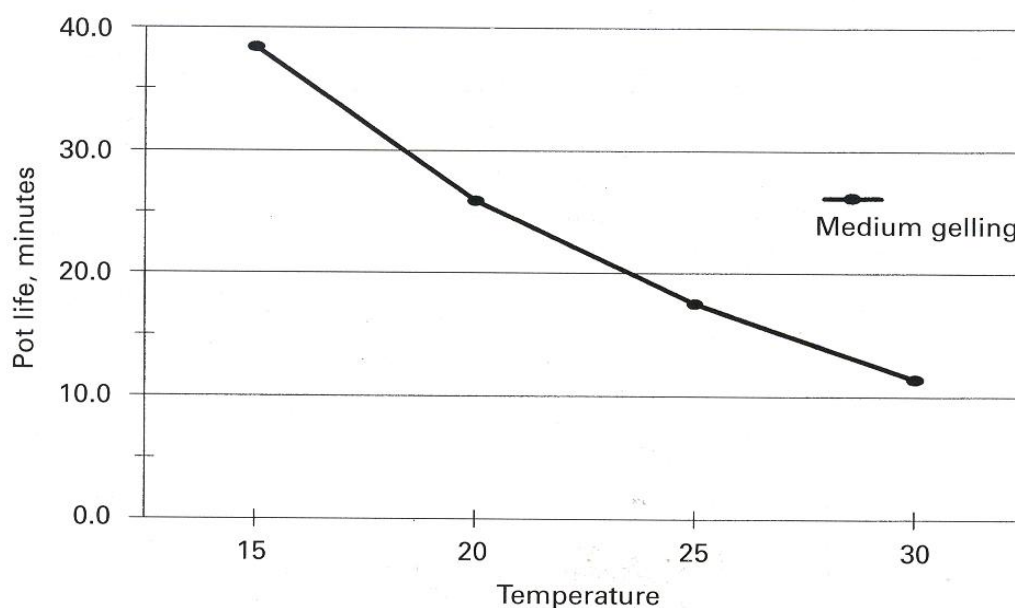
Υπάρχουν αρκετοί παράγοντες που επηρεάζουν «την ζωή σε δοχείο» και την σκλήρυνση της πολυεστερικής ρητίνης. Πρώτα από όλα, το περιεχόμενο καταλύτη επιταχύνει «την ζωή στο δοχείο». Οπότε μπορεί να δοθεί λιγότερος χρόνος ζωής στο δοχείο με την προσθήκη περισσότερου καταλύτη. Η αρκετή ποσότητα καταλύτη επιταχύνει επίσης τον χρόνο σκλήρυνσης αλλά όπως φαίνεται στο γράφημα 2.1, η ολοκληρωτική σκλήρυνση μπορεί να μην επηρεάζεται εξ ολοκλήρου από το περιεχόμενο καταλύτη.

Ένας επιπλέον παράγοντας που επηρεάζει αρκετά είναι και η αντιδραστικότητα του καταλύτη που χρησιμοποιείται. Οι περισσότεροι προμηθευτές θα προσφέρουν χαμηλότερους, μέτριους και δραστικούς καταλύτες, οι οποίοι συμπεριφέρονται ακριβώς όπως υπονοείται από τα ονόματά τους και από το παράδειγμα που απεικονίζεται στο Γράφημα 2.2.



Γράφημα 2.2: Ο χρόνος που χρειάζεται για τη σκλήρυνση σε συνάρτηση της αντιδραστικότητας του καταλύτη [3]

Η θερμοκρασία περιβάλλοντος έχει μεγάλη επίδραση στον χρόνο δοχείου, ο οποίος μειώνεται από θερμότερες συνθήκες, όπως αναπαρίσταται στο γράφημα 2.3. Οι χρόνοι σκλήρυνσης και ωρίμανσης μειώνονται με υψηλότερες θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Σε επιθυμητές περιστάσεις, η λεγόμενη «κρύα σκλήρυνση» ή σκλήρυνση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος της πολυεστερικής ρητίνης, μπορεί να γίνει σε λιγότερο από 15° C. Οι χρόνοι ωρίμανσης μπορούν να μειωθούν αισθητά με αυξανόμενη θερμοκρασία «μετά σκλήρυνσης» και μπορεί να υπολογισθεί κάθε 10° C αύξηση στην θερμοκρασία με το μείρασμα περίπου του χρόνου ωρίμανσης. Επομένως εάν ένα έλασμα σκληρύνθηκε μετά από 30 ώρες στους 40°C, χρειάζεται περίπου μόνο 15 ώρες στους 50° C. Η μετά σκλήρυνση στους 80° C μειώνει τον χρόνο ωρίμανσης κατά τρεις ώρες περίπου.



Γράφημα 2.3: Ο χρόνος σκλήρυνσης σε συνάρτηση της θερμοκρασίας [3]

Όπως ήδη έχει αναφερθεί, ο όγκος ρητίνης που χρησιμοποιείται, επηρεάζει στον ίδιο βαθμό τη «ζωή στο δοχείο», χάρη στην εξώθερμη θερμότητα που παράγεται. Αυτό μπορεί να σημαίνει ότι ένα δοχείο γεμάτο ρητίνη μπορεί να έχει μια πιο σύντομη ζωή στο δοχείο απ' ό,τι μια ρητίνη η οποία έχει χυθεί σε ένα πλατύ, ρηχό δίσκο.

Συναντώντας το προϊόν των προμηθευτών και των τιμοκαταλόγων θα γίνει αντιληπτό ότι υπάρχουν διάφοροι τύποι και βαθμίδες πολυεστερικής ρητίνης διαθέσιμες, συμπεριλαμβανομένης και της «παρόπλισης ρητίνης γενικού σκοπού», η οποία είναι κατεξοχήν κατάλληλη για τις περισσότερες μη κρίσιμες θέσεις εργασίας στα αγωνιστικά αυτοκίνητα. Άλλες είναι αδιάβροχες, αντιστέκονται στα χημικά και λειτουργούν ακόμα και ως επιβραδυντικά φωτιάς.

2.3.2 Εποξικές ρητίνες

Οι εποξικές ρητίνες, οι οποίες έκαναν την εμφάνιση τους το 1960 αρχικά ως συγκολλητικά και προέρχονται από χημικά παραγόμενα στις βιομηχανίες πετρελαίου, είναι τώρα διαθέσιμες με μια μεγάλη ποικιλία ιδιοτήτων, προ και μετά σκλήρυνσης, για να ικανοποιήσουν τις περισσότερες απαιτήσεις.

Στην προ-σκλήρυνσης μορφή τους, μπορούν να εξασφαλιστούν ως καθαρά, σε πορτοκαλί χρώμα χαμηλά ιξώδη υγρά, τα οποία είναι κατάλληλα για εφαρμογή με

βούρτσα και για σκλήρυνση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Είναι χρήσιμα και ως κόλλες καθώς και ως στερεά «χαμηλά σε πλεύση» που έχουν εμποτιστεί από πριν σε ύφασμα και απαιτούν επιπρόσθετη θερμότητα για να σκληρυνθούν. Σε κατάσταση σκλήρυνσης, οι ιδιότητες μπορούν να ποικίλουν από ανθεκτικές και αρκετά ευέλικτες σε αρκετά δυνατές και σκληρές.

Όποια και να είναι η τεχνολογία με την οποία πρόκειται να φτιαχτούν τα επιθυμητά εξαρτήματα, είτε αυτό είναι το καλό παραδοσιακό «υγρό lay-up» ή κάποια περισσότερο εξελιγμένη μέθοδος, πάντα θα υπάρχει μια εποξική ρητίνη που θα εκπληρώνει την κάθε απαίτηση.

Όπως και οι πολυεστερικές ρητίνες έτσι και οι εποξικές είναι «θερμοσκληρυνόμενες». Η διαδικασία όμως της σκλήρυνσης είναι διαφορετική και επιτυγχάνεται από την ανάμειξη δυο συστατικών, που συνήθως ορίζονται ως «ρητίνη» και «σκληρυντικό». Οι αναλογίες οι οποίες χρειάζονται για την μίξη της ρητίνης και του σκληρυντικού εξαρτώνται από το προϊόν που θα χρησιμοποιηθεί.

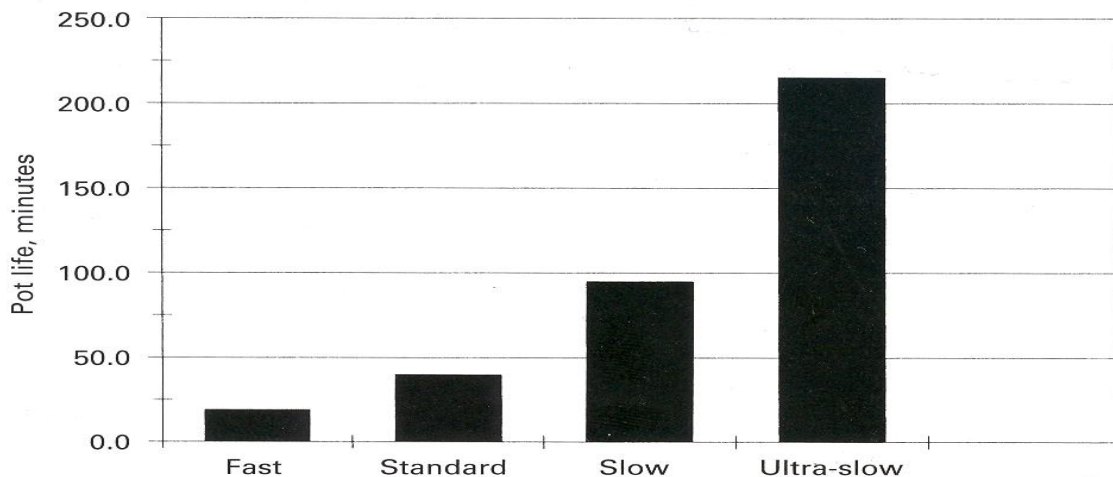
Για παράδειγμα, κάποιες εποξικές αναμειγνύονται (συνήθως ανά βάρος) σε ποσοστό του 1:1. Αυτό σημαίνει ισόποσα βάρη ρητίνης και σκληρυντικού. Υπάρχουν άλλες βέβαια, που μπορούν να αναμειγνύονται σε ποσοστό 4:1 το οποίο σημαίνει τέσσερα μέρη ρητίνης προς ένα σκληρυντικό. Παρόλα αυτά, όποιο και να είναι το ποσοστό για κάθε προϊόν, είναι επιτακτική ανάγκη να διατηρηθεί η ακρίβεια στην δοσολογία. Αυτό συμβαίνει διότι, ενώ με τις πολυεστερικές ρητίνες τα αντιδρώντα ήταν ήδη αναμιγμένα και ουσιαστικά η προσθήκη του καταλύτη σηματοδοτούσε την σκλήρυνση, οι εποξικές ρητίνες και το σκληρυντικό αποτελούν τα ίδια τα αντιδρώντα, που εάν δεν αναμιχθούν στις σωστές ποσότητες, υπάρχει πλεόνασμα του ενός ή του άλλου υλικού. Αυτό βέβαια εμποδίζει τη διαδικασία σκλήρυνσης και οδηγεί σε ένα κατώτερο τελικό προϊόν.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω ενώ η σκλήρυνση των πολυεστερικών ρητινών για την παραγωγή στερεού προκύπτει από την «πολλαπλή σύνδεση» των μορίων με την ένωση των μορίων του πολυεστέρα στο μέσο των μορίων στυρολίου, η σκλήρυνση των εποξικών ρητινών εκπίπτει με το δέσιμο των άκρων των μορίων του συστατικού το οποίο παράγει ένα πιο δυνατό και άκαμπτο στερεό. Ως αναλογία, αυτό μπορεί αν φανεί σε ένα σωλήνα σκελετού αγωνιστικής μοτοσικλέτας, όπου οι ενώσεις τοποθετούνται στα άκρα των σωλήνων, παρά κατά μήκος των αστήρικτων μηκών, διότι αυτό παράγει ένα πιο δυνατό και άκαμπτο σκελετό. Επομένως σε αυτήν την περίπτωση χρησιμοποιείται η εποξική ρητίνη και αυτό εξηγεί ως ένα βαθμό την υπεροχή της έναντι της πολυεστερικής.

Ο χειρισμός της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος κατά την σκλήρυνση της εποξικής ρητίνης δεν είναι διαφορετικός από την πολυεστερική. Η διαδικασία σκλήρυνσης είναι εξώθερμη και χρειάζονται συγκεκριμένοι περίοδοι για να σκληρύνει και να ωριμάσει, που οδηγεί στην αντίδραση για να υπάρχει περιορισμένη παραμονή στο δοχείο. Οι κατασκευαστές όμως τείνουν να χρησιμοποιούν διαφορετικές ορολογίες για να περιγράψουν μερικές από αυτές τις διαδικασίες, όπως για παράδειγμα τον όρο «demould time» (χρόνος αφαίρεσης καλουπιού) αντί «χρόνος σκλήρυνσης» (hardening time). Καθώς η ρητίνη και το σκληρυντικό αναμειγνύονται, η θερμότητα που παράγεται επιταχύνει το ποσοστό σκλήρυνσης και την ίδια στιγμή δημιουργεί μείωση του ιξώδους. Έπειτα το ιξώδες αυξάνεται (κάτι που δεν παρατηρείται στην πολυεστερική) αργά στην αρχή και μετά πιο γρήγορα καθώς πλησιάζει «η ώρα της πηκτής ουσίας».

Η θερμοκρασία περιβάλλοντος έχει σημαντική επίδραση τόσο «στην ζωή στο δοχείο» της εποξικής ρητίνης και τους χρόνους σκλήρυνσης της, όσο και στην πολυεστερική με υψηλότερες θερμοκρασίες που οδηγούν σε μικρότερο χρόνο στο δοχείο

και πιο γρήγορη σκλήρυνση. Οι διαφοροποιήσεις στην ποσότητα καταλύτη σε ένα σύστημα πολυεστερικής μπορεί να παρέχει τον έλεγχο «της ζωής στο δοχείο» και «τον χρόνο σκλήρυνσης». Πρόκειται για μια επιλογή που δεν είναι διαθέσιμη στις εποξικές ρητίνες, εξαιτίας της κρισιμότητας για τις αναλογίες του μίγματος. Ανάλογα όμως με την διαφοροποίηση της αντιδραστικότητας των καταλυτών, είναι διαθέσιμα διάφορα σκληρυντικά αντιδραστικότητας, τα οποία καθιστούν ικανή την ποικιλία «στην ζωή στο δοχείο» και «του χρόνου σκλήρυνσης» των εποξικών. Συχνά τα σκληρυντικά, διακρίνονται και ως γρήγορα, σταθερά, αργά και υπερβολικά αργά και η επιρροή τους στην ζωή στο δοχείο φαίνεται και από το γράφημα 2.4.



Γράφημα 2.4: Ο χρόνος ζωής στο δοχείο ανάλογα με το είδος του σκληρυντικού [3]

Τα εποξικά, επίσης, επωφελούνται και από τις αυξανόμενες θερμοκρασίες μετά τη σκλήρυνση. Για παράδειγμα, οι πληροφορίες ενός προμηθευτή υποδηλώνουν ότι εάν συγκριθεί μια σκλήρυνση 28 ημερών στους 21° C, μια σκλήρυνση 24 ωρών στους 21°C και έπειτα μια 16 ωρών στους 50° C, υπάρχει μια 10% αύξηση στην αντοχή της ρητίνης σε εφελκυσμό και μια παραπάνω αύξηση του 20% στην αντοχή στην διάτμηση του ελάσματος μιας ίνας υάλου, η οποία είναι δέσμια της ρητίνης. Αυτοί οι διαφορετικοί παράγοντες μπορούν να αποδειχθούν σημαντικοί στις δομικές εφαρμογές.

2.3.3 Τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ρητινών

Μπορούν εύκολα να συνοψιστούν τα θετικά και τα αρνητικά σημεία των δυο κύριων μορφών ρητίνης ως ακολούθως στους πίνακες 2.1, 2.2:

Πολυεστερική	Εποξική
Χαμηλό Κόστος	Υψηλή αντοχή
Εύκολη στη χρήση	Δυνατή προσκόλληση στις ίνες (και σε άλλα υλικά)
	Καλή χημική αντίσταση
Επαρκείς ιδιότητες για γενικές χρήσεις	Καλή μακροπρόθεσμη σταθερότητα
Γρήγορη σκλήρυνση	Καλή αντίσταση στην θερμοκρασία

Πίνακας 2.1: Τα θετικά σημεία

Πολυεστερική	Εποξική
Χαμηλότερες μηχανικές ιδιότητες	Ακριβή

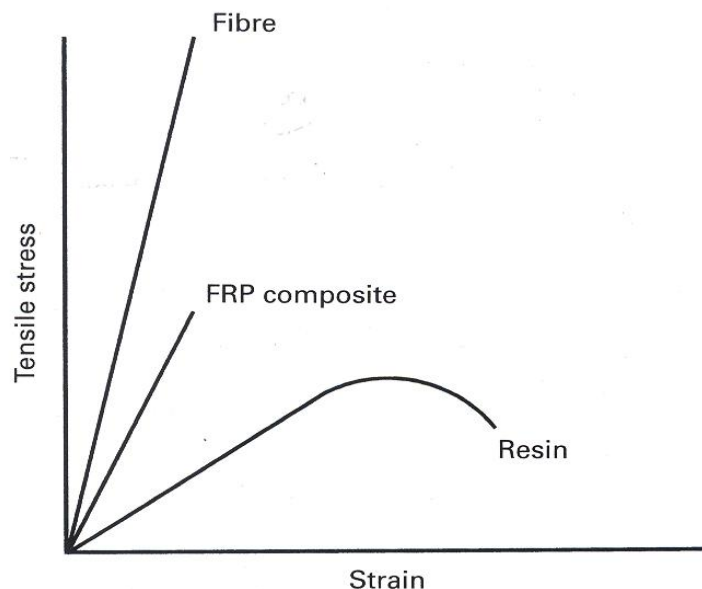
<i>Δύσοσμη</i>	<i>Περισσότεροι χρόνοι σκλήρυνσης</i>
<i>Φτωχότερη μακροπρόθεσμη σταθερότητα</i>	<i>Το υγρό της ρητίνης και του σκληρυντικού είναι πιο επικίνδυνο για την υγεία</i>
<i>Δεν ενώνονται καλά με τις ίνες αραμιδίου</i>	<i>Κρίσιμη αναλογία ανάμιξης</i>

Πίνακας 2.2: Τα αρνητικά σημεία

2.4 ΟΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΕΛΑΣΜΑΤΟΣ

Έχοντας εξεταστεί λεπτομερώς οι ίνες, τα υφάσματα και οι ρητίνες και έχοντας αναλυθεί οι αντίστοιχες ιδιότητες, αυτό που πραγματικά αξίζει είναι επιθυμητές οι ιδιότητες που προσδοκούνται από μια συγκεκριμένη ίνα και ύφασμα σε δοσμένη ρητίνη όταν συνδυάζονται με ένα ολοκληρωμένο έλασμα. Αυτή η ενότητα επικεντρώνεται στις συγκρίσεις, που θα βοηθήσουν στην επιλογή των κατάλληλων υλικών για τις εργασίες πάνω στα εξαρτήματα.

Η απόδοση ενός εξαρτήματος, εμποτισμένου με ρητίνη, είναι ένα αποτέλεσμα των μηχανικών ιδιοτήτων της ίνας, καθώς και των μηχανικών ιδιοτήτων της ίδιας της ρητίνης. Επιπλέον επιρροή ασκούν και η δύναμη του δεσμού ανάμεσα στην διασύνδεση της ίνας και της ρητίνης, η αναλογία της ίνας προς την ρητίνη στο εξάρτημα (που είναι γνωστό και ως κλάσμα ίνας) κατά βάρος ή όγκο και τέλος ο προσανατολισμός των ινών μέσα στο εξάρτημα. Το γράφημα 2.5 απεικονίζει γενικά ένα ζευγάρι έντονων καμπυλών της ίνας, μία ρητίνη και ένα εξάρτημα από ενισχυμένο με ίνες πλαστικό (FRP) μετά από σκλήρυνση. Αυτό δείχνει καθαρά ότι υπάρχει πτώση μεταξύ των ιδιοτήτων της ίνας και εκείνων της ρητίνης.



Γράφημα 2.5: Μετά από σκλήρυνση, η συμπεριφορά της ίνας, της ρητίνης και ενός ενισχυμένου με ίνες πλαστικού (FRP)

Φαίνεται λοιπόν ότι για να μεγιστοποιηθεί η απόδοση των σύνθετων πολυμετρικών, στόχος θα πρέπει να είναι η αύξηση της αναλογίας των ινών σε σχέση με την ρητίνη. Αυτό είναι αληθές μέχρι ενός σημείου. Είναι προφανές ότι εάν το κλάσμα

της ίνας ήταν σε ποσοστό 100% δεν θα υπήρχε καθόλου ρητίνη για να δέσει τις ίνες και επομένως το υλικό δεν θα ήταν χρήσιμο σε καμιά περίπτωση, ειδικά σε περιπτώσεις που αφορούν φόρτωση συμπίεσης. Οι καλύτερες ιδιότητες αποκτώνται σε ποσοστό ίνας 60 έως 70%. Αυτός είναι ένας βασικός παράγοντας που καθορίζει την τελική απόδοση του ελάσματος.

Ένας σημαντικός παράγοντας προτού αγοραστεί μια ενισχυτική ίνα, είναι το «φινίρισμα» το οποίο εφαρμόζεται κατά τη διάρκεια της κατασκευής.

Τα επιφανειακά φινιρίσματα εφαρμόζονται για δυο λόγους: Πρώτον, για να προστατεύει τις ίνες από ζημιά κατά την μετατροπή από ίνα σε ίνα και δεύτερον, για να δώσει μια επιφάνεια ρητίνης συμβατή με τις ίνες έτσι ώστε να βελτιώνουν τον δεσμό μεταξύ ίνας και ρητίνης. Γι' αυτό θα πρέπει να ελέγχεται το φινίρισμα που εφαρμόζεται να είναι συμβατό με το σύστημα ρητίνης που θα χρησιμοποιηθεί.

Ο πίνακας 2.3 δείχνει κάποιες φυσικές ιδιότητες των ελασμάτων υάλου, με διαφορετικές μορφές υφάσματος υάλου που ενισχύει το καλούπι της πολυεστερικής ρητίνης.

	PE	CSM	CSM	Woven rovings	Woven Fabric
Περιεχόμενο υάλου (wt%)	0	30%	50%	60%	70%
Πυκνότητα (g/cm ³)	1.22	1.5	1.7	1.76	1.88
Αντοχή εφελκυσμού (MPa)	59	117	288	314	331
Αντοχή σε συμπίεση (MPa)	156	147	160	192	280
Αντοχή σε κάμψη (MPa)	88	197	197	317	403

Πίνακας 2.3: Ιδιότητες των διαφορετικών τύπων υφάσματος του E-GLASS σε καλούπια πολυεστερικής ρητίνης [2]

Αρχικά, παρατηρείται πόσο οι αντοχές σε εφελκυσμό και κάμψη της ρητίνης ενισχύονται από την παρουσία του ενισχυτικού υφάσματος, αλλά επίσης παρατηρείται ότι η ρητίνη συνεισφέρει σημαντικά στην αντοχή σε συμπίεση. Έπειτα κοιτάζοντας τις δύο στήλες που αναφέρονται στο CSM, παρατηρείται η επίδραση πάνω στις μηχανικές ιδιότητες όταν αυξάνεται δραματικά ο όγκος του κλάσματος της ίνας από 30% σε 50%. Επίσης, γίνεται σύγκριση στη σειρά κάθε τύπου ίνας και παρατηρείται πόσο οι ιδιότητες βελτιώνονται καθώς το κλάσμα του όγκου της ίνας αυξάνει. Είναι επίσης προφανές ότι οι αυξανόμενες αντοχές σε συμπίεση και κάμψη κάθε τύπου υφάσματος ενισχύει το εξάρτημα καθώς πηγαίνει προς τη δεξιά πλευρά του πίνακα.

Έχει ήδη σημειωθεί ότι η αντοχή του δεσμού της ρητίνης επηρεάζει τις ιδιότητες του ελάσματος και μια απλή σύγκριση της ίνας υάλου εμποτισμένη με ρητίνες εποξικές και πολυεστερικές μπορεί να το αποδείξει.

Σε γενικές γραμμές είναι λογικό το συμπέρασμα ότι σε ένα δοσμένο καλούπι ρητίνης και για ένα δοσμένο βάρος ίνας, ο τρόπος ύφανσης και το ποσοστό όγκου της ίνας, επηρεάζουν τις ιδιότητες του ελάσματος και αυτές με την σειρά τους θα αντικατοπτρίσουν τις ιδιότητες του ενισχυτικού υφάσματος, όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη ενότητα αυτού του κεφαλαίου. Υπάρχει βέβαια και η εξαίρεση στον κανόνα και αυτή είναι η απροθυμία των ινών αραμιδίου να ενσωματωθούν πλήρως με την πολυεστερική ρητίνη. Αυτό βέβαια οδηγεί σε χαμηλότερες, από τις προσδοκώμενες

μηχανικές ιδιότητες, κάτι που θα πρέπει να είναι εντός των πιθανοτήτων να συμβεί εφόσον παρθεί η απόφαση να συνδυαστούν τα δύο υλικά.

Ένα ακόμα πρακτικό κομμάτι το οποίο πρέπει να υπάρχει κατά νου όταν αποφασίζονται οι πιθανές ιδιότητες του ελάσματος, είναι πώς οι ίνες και οι ρητίνες συμπεριφέρονται στην πράξη, ειδικά εάν χρησιμοποιηθούν διαδικασίες «υγρής στρώσης» στις οποίες το ποσοστό όγκου της ίνας είναι αρκετά δύσκολο να ελεγχθεί και αρκετά δύσκολο να γίνει σταθερό. Σε γενικές γραμμές λοιπόν θα πρέπει να γίνει σαφές ποιοί συνδυασμοί ινών και ρητινών παράγουν τις καλύτερες ιδιότητες και ποιές είναι κατάλληλες για οποιαδήποτε εργασία ζητηθεί.

Οι συγκρίσεις τιμών είναι επίσης σημαντικές και επειδή οι απόλυτες τιμές αλλάζουν κάθε χρόνο σχεδόν, ίσως πιο γρήγορα από τις σχετικές τιμές, θα έχουμε ως οδηγό τις τελευταίες. Η εποξική ρητίνη, όπως ήδη έχει ειπωθεί, είναι πιο ακριβή από την πολυεστερική και μάλιστα περίπου δυόμιση ως τρεις φορές πιο ακριβή ανά κιλό από την πολυεστερική. Για να συγκριθούν οι τύποι των ινών με ουσιαστικό τρόπο, έχουν απαριθμηθεί στον παρακάτω πίνακα σε βάση τιμής ανά κιλού, σχετικά με το ύφασμα του υφαντού E-glass. Οι τιμές ποικίλουν αναλόγως του πραγματικού βάρους και του τρόπου ύφανσης. Ο πίνακας 2.4 παρουσιάζει τις τιμές διαφορετικών τύπων υφασμάτων.

Ύφασμα	Τιμή ανά κιλό σχετικό με 200 gsm υφαντό E-glass, στο Ηνωμένο Βασίλειο
CSM	0.34
Κουβάρια υάλου	0.61
E-glass	1.00
S-glass	5.07
Αραμίδιο	5.47
Αραμίδιο/άνθρακας 2:1 υβρίδιο	7.33
Άνθρακας	7.49

Πίνακας 2.4: Σχετικές τιμές των διαφορετικών τύπων υφάσματος [2]

2.5 ΒΕΡΝΙΚΙΑ (GEL COATS)

Το βερνίκι είναι ένα εξωτερικό στρώμα το οποίο λειτουργεί ως προστατευτική επίστρωση στο καλούπι αλλά και στο τελικό προϊόν. Μεταξύ άλλων αποτρέπει τις ίνες του ενισχυμένου υλικού να φτάσουν στην εξωτερική επιφάνεια, όπου μπορεί να διαρρεύσει η υγρασία και να προκαλέσει αποσύνθεση. Είναι μερικές φορές πιθανό να χρησιμοποιηθεί ένα επίστρωμα ρητίνης, το οποίο επιτρέπει την σκλήρυνση πριν εφαρμοστούν περισσότερα στρώματα ρητίνης και υφάσματος, ως προστατευτικό φράγμα, αλλά το χαμηλό ιξώδες των lay-up ρητινών σημαίνει ότι διοχετεύονται σε πλάγιες ή κάθετες επιφάνειες και συγκεντρώνονται σε κοιλότητες. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα οι κατασκευαστές φτιάχνουν τροποποιημένα βερνίκια ρητίνης οι οποίες είναι θιξοτροπικές (δεν “τρέχουν” στις κάθετες επιφάνειες). Αυτή η ιδιότητα τροφοδοτεί το βερνίκι ρητίνης με υψηλό κολλώδες όταν αποθηκεύεται σε δοχείο, αλλά όταν ανακατεύεται ή ανακινείται, για παράδειγμα με μια βούρτσα, το κολλώδες του μειώνεται στο σημείο όπου μπορεί να χρωματιστεί ή ακόμα και να ψεκαστεί σε μια επιφάνεια του καλουπιού. Όταν λοιπόν εφαρμοστεί στο καλούπι, ανακτά την κολλώδη του μορφή και δεν διοχετεύεται σε κάθετες επιφάνειες.

Τα πολυεστερικά βερνίκια είναι διαυγή ή με χρωστική ουσία και μπορούν να παρέχονται είτε χρωματιστά είτε με ξεχωριστή χρωστική ουσία η οποία χρειάζεται να προστίθεται πριν από την χρήση του. Τα εποξικά βερνίκια παρέχονται σε γενικές γραμμές χρωματιστά. Γι' αυτό, αν πρόκειται για την εκτέλεση ενός διαυγούς φινιρίσματος με εποξική ρητίνη πρέπει είτε, να χρησιμοποιείται ένα σκληρυμένο βερνίκι ως εξωτερικό επίστρωμα, είτε ως εναλλακτική λύση ένα κατάλληλο διαυγές βερνίκι πολυουρεθάνιου, το οποίο μπορεί να εφαρμοστεί στο προϊόν, αφού έχει ήδη σκληρυνθεί και απελευθερωθεί από το καλούπι. Αυτό δίνει ένα στρώμα σκληρό, ανθεκτικό στις καιρικές συνθήκες το οποίο φιλτράρει το υπεριώδες φως (που βοηθά στην αποτροπή της σταδιακής αποσύνθεσης των ινών αραμιδίου εάν χρησιμοποιούνται κοντά στην επιφάνεια).

2.6 ΥΛΙΚΑ ΠΥΡΙΝΑ

Η ακαμψία ενός πλαστικοποιημένου ελάσματος FRP είναι μια συνάρτηση του κύβου του πάχους του [2], το οποίο σημαίνει ότι εάν διπλασιαστεί το πάχος ενός ελάσματος και με τον διπλασιασμό των στρωμάτων, αυξάνεται το πάχος του συντελεστή 2^3 ($2 \times 2 \times 2$), ή 8. Αλλά διπλασιάζοντας το πάχος του ελάσματος με αυτόν τον τρόπο, διπλασιάζεται επίσης το βάρος του, το οποίο βέβαια δεν είναι επιθυμητό. Στην περίπτωση που διπλασιαστεί το πάχος του, χρησιμοποιώντας τον ίδιο αριθμό φύλλων, όπως και προηγουμένως, εξίσου χωρισμένο σε κάθε μεριά του ελαφρύ υλικού «πυρήνα» το οποίο είναι στα δύο, δεν θα γίνει αύξηση του πάχους του κατά 8 φορές, αλλά πρέπει να προσδοκάται μια αύξηση του έξι έως επτά και χωρίς επιπρόσθετο βάρος. Αυτό σίγουρα θα είναι το καλύτερο.

Αλλά για να είναι ένας πυρήνας χρήσιμος πρέπει να κατέχει δίκες του μηχανικές ιδιότητες και επιπλέον για να είναι ένας πίνακας σκληρός πρέπει λογικά και ο πυρήνας του να έχει ένα μέτρο ακαμψίας. Απαραίτητο χαρακτηριστικό του να ανέχεται τις πιέσεις που εφαρμόζονται στις επιφάνειες όταν αυτές τεθούν σε κάμψη. Αυτό τοποθετεί την επιφάνεια από το εξωτερικό της κάμψης στην ένταση, η οποία με την σειρά της εγκαθιστά δυνάμεις τέμνουσες στον πυρήνα. Επομένως, ο πυρήνας πρέπει να έχει αντοχή στην διάτμηση καθώς και αντοχή στην συμπίεση η οποία είναι επίσης απαραίτητη για την αποτροπή προσκρούσεων προτού αποσυντεθεί πρόωρα. Τα υλικά πυρήνα διακρίνονται σε τρεις τύπους: το ξύλο, τον αφρό και την κηρήθρα.

2.7 ΑΦΡΟΙ

Υπάρχει διαθέσιμη ποικιλία αφρολέξ που ταιριάζουν, σε διαφορετικούς βαθμούς, ως υλικά πυρήνα. Πρόκειται για υλικά τα οποία είναι χαμηλής πυκνότητας και τα περισσότερα προέρχονται από το ξύλο balsa.

Το PVC ή πολυβινυλοχλωρίδιο, οι αφροί κλειστών κυττάρων μπορούν να παρέχονται σε μορφή χαρτιού σε διαφορετικές πυκνότητες ή σε μορφή χαρτιού «πλέγμα» για καλύτερη προσαρμοστικότητα. Είναι διαθέσιμες σε δύο μορφές.

Ο «διασταυρωμένος» αφρός PVC που παράγει πιο άκαμπτους πίνακες και ο «μη διασταυρωμένος» PVC αφρός (γνωστός και ως «γραμμικός») που είναι πιο ευέλικτος αλλά πιο σκληρός. Ο αφρός PVC μπορεί να επηρεάζεται από την θερμότητα, δηλαδή να διαπλάθεται με την τοπική εφαρμογή της θερμότητας, για να μπορεί να σχηματίσει πολύπλοκες καμπυλότητες. Είναι βασικά συμβατός με τις πολυεστερικές και εποξικές ρητίνες, αλλά χρειάζεται να ενσωματωθεί με την ρητίνη προτού επιβληθεί σκλήρυνση σε ένα εξάρτημα με αυξανόμενη θερμοκρασία.

Ο αφρός διογκωμένης πολυστερίνης μπορεί να αποκτηθεί φθηνά και εύκολα από το εμπόριο οικοδομικών υλικών και μάλιστα σε μορφή χαρτιού με ποικίλη πυκνότητα. Είναι πολύ ελαφρύς και εύκολα μπορεί να διαπλαστεί, αλλά έχει πολύ χαμηλές μηχανικές ιδιότητες. Αν και μπορεί να χρησιμοποιηθεί με εποξική ρητίνη, διαλύεται κυρίως με την πολυεστερική.

Ο αφρός πολυουρεθάνης (polyurethane) PU έχει μέτριες μηχανικές ιδιότητες και κόβεται εύκολα, αλλά έχει χαμηλή προσαρμοστικότητα. Μπορεί να αγοραστεί ως φύλλο, ως τούβλο, ως αφρός δύο συστατικών ή ακόμα και ως αφρός σε μορφή σπρέι, διαθέσιμο σε καταστήματα DIY (όπου συνήθως πωλούνται ως «πλήρωση κενού»).

Θα πρέπει να είναι γνωστό ότι η επέκταση της ποικιλίας των δύο συστατικών, τα οποία αναμιγνύονται σε ισόποσες ποσότητες και μετά διανέμονται γρήγορα προτού αρχίσει η επέκταση, δημιουργούν ουσιαστική πίεση εάν δεν τους δοθούν συγκεκριμένες κατευθύνσεις.

Ο αφρός PU είναι αρκετά καλός για ελαφρώς χαλαρές σύνθετες εφαρμογές όπως είναι μέρη των μοτοσικλετών ή ως στήριγμα σε διαμορφωτές ή δοκούς οι οποίες φτιάχνονται για να δημιουργήσουν πιο άκαμπτες κατασκευές. Ένα επιπλέον θετικό χαρακτηριστικό του είναι ότι είναι συμβατός με την πολυεστερική και εποξική ρητίνη.

2.8 ΚΗΡΗΘΡΕΣ

Οι κηρήθρες [2] μπορεί να είναι είτε μεταλλικές είτε μη μεταλλικές, αλλά και στις δυο περιπτώσεις προσφέρουν αντοχή και ακαμψία για οποιαδήποτε υλικά πυρήνα. Συνθέτουν πολύ λεπτά φύλλα των συστατικών στρωμάτων που είναι δεμένα σε λωρίδες σε συγκεκριμένα αντισταθμιστικά διαστήματα, τα οποία έπειτα τεντώνονται για να ανοίξουν τα γειτονικά στρώματα και να δημιουργήσουν την κρυσταλλική δομή κυττάρων. Αν και υπάρχουν και άλλα συστατικά, τα πιο γνωστά που χρησιμοποιούνται στις εφαρμογές της βιομηχανίας μοτοσικλετών είναι το χαρτί αλουμινίου και το χαρτί αραμιδιού (το τελευταίο διατίθεται στο εμπόριο, με το όνομα Nomex). Τα φύλλα με πάχος που κυμαίνονται μεταξύ 3 mm ($\frac{1}{8}$ in) και 50 mm (2 in) απλώνονται σε μεγαλύτερους πίνακες.

Όταν μια κηρήθρα περιβάλλεται από κάθε μεριά με μεμβράνη, το τελικό σάντουιτς είναι σχεδόν πιο ελαφρύ από τους ίδιους τους φλοιούς της μεμβράνης, όμως η ακαμψία αυξάνεται δραματικά.

Ας αναφερθούμε λίγο στις φυσικές ιδιότητες των πινάκων σάντουιτς που φαίνονται στον Πίνακα 2.5. Αυτές οι τιμές είναι για τα σάντουιτς τα οποία σχετίζονται με τα πιο «στερεά» πλαστικοποιημένα υλικά. Είναι φανερό ότι η ακαμψία και η αντοχή αυξάνεται μαζικά πάνω από το «στερεό» υλικό (το οποίο αποτελείται στην πραγματικότητα παρά μόνο από τους φλοιούς των πινάκων του σάντουιτς). Η απόκτηση βάρους θα εξαρτηθεί από την ακριβή σύνθεση του πυρήνα, αλλά αυτό το παράδειγμα δείχνει πόσο λίγο βάρος προστίθεται από την χρήση της κηρήθρας.

	Στερεό υλικό	Πάχος πυρήνα t	Πάχος πυρήνα 3t
Πάχος	t	2t	4t
Ακαμψία	1.0	7.0	37.0
Αντοχή σε κάμψη	1.0	3.5	9.2
Βάρος	1.0	1.03	1.06

Πίνακας 2.5: Τα οφέλη της χρήσης των υλικών πυρήνα [2]

Προφανώς ο συγκολλητικός δεσμός μεταξύ των φλοιών και της κηρήθρας είναι σημαντικός εάν τα συστατικά του σάντουιτς ενωθούν για να γίνει ένα εξάρτημα. Για

να ενωθεί το υλικό των κυττάρων με τις όψεις των ελασμάτων θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένα συγκολλητικό υψηλής ποιότητας. Συνεπώς, η κηρήθρα χρησιμοποιείται μόνο με τις εποξικές ρητίνες και τα συγκολλητικά για καλύτερη απόδοση.

Η κηρήθρα αλουμινίου είναι η πιο φθηνή ποικιλία και έχει επίσης μια από τις καλύτερες αντοχές. Το βάρος αλουμινοχαρτου, το μέγεθος κυττάρων και το πάχος του πίνακα μπορούν να ποικίλουν για να αποκτηθούν οι επιθυμητές ιδιότητες. Η «δυνατότητα τσάκισης» της κηρήθρας αλουμινίου μπορεί να λειτουργήσει το ίδιο υπέρ αλλά και κατά, ανάλογα με τις περιστάσεις. Το γεγονός ότι ο πυρήνας δεν επαναφέρεται στην αρχική του μορφή μετά από μια μικρή σύγκρουση δημιουργεί πρόβλημα και μπορεί να προκαλέσει φαινομενικά ακέραιες περιοχές όπου οι φλοιοί ελάσματος φαίνονται άθικτοι αλλά ο πυρήνας έχει αποφλοιωθεί, αφήνοντας τους φλοιούς χωρίς υποστήριξη και με αρκετά μειωμένη αντοχή και ακαμψία.

Η κηρήθρα του χαρτιού αραμιδιού, η οποία συνήθως αναφέρεται ως Nomex, αν και είναι εξαιρετικά ακριβή, διαθέτει καλύτερη αντοχή σε ποσοστό βάρους απ' ότι αυτή του αλουμινίου του εμπορίου. Έχει χαμηλή πυκνότητα, κατέχει καλή σταθερότητα, είναι επιβραδυντικό φωτιάς και έχει καλύτερη αντίσταση στην κόπωση. Επίσης κατέχει αυτό που έχει περιγραφεί και ως «εξαιρετική αντίσταση σε εχθρικό περιβάλλον». Δηλαδή αντιστέκεται στην διάβρωση, καθώς και τις υψηλές θερμοκρασίες. Ωστόσο, δεν είναι τόσο δύσκαμπτο ως υλικό ανά μονάδα βάρους όσο το αλουμίνιο.

Μια άλλη ενδιαφέρουσα μορφή κηρήθρας κατασκευάζεται από υφαντό E-glass με επικάλυψη σκληρής ρητίνης φαινόλης. Προσφέρει την ίδια αντοχή σε ποσοστό βάρους όπως και η κηρήθρα αλουμινίου, αλλά χαμηλότερη ακαμψία ανά μονάδα βάρους. Ωστόσο, έχει καλύτερη ακαμψία σε ποσοστό βάρους από μια κηρήθρα χαρτιού αλουμινίου. Επιπλέον είναι διαθέσιμες διάφορες κηρήθρες των ινών άνθρακα, οι οποίες διατίθενται με επικάλυψη ρητινών. Οι μηχανικές ιδιότητες αυτών είναι πολύ υψηλές όπως δυστυχώς και η τιμή τους.

2.9 ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΑ ΣΑΝΤΟΥΙΤΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Μπορούν ν' αγοραστούν προκατασκευασμένοι πίνακες μιας σανίδας της κηρήθρας, με φλοιούς διαφόρων υλικών σε διαφορετικά πάχη. Οι πυρήνες περιλαμβάνουν κηρύθρες αλουμινίου, χαρτί αραμιδιού και αφρό πολυουρεθάνης καθώς και φλοιούς οι οποίοι ποικίλουν από FRP ύαλο και χαρτί αλουμινίου σε FRP άνθρακα. Μπορούν να παρέχουν ένα σχετικά απλό τρόπο για να κατασκευάσουν μια δυνατή, άκαμπτη και αποτελεσματική κατασκευή εξαρτήματος, όπως για παράδειγμα τον σκελετό μιας αγωνιστικής μοτοσυκλέτας.

3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΠΟΛΥΣΤΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΕΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

3.1 ΜΕΘΟΔΟΙ

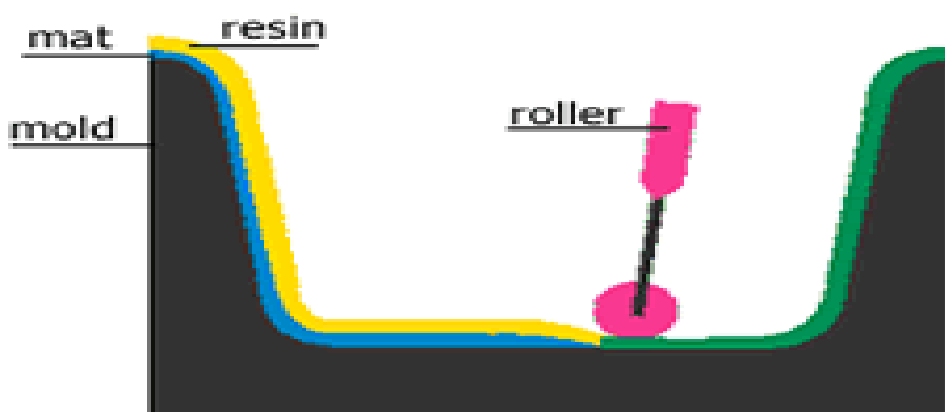
Τα σύνθετα υλικά έχουν τη μορφή υφάσματος (ύφασμα ανθρακονήματος κτλ). Πολλά στρώματα υφάσματος, εμποτίζονται με ρητίνη και όταν αυτή πολυμεριστεί παίρνουμε το τελικό κομμάτι. Ανάλογα με τις επιδιωκόμενες ιδιότητες της κατασκευής μας, τη μέθοδο παραγωγής που θα χρησιμοποιήσουμε και το τελικό κόστος που επιθυμούμε, επιλέγουμε τη ρητίνη που θα χρησιμοποιηθεί, εποξική ή πολυεστερική, καθώς και την ύφανση των ινών του υφάσματος.

Στη βιομηχανία, σήμερα, εφαρμόζονται πολλοί τρόποι εμποτισμού των ινών από ρητίνη. Οι κυριότεροι που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή κομματιών από ανθρακόνημα είναι οι εξείς [1]:

3.1.1 ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ, ΣΤΡΩΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΕΜΠΟΤΙΣΜΟΣ ΜΕ ΤΟ ΧΕΡΙ (HAND LAY-UP)

Ο εμποτισμός και η στρωματοποίηση με το χέρι είναι η απλούστερη μέθοδος κατασκευής σύνθετων υλικών. Είναι η διαδικασία που έχει τις μικρότερες απαιτήσεις από πλευράς εγκαταστάσεων και μηχανημάτων, γι' αυτό και χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή των κομματιών της εργασίας αυτής.

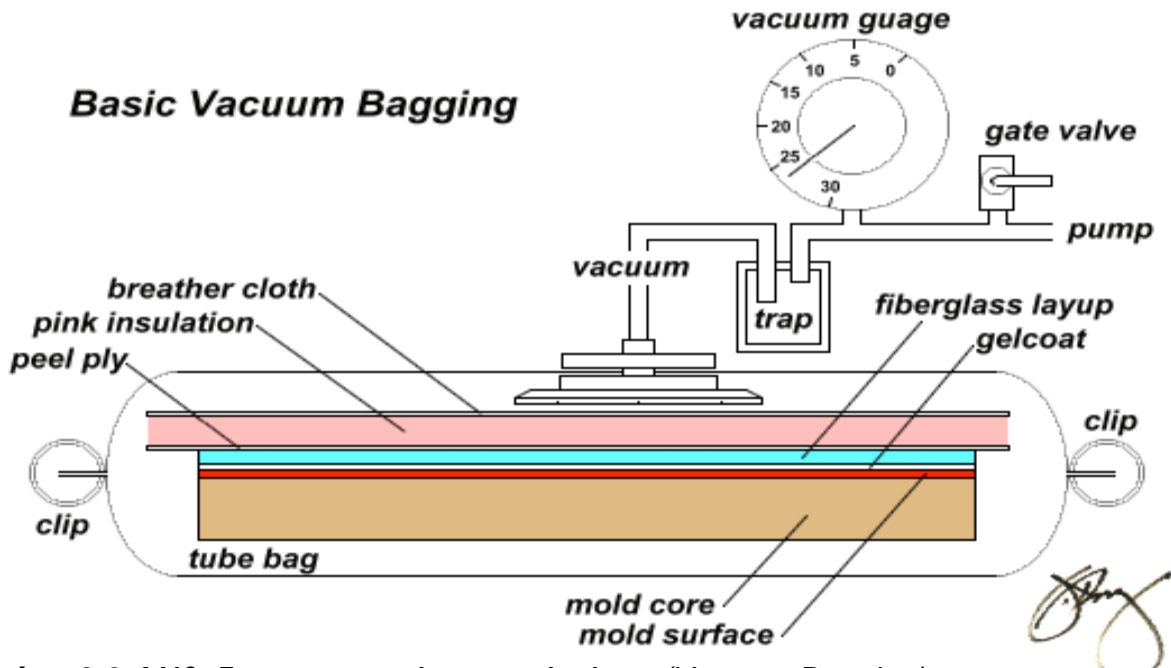
Η διαδικασία του "hand lay up" είναι η παλαιότερη και απλούστερη μέθοδος επεξεργασίας πλαστικού ενισχυμένου με ανθρακονήματα. Τα ανθρακονήματα και η ρητίνη παρέχονται πάνω ή μέσα στο καλούπι και ο παγιδευμένος αέρας αφαιρείται με τη βοήθεια ειδικών πιεστικών εργαλείων ή ρολών. Στρώσεις ανθρακονημάτων και ρητίνης προστίθενται διαδοχικά προκειμένου να διαμορφωθεί το πάχος το οποίο έχει προκαθορισθεί κατά τη σχεδίαση. Εφόσον απαιτείται υψηλής ποιότητας εξωτερική επιφάνεια, πριν τη διαδικασία Hand Lay-up παρέχεται ειδική ρητίνη (gel coat). Ο πολυμερισμός συνήθως γίνεται σε θερμοκρασία δωματίου, αλλά προκειμένου να επιταχυνθεί η διαδικασία μπορεί να διοχετευτεί θερμότητα μέσω κάποιας τεχνητής πηγής. Η εκτιθέμενη μεριά έχει γενικά τραχεία επιφάνεια αλλά μπορεί να γίνει πιο λεία με κατόπιν επεξεργασία. Οι ρητίνες που συνήθως χρησιμοποιούνται στις διεργασίες hand Lay-up είναι πολυεστερικές και εποξικές. Η διαδικασία αυτή φαίνεται και στο σχήμα 3.1.



Σχήμα 3.1: Διαδικασία στρωματοποίησης με το χέρι (Hand Lay-Up)

3.1.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΜΕ ΚΕΝΟ ΑΕΡΟΣ (Vacuum Bagging)

Χρησιμοποιώντας την προηγούμενη μέθοδο είναι εύκολο να κατασκευαστούν κομμάτια, σχετικά απλής γεωμετρίας, χωρίς οξείες γωνίες και απότομες αλλαγές καμπυλότητας. Για αυτές τις περιπτώσεις που δε μπορούν να επιτευχθούν με τη μέθοδο Hand Lay-Up, χρησιμοποιείται η μέθοδος κενού αέρος, Vacuum Bagging, όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.2.



Σχήμα 3.2: Μέθοδος κατασκευής με κενό αέρος (Vacuum Bagging)

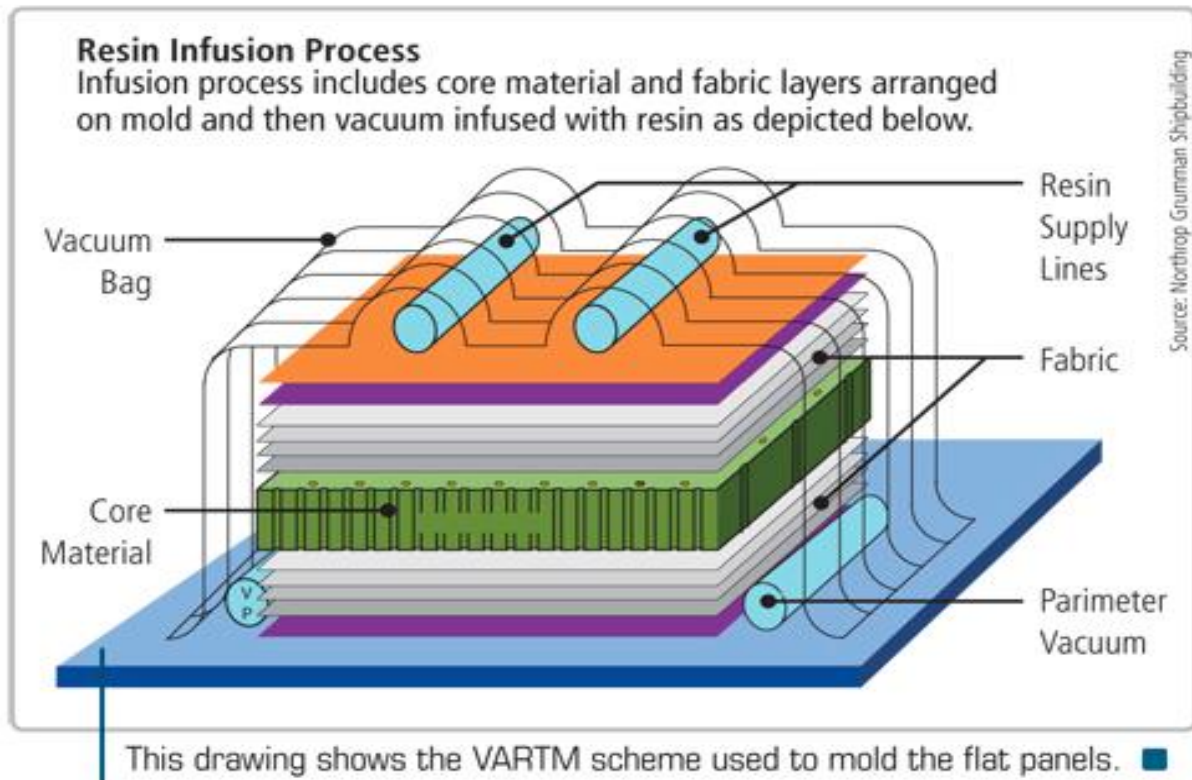
Με τη μέθοδο αυτή, εξασφαλίζουμε ότι αφού το ύφασμα εμποτιστεί με ρητίνη, μπορεί να αποκτήσει σχήματα περίπλοκης γεωμετρίας. Στη μέθοδο αυτή το ύφασμα τοποθετείται στο καλούπι, εμποτίζεται με ρητίνη και στρωματοποιείται, όμως στη μέθοδο Hand Lay-Up. Στη συνέχεια μπαίνει επάνω τους, ένα ειδικό ύφασμα που δε κολλάει στη ρητίνη (peel ply), ένα ύφασμα απορρόφησης της περισσευούμενης ρητίνης (breather cloth) και μία ειδική σακούλα κενού αέρος, με την οποία κλείνουμε το καλούπι. Στη σακούλα αυτή, προσαρμόζεται ένας σωλήνας που συνδέει το σύστημα με μία αντλία κενού αέρος. Όταν η αντλία ξεκινήσει τη λειτουργία της, ο αέρας που υπάρχει μέσα στη σακούλα, της στρώσεις ρητίνης και υφάσματος, οδηγείται έξω απ' το σύστημα. Η σακούλα πιέζει τις στρώσεις υφάσματος με αποτέλεσμα το τελικό προϊόν να είναι πολύ καλύτερης ποιότητας, από ένα αντίστοιχο φτιαγμένο με τη μέθοδο Hand Lay-Up, καθώς υπάρχουν πολύ λιγότερες ατέλειες οι οποίες οφείλονται στις φυσαλίδες αέρα.

3.1.3 Δημιουργία κενού αέρος με υποβοηθούμενη έγχυση ρητίνης (Vacuum assisted resin infusion)

Η μέθοδος V.A.R.I. (Vacuum Assisted Resin Infusion), αποτελεί μια εξέλιξη της τεχνικής του Vacuum Bagging ώστε να επιταχυνθεί η κατασκευή κομματιών, παρακάμπτοντας τη διαδικασία της επίστρωσης και του εμποτισμού με το χέρι.

Στη μέθοδο αυτή όπως φαίνεται στο σχήμα 3.3, τα στρώματα υαλού-

φάσματος τοποθετούνται μέσα στο καλούπι χωρίς να γίνεται εμποτισμός σε ρητίνη. Στη συνέχεια τοποθετείται η ειδική σακούλα του Vacuum Bagging όπως και τα υπόλοιπα ειδικά υφάσματα και επάνω στη σακούλα προσαρμύζονται δυο σωλήνες. Ο ένας πηγαίνει στην αντλία κενού και ο δεύτερος έρχεται από δοχείο ρητίνης.



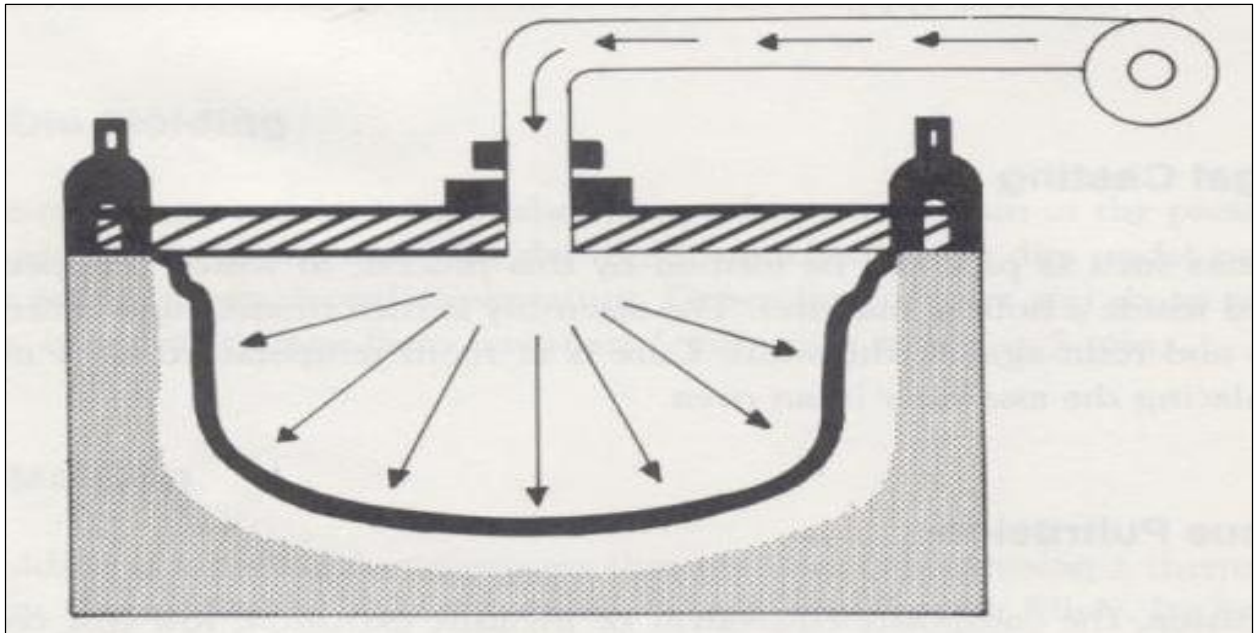
Σχήμα 3.3: Διαδικασία στρωματοποίησης κενού αέρος με υποβοηθούμενη έγχυση ρητίνης (Vacuum Assisted Resin Infusion)

Με την εκκίνηση της αντλίας κενού, η ρητίνη αρχίζει να κυκλοφορεί μέσα στις στρώσεις γυαλιού και τις εμποτίζει μέχρι να φτάσει στο σωλήνα της αντλίας κενού, οπότε και ολοκληρώνεται η διαδικασία. Έτσι αποφεύγεται η χρονοβόρα διαδικασία του Hand Layup. Το πρόβλημα της μεθόδου είναι ότι για να εφαρμοστεί απαιτούνται ρητίνες ειδικού ιξώδους ώστε να μπορεί να γίνει σωστή κυκλοφορία υγρού μέσα από τις ίνες.

3.1.4 Pressure – Bag molding

Η μέθοδος Pressure-Bag molding που παρουσιάζεται στο σχήμα 3.4, περιλαμβάνει την τοποθέτηση μίας κατάλληλα διαμορφωμένης σακούλας, συνήθως λαστιχένιας πάνω από τις στρώσεις και χρησιμοποιώντας πίεση αέρα ή ατμού εξαφανίζονται τα κενά, ο παγιδευμένος αέρας και η περίσσεια ρητίνης. Η μέθοδος αυτή, η οποία είναι εφαρμόσιμη σε καλούπια με περίπλοκες γεωμετρίες, συνίσταται στο τύλιγμα στρώσεων υφάσματος prepreg γύρω από κομμάτια από λάστιχο πάνω σε μια μεταλλική κοιλότητα. Κατά την αύξηση της θερμοκρασίας, τα κομμάτια από λάστιχο διαστέλλονται περισσότερο από το μεταλλικό καλούπι. Αυτό συνιστά πίεση πολυμερισμού, χωρίς έτσι να χρειάζεται εξωτερική εφαρμογή πίεσης, π.χ autoclave. Πιέσεις πάνω από 207MPa μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές pressure-bag

molding για επίτευξη καλύτερων αντοχών από εφαρμογές vacuum-bag molding. Υψηλότερες πιέσεις μπορούν να εφαρμοστούν μέσω της χρήσης hydroclave ή heated air-circulating autoclave.

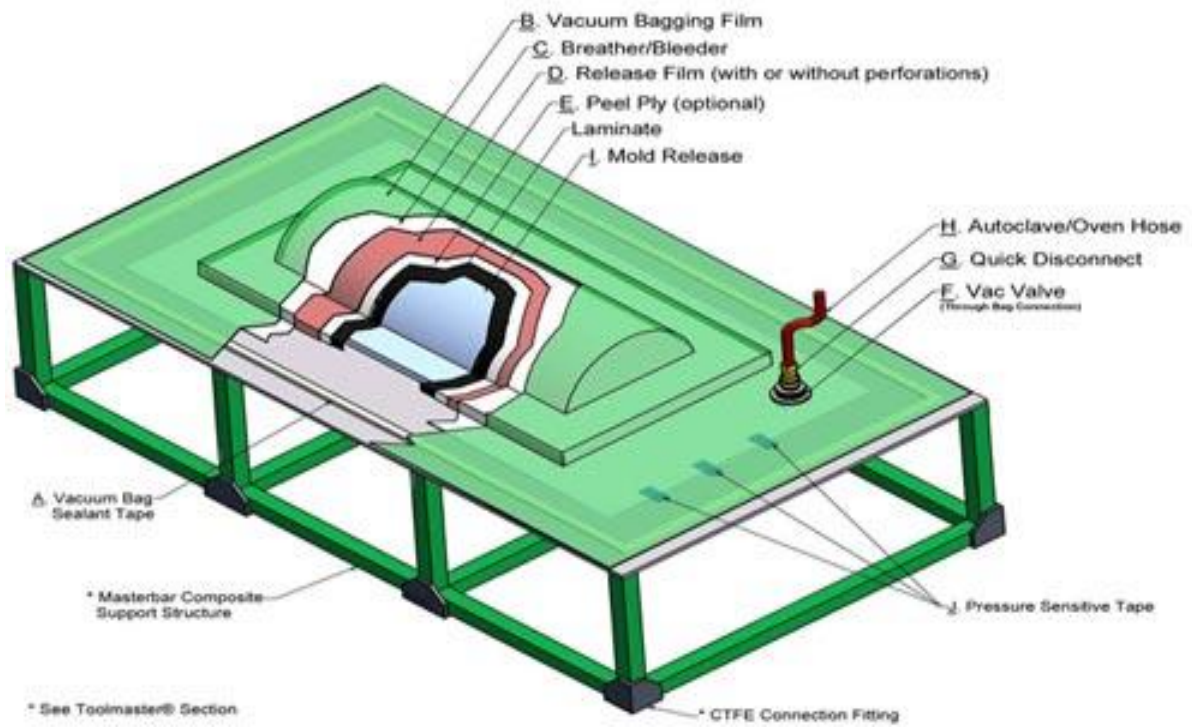


Σχήμα 3.4: Μέθοδος, Pressure-bag molding

3.1.5 Μέθοδος αυτόκλειστου φούρνου (AUTOCLAVE)

Μία άλλη μέθοδος παραγωγής και μορφοποίησης συνθέτων υλικών είναι η μέθοδος του autoclave (αυτόκλειστου φούρνου), η οποία πρόκειται για μία αρκετά δαπανηρή εφαρμογή. Η χρήση αυτή της τεχνικής δεν προσφέρει υψηλό ρυθμό παραγωγής, αλλά έτσι κι αλλιώς οι χρήσεις της είναι τέτοιες που δεν απαιτούν αυξημένες ποσότητες. Λόγω της υψηλής αξιοπιστίας και της ποιότητας της κατασκευής που προσφέρει, προτιμάται σε μεγάλο βαθμό στην αεροδιαστημική βιομηχανία. Η τεχνική συνίσταται στη διαμόρφωση του συνθέτου σε ένα «θηλυκό» καλούπι (το οποίο υπόκειται σε ειδική προετοιμασία), εντός ενός θαλάμου αυτόκλειστου με την άσκηση πίεσης, κενού και θερμοκρασίας, βάσει μιας χαρακτηριστικής για το υλικό καμπύλης μορφοποίησης.

Στο σχήμα 3.5, παρουσιάζεται ο αυτόκλειστος φούρνος (autoclave). Το κύριο τμήμα του, είναι ο θάλαμός του, μέσα στον οποίο τοποθετείται το υλικό. Ο θάλαμος είναι φτιαγμένος έτσι ώστε να αντέχει υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις. Εάν ο αυτόκλειστος είναι μικρός, τότε θερμαίνεται ηλεκτρικά με αντιστάσεις. Σε αντίθετη περίπτωση υπάρχουν ειδικές πηγές θέρμανσης του αέρα που κυκλοφορεί μέσα σε αυτόν. Για να είναι ομοιόμορφη η θέρμανση του συνθέτου πρέπει και ο αέρας εντός του θαλάμου να κυκλοφορεί ομοιόμορφα. Για το σκοπό αυτό υπάρχει εγκατεστημένο ένα σύστημα κυκλοφορίας του αέρα. Η πίεση μέσα στο θάλαμο δημιουργείται είτε μέσω ενός αεροσυμπιεστή ενσωματωμένου στη μονάδα του αυτόκλειστου, είτε παρέχεται από έναν εξωτερικό αεροσυμπιεστή. Το κενό επιτυγχάνεται μέσω μιας εξωτερικής αντλίας κενού.



Σχήμα 3.5: Διαδικασία κατασκευής πολυστρωματικών υλικών με τη μέθοδο του αυτόκλειστου φούρνου (Autoclave)

4. ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ, ΕΡΓΑΛΕΙΑ, ΧΩΡΟΣ

4.1 ΥΓΕΙΝΗ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ

Τα υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται για αυτήν την διαδικασία εγκυμονούν κινδύνους για την υγεία και την ασφάλεια μας. Οι προμηθευτές είναι υποχρεωμένοι να ειδοποιήσουν για τους κινδύνους και για το τι πρέπει να κάνει κανείς για να προστατευτεί από αυτούς. Για τον λόγο αυτό θα πρέπει να υπάρχει η συμβουλή των ειδικών για την καλύτερη πληροφόρηση μας. Ένα γενικό περίγραμμα είναι ότι συναντήσαμε τρεις διαφορετικούς τύπους υλικών, όπου το καθένα ενείχε διαφορετικά επίπεδα και τύπους επικινδυνότητας. Πρόκειται για τα στεγνά υφάσματα, τα υγρά χημικά και τα στερεά τελικών προϊόντων, τα οποία διαιρούνται σε δυο κατηγορίες: Αυτά που δημιουργούν πρόβλημα με την εισπνοή και αυτά που δημιουργούν πρόβλημα όταν έρχονται σε επαφή με τα μάτια. Οι παραπάνω κίνδυνοι μπορούν να αποφεύγονται με το να εκτελούνται όλες οι εργασίες με επαρκή και λογικά κατευθυνόμενο αερισμό και να προμηθευόμαστε τον κατάλληλο προστατευτικό ρουχισμό, ο οποίος περιλαμβάνει φόρμες, μπότες, προστατευτικά γυαλιά και μάσκες. Αυτά τα αντικείμενα προμηθεύονται από τους προμηθευτές υλικών καθώς επίσης και από ειδικά καταστήματα. Κάποια συγκεκριμένα σημεία, τα οποία αναφέρονται στους κινδύνους υγείας και σχετικά με την προστασία θα αναφερθούν στα επιμέρους σημεία.

4.2 ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΚΑΙ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Παρακάτω έχει γίνει μία συγκέντρωση των αντικειμένων τα οποία είναι απαραίτητα για την εκτέλεση των απαραίτητων εργασιών, από την προετοιμασία και κατασκευή του καλουπιού, μέχρι το τελικό προϊόν:

- Πινέλα: ½in, 1in και 2in
 - Δοχεία ή κύπελλα μιας χρήσης
 - Ποικιλία ραβδιών
 - Ζυγαριά για ακριβή μέτρηση των ρητινών
 - Σύριγγα ή έστω μικρό δοχείο, για την ακριβή μέτρηση του καταλύτη
 - Λίμες για το τέλειωμα των τριμμένων άκρων των σκληρυμένων ελασμάτων
- των
- Πριόνι ,σιδηροπρίονο για την κοπή των σκληρυντικών ελασμάτων
 - Χαρτοταινία
 - Γυαλόχαρτα, χαρτοπετσέτες
 - Θερμάστρα χωρίς φλόγα, κατά προτίμηση χωρίς εκτεθειμένα ηλεκτρικά
- είδη
- Γενικά εργαλεία, κατσαβίδια, κλειδιά και μια ταινία μέτρησης
 - Θερμόμετρο (για την μέτρηση θερμοκρασίας στον χώρο που εκτελούνται οι εργασίες) αδρομερή ως λεπτά, καθώς επίσης υγρές και ξηρές ποικιλίες
 - Ηλεκτρικό τρυπάνι
 - Παλιές εφημερίδες, κουρέλια

Φτηνές πλαστικοποιημένες βούρτσες προμηθεύονται από τα ειδικά καταστήματα ρητινών. Αποφεύγονται οι ακριβές, διότι χρειάζεται να απορρίπτονται μετά από μερικές χρήσεις. Επίσης δεν προτιμούνται βούρτσες με χρωματιστές λαβές, διότι τα

διαλυτικά καθαρισμού που χρησιμοποιούνται, διαλύουν το χρώμα. Οι προμηθευτές πωλούν κατάλληλα ρολά (για την σταθεροποίηση ελασμάτων) τα οποία υπάρχουν σε ποικίλα πλάτη και διαμέτρους. Οι σύριγγες ή τα μικρά δοχεία χρησιμοποιούνται για την μέτρηση των όγκων του καταλύτη, αν και υπάρχει ως εναλλακτική λύση το αεροζόλ καταλύτη. Εάν χρειάζεται θέρμανση, οι θερμάστρες χωρίς φλόγα, είναι απαραίτητες. Οι ρητίνες και τα διαλυτικά είναι αρκετά εύφλεκτα και για τον λόγο αυτό, χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή. Επιπλέον αφού γίνεται και χρήση της ίνας άνθρακα, η οποία είναι ηλεκτρικά αγώγιμη σε ξηρή μορφή και η οποία ίπταται στον αέρα, είναι καλή ιδέα η χρήση μιας θερμάστρας χωρίς φλόγα. Μία επίσης αρκετά χρήσιμη πηγή θερμότητας είναι και τα καλοριφέρ που λειτουργούν με λαδί.

4.3 ΧΩΡΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κατάλληλος χώρος εργασίας είναι εκείνος με την ιδανικά ελεγχόμενη θερμοκρασία, στους 15°C και 25°C (σημαντικό για την αποθήκευση ενισχυτικών υφασμάτων).

Στην πραγματικότητα, μπορεί να είναι και ο χώρος του γκαράζ, του εργαστηρίου ακόμα και σε κάποιο υπόστεγο. Σημασία έχει να είναι ένα περιβάλλον χρήσιμο για την εκτέλεση των εργασιών και για την αποθήκευση των υλικών με έντονο το δροσερό στοιχείο. Το μέγεθος του χώρου που χρειάζεται, εξαρτάται από το μέγεθος της εργασίας που εκτελείται. Όμως, πρέπει υπάρχει οπωσδήποτε ένας αρκετά καλός χώρος για τη χρήση ενός πάγκου, ως επιφάνεια εργασίας. Ο πάγκος είναι απαραίτητος και μάλιστα πρέπει να είναι αρκετά πλατύς για να μπορέσει να χωρέσει ολόκληρο το μήκος του ενισχυμένου υφάσματος.

Είναι προτιμότερο να υπάρχουν ξεχωριστοί χώροι για την κοπή υφασμάτων, για τον χειρισμό των υγρών χημικών (μέτρηση βάρους και μίξης) και την πλαστικοποίηση.

Η οργάνωση λοιπόν είναι απαραίτητη. Πρόκειται για ένα βασικό κανόνα, ο οποίος ενισχύει την λειτουργικότητα του χώρου και των εργαλείων που υπάρχουν στην διάθεση μας. Εντούτοις, σε περίπτωση περιορισμού του χώρου η πλαστικοποίηση και η κοπή υφάσματος, γίνεται στον ίδιο πάγκο. Για τον λόγο αυτό οι παλιές εφημερίδες που αναφέρθηκαν μεταξύ των υλικών είναι χρήσιμες όπως επίσης και τα απλά καθαριστικά.

Αν ο χώρος είναι περιορισμένος, υπάρχει τρόπος να διατηρείται μια περιοχική μίξης και μέτρησης της ρητίνης μακριά από τους άλλους χώρους εργασίας. Ακόμα και ένα ράφι σε μια γωνιά φανερώνει την χρησιμότητα του. Με αυτόν τον τρόπο, αποφεύγονται οι ανεπιθύμητες μίξεις μεταξύ των υλικών. Για την ακρίβεια, χρειάζονται περισσότερα από ένα ράφι, για την αποθήκευση των εργαλείων, των υφασμάτων, τα καλουπιών, των ρητινών και ούτω καθ' εξής, καθώς και ένα χώρο για την τοποθέτηση των καλουπιών τα οποία έχουν σκληρυνθεί για να υπάρχει ελεύθερος χώρος για την επομένη εργασία.

Ο χώρος εργασίας πρέπει να εξαερίζεται συχνά για να μην υπάρχουν αναπνευστικά προβλήματα λόγω των υλικών που χρησιμοποιούνται.

Εάν ο καιρός το επιτρέπει μπορούν να γίνονται οι εργασίες σε εξωτερικό χώρο, αλλά πρέπει να αποφεύγεται η απευθείας επαφή με την ακτινοβολία όταν γίνεται η πλαστικοποίηση, επειδή αυτό μπορεί να επιταχύνει τους χρόνους της «πηκτής ουσίας». Όταν όμως πλαστικοποιηθεί ένα μέρος, στην συνέχεια το ηλιακό φως επιταχύνει σημαντικά τον χρόνο σκλήρυνσης του.

5. Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΟΝΗΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΜΟΤΟΣΥΚΛΕΤΩΝ

5.1 ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΜΟΤΟΣΥΚΛΕΤΩΝ

Το 1885, στον επαρχιακό δρόμο μεταξύ Κάνστατ και Ουντερτουκάιμ, ένα παράξενο μηχανικό ποδήλατο γέμισε καπνό τη γερμανική ύπαιθρο. Το ξύλινο κατασκευάσμα με τις τέσσερις ρόδες - δύο εξ' αυτών βοηθητικές, σαν των ποδηλάτων - κίνησε την περιέργεια των χωρικών με τον εκκωφαντικό του θόρυβο. Η πρώτη βενζινοκίνητη μοτοσυκλέτα είχε γεννηθεί. Αναβάτης της ο Πολ Ντάιμλερ, γιος του εφευρέτη της Γκότλιμπ Ντάιμλερ. Αν και το ταξίδι ήταν μόλις 9,5 χιλιόμετρα, για την εποχή του αποτελούσε τεχνολογικό επίτευγμα.

Φυσικά ο Ντάιμλερ δεν ήταν ο πρώτος που προσπάθησε να κατασκευάσει μια μηχανή με δύο τροχούς. Το 1869 οι Γάλλοι κατασκευαστές ποδηλάτων Πιερ και Ερνέστ Μισό καθώς και ο μηχανικός Λουί Γκιγιόμ Περό είχαν προσαρμόσει μια ατμομηχανή πάνω σ' ένα ξύλινο ποδήλατο. Το ίδιο έκαναν το 1884 οι Άγγλοι αδερφοί Κόπλαντ, οι οποίοι συναρμολόγησαν ένα ατμοκίνητο ποδήλατο και το οποίο βάφτισαν Πένι Φάρδινγκ, δηλαδή μικρής αξίας.

Σήμερα οι βιομηχανίες μοτοσυκλετών κάνουν εκατομμύρια πωλήσεις κάθε χρόνο. Σ' όλο τον κόσμο κυκλοφορούν περισσότερες από εκατό εκατομμύρια μοτοσυκλέτες.

Στις μέρες μας, σε όλη αυτή την τεράστια παραγωγή κάθε χρόνο, υπάρχουν μοτοσυκλέτες που χρησιμοποιούν ως βασικό υλικό κατασκευής των εξαρτημάτων τους το ανθρακόνημα.

Πιο συγκεκριμένα, εξαρτήματα τα οποία διατίθενται στην αγορά κατασκευασμένα από ανθρακόνημα, εκτός από τα μέρη ενός κοστουμιού, είναι τα δισκόφρενα, το πλαίσιο, οι εξατμίσεις ή ακόμα το ψαλίδι και οι τροχοί. Επιπλέον ανθρακόνημα μπορεί να βρεθεί σε αξεσουάρ που αφορούν την προστασία του αναβάτη, όπως είναι το κράνος και ο ρουχισμός.

5.1.1 Δισκόφρενα

«Ό,τι επιταχύνεται πρέπει και να μπορεί να σταματά». Μεγάλη κουβέντα και βασικός κανόνας της επιβίωσης στους δρόμους. Το ζητούμενο όμως δεν είναι απλά η πέδηση. Όταν ο κινητήρας αποδεικνύεται «φιλικός», το ίδιο φιλικό πρέπει να είναι στη λειτουργία του το σύστημα πέδησης.

Πατάμε τη μανέτα και η μοτοσυκλέτα επιβραδύνει. Μια διαδικασία απλή, που κινητοποιεί απλά εξαρτήματα, το έργο όμως που επιτελείται είναι ό,τι πιο σημαντικό πάνω σε ένα όχημα. Στα φρένα ισχύει ακριβώς το αντίθετο. Όσο μεγαλύτερος, σε διάμετρο, είναι ο δίσκος, τόσο το καλύτερο, όσον αφορά, τουλάχιστον την αποτελεσματικότητα του φρεναρίσματος. Βέβαια, όλα έχουν κάποιο όριο. Ένας μεγάλος δίσκος (ή δύο) είναι βαρύς και αυξάνει το μη φερόμενο βάρος της ανάρτησης αλλά και το γυροσκοπικό φαινόμενο.

Πάνω σε αυτό το πρόβλημα «τετραγωνισμού του κύκλου», βασίστηκε όλη η έρευνα των τελευταίων χρόνων όσον αφορά τους δίσκους των μοτοσυκλετών. Και πρώτα απ' όλα, έπρεπε να δοθεί απάντηση στο ερώτημα: Ποιο είναι το πιο κατάλληλο υλικό για τα δισκόφρενα της μοτοσυκλέτας;

Σχεδόν 30 χρόνια πριν, όταν τα δισκόφρενα πρωτοεμφανίστηκαν στον μπροστινό τροχό της μοτοσυκλέτας, δύο ήταν οι «σχολές» όσον αφορά το υλικό για τις δισ-

κόπλακες. Πρώτη, η ιαπωνική, που επέλεξε το ανοξειδωτο ασάλι προς χάρη της εμφάνισης και της αντοχής στο χρόνο. Κι ύστερα, η ευρωπαϊκή που, παρά τα προβλήματα οξειδωσης του μαντεμιού, «αφοσιώθηκε» σε αυτό το υλικό, εκτιμώντας τον υψηλό συντελεστή τριβής και την εξαιρετική απόκρισή του στο βρεγμένο. Από τότε μέχρι σήμερα κανένα από τα δύο υλικά δεν εξελίχθηκε περισσότερο από το άλλο, σε βαθμό που να το «εξαλείψει» τελείως από την αγορά: η χρήση του μαντεμιού έχει περιοριστεί αισθητά αλλά εξακολουθεί να έχει τους πιστούς της, κυρίως (αλλά όχι μόνο...) ανάμεσα σε όσους θεωρούν το κόστος παραγωγής ως ένα σημαντικό κριτήριο προτίμησης.

Σε επίπεδο παραγωγής ο μαντεμένιος δίσκος απαιτεί χαμηλότερου επιπέδου υποδομή: ο κάθε δίσκος χύνεται σε καλούπι, με πάχος αρκετά μεγαλύτερο από το τελικό και τορνάρεται κι από τις δυο πλευρές, έτσι ώστε η τελική «εκτεθειμένη» επιφάνεια να ανήκει στον «πυρήνα» του χυτού. Το τελικό πάχος αυτών των δίσκων δεν μπορεί να είναι μικρότερο από 5 χιλ. Εξαιρέση αποτελούν οι «αγωνιστικοί» δίσκοι που είναι ελαφρά λεπτότεροι αλλά και από διαφορετικό (και ακριβότερο) χυτοσίδηρο κράμα.

Οι ασάλινοι δίσκοι παράγονται από επίπεδο φύλλο ειδικού κράματος, με τη χρήση πρέσας κοπής. Το πάχος τους είναι 4 χιλ. και, σε ειδικές περιπτώσεις, μόλις 3. Η τελική σκληρότητα της επιφάνειάς τους επιτυγχάνεται με θερμική επεξεργασία της επιφάνειάς τους σε επαγωγικό φούρνο. Με όλα αυτά, το κόστος τους ανεβαίνει στα ύψη, αλλά το κέρδος σε βάρος (χάρη στο μικρό τους πάχος) είναι σημαντικό. Παρόλο που ο ασάλινος δίσκος από μόνος του έχει χαμηλότερο συντελεστή τριβής από το μαντεμένιο, εν τούτοις η συνεργασία του με τα τελευταίας γενιάς υλικά τριβής, έχει φέρει το συντελεστή τριβής του ζεύγους δίσκου - τακακίου στα ίδια επίπεδα με το μαντέμι (περίπου στο 0,5).

Στις πρώτες εφαρμογές δισκοφρένων στον μπροστινό τροχό των μοτοσυκλετών, όλα πήγαιναν καλά. Στην πορεία όμως, και καθώς οι επιδόσεις των μοτοσυκλετών ανέβαιναν, οι δίσκοι άρχισαν να παρουσιάζουν τα πρώτα τους σημαντικά προβλήματα. Οι υψηλές θερμοκρασίες στις οποίες έφταναν οι δίσκοι στις αγωνιστικές εφαρμογές ανάγκαζαν τους δίσκους να δείχνουν τα πρώτα σημάδια υπερθέρμανσης. Οι ασάλινοι «πετσικάριζαν» ενώ στους μαντεμένιους άρχισαν να εμφανίζονται ρωγμές. Και τα δυσμενή φαινόμενα ήταν πιο έντονα όσο μεγάλωνε η διάμετρος των δίσκων. Η οποία βελτίωση της απόδοσης στο φρενάρισμα συνοδευόταν από μια αύξηση σε προβλήματα αξιοπιστίας, όπως αυτά που προαναφέραμε.

Η λύση δόθηκε στις αγωνιστικές μοτοσυκλέτες καταρχήν με τη μορφή του «πλευστού» δίσκου. Ενός δίσκου χωρίς «κέντρο» ο οποίος συνδέεται με ένα χωριστό «κέντρο» μέσω ενός αριθμού πριτσινιών τα οποία επιτρέπουν στο δίσκο να «παίζει» (ελάχιστα) δεξιά - αριστερά. Τα πλεονεκτήματα αυτής της λύσης οδήγησαν και σε απλουστεύσεις, καθώς εμφανίστηκαν δίσκοι, ίδιοι με τους «πλευστούς» οι οποίοι συνδέονται μέσω πριτσινιών με το κέντρο, χωρίς όμως να έχουν «πλευρικό παίξιμο». Και οι δύο λύσεις πέρασαν στις μοτοσυκλέτες παραγωγής, δεδομένου ότι έδωσαν άλλες, νέες, δυνατότητες στη συνέχιση της εξέλιξης. Η υιοθέτηση των «πλευστών» δίσκων επέτρεψε την αύξηση των διαμέτρων τους αλλά και την ελαχιστοποίηση του κινδύνου θερμικού «πετσικαρίσματος» ακόμα και κάτω από συνθήκες έντονης καταπόνησης. Η διαδικασία «πετσικαρίσματος» ενός «μασίφ» δίσκου σταθερά προσαρμοσμένου στο κέντρο του, είναι απλή. Ο δίσκος υπερθερμαίνεται, όταν «ζοριστεί» και η θερμότητά του διαχέεται προς το αλουμινένιο κέντρο που είναι ψυχρότερο. Το αποτέλεσμα είναι η εξωτερική περιφέρεια του δίσκου να έχει σημαντικά υψηλότερη θερμοκρασία από την εσωτερική - άρα και διαφορετικές θερμικές διαστολές, που εξα-

ναγκάζουν την εξωτερική περιφέρεια να παραμορφωθεί σαν «βεντάλια», συμπαρασύροντας και το υλικό του υπόλοιπου δίσκου.

Η «διαίρεση» του πλευστού δίσκου λειτουργεί ως θερμικό φράγμα ανάμεσα στον «ενεργό» δίσκο και το κέντρο του τροχού. Με τον τρόπο αυτό, ολόκληρη η θερμότητα του δίσκου «παραμένει» στο δίσκο (προτού αυτός ψυχθεί από τον αέρα) κρατώντας ομοιογενείς (περίπου) θερμοκρασίες σε όλη τη μάζα του. Κάπως έτσι ο κίνδυνος παραμόρφωσης εξαιτίας διαφορετικών τοπικών θερμοκρασιών και διαστολών ελαχιστοποιείται.

Το τρύπημα των δίσκων ή η δημιουργία εγκοπών στην επιφάνειά τους είναι μια «έξυπνη» λύση που προσφέρει αρκετά πλεονεκτήματα και ένα μόνο μειονέκτημα: Το μειονέκτημα είναι η ταχύτερη φθορά των τακακιών καθώς η επιφάνειά τους «ξυρίζεται» συνεχώς από τις τρύπες. Χάρη όμως στις τρύπες, η έναρξη της πέδησης είναι πιο άμεση (χάρη στο καλύτερο αρχικό «πιάσιμο των υλικών τριβής»), ιδιαίτερα στο βρεγμένο: εκεί, οι τρύπες δίνουν δίοδο διαφυγής στο νερό, μειώνοντας το αρχικό πλανάρισμα των τακακιών. Φυσικά οι τρύπες μειώνουν και το βάρος των δίσκων αλλά και τη ροπή αδρανείας τους. Στο ερώτημα αν το τρύπημα των δίσκων μειώνει την ενεργό επιφάνεια πέδησης, (αφού τώρα τα τακάκια πιέζουν «λιγότερο» μέταλλο), η απάντηση είναι «όχι», όσο οι τρύπες είναι μικρού μεγέθους. Το τρύπημα όμως θέλει προσοχή. Ενώ οι ατσάλινοι δίσκοι μπορούν να τρυπηθούν ακόμα και σε μια κρουστική πρέσα, οι μαντεμένιοι χρειάζονται τρυπάνι και προσεκτικό φρεζάρισμα των χειλιών στις τρύπες, διαφορετικά, οι συγκεντρωμένες τάσεις θα «ξεσπάσουν» σε ρωγμή, με καταστροφικά αποτελέσματα. Στους μαντεμένιους δίσκους χρειάζεται προσοχή ακόμα και στη διάταξη των οπών για να μη γίνει «η ζημιά». Ας μην ξεχνάμε ότι το μαντέμι δεν είναι ένα ελαστικό υλικό όπως το ατσάλι και η ρωγμή δε θέλει και πολύ για να εμφανιστεί αν «ευνοηθεί» από τις συνθήκες.

Οι δίσκοι «άνθρακα» είναι μια τελείως ειδική περίπτωση που, προς το παρόν, βρίσκει εφαρμογή μόνο στις αγωνιστικές μοτοσυκλέτες. Και μάλιστα, καθίστανται περισσότερο απαραίτητοι, όσο ελαφρύτερη είναι η μοτοσυκλέτα. Το ειδικό βάρος του άνθρακα είναι μόλις 1,7 γραμμάρια για κάθε κυβικό εκατοστό. Του σιδήρου κάπου 8, ανάλογα με το κράμα. Εκ πρώτης όψεως, ο δίσκος άνθρακα θα έπρεπε να ζυγίζει λιγότερο από το ένα τέταρτο του μεταλλικού. Στην πράξη ζυγίζει πολύ λιγότερο από το μισό. Ο δίσκος ανθρακονήματος χρειάζεται 8 χιλιοστά ελάχιστου πάχους όταν ο μεταλλικός αρκείται στα 4. Σύμφωνα με τα στοιχεία κατασκευαστή, ένας δίσκος ανθρακονήματος με διάμετρο 290 χιλ. ζυγίζει 850 γραμμάρια λιγότερα από τον αντίστοιχο αγωνιστικό μαντεμένιο δίσκο των 320 χιλιοστών που αντικαθιστά. Λαμβάνοντας υπόψη ότι υπάρχουν δύο δίσκοι στο μπροστά λάστιχο, το κέρδος είναι διπλό. Δεν είναι μόνο το μεγάλο (πάνω από 1,5 κιλό!) βάρος που αφαιρείται από το μπροστινό σύστημα αλλά και η «γυροσκοπική ευελιξία» που προστίθεται καθώς το βάρος που φεύγει είναι περιστρεφόμενο (και μάλιστα, σε πολύ υψηλές ταχύτητες, δεδομένης της «αγωνιστικής» εφαρμογής).

Θα σημειώσατε πιο πριν ότι ο δίσκος άνθρακα 290 χιλ., αντικαθιστά μαντεμένιο δίσκο 320 χιλ. και ίσως παραξενευτήκατε. Η αλήθεια είναι ότι ο δίσκος άνθρακα διαθέτει 20% μεγαλύτερο συντελεστή τριβής ($\mu = 0,6$ έναντι 0,5) από το μαντεμένιο.

Ένα μειονέκτημα των ανθρακονημάτων δίσκων είναι ότι απαιτούν υψηλές θερμοκρασίες λειτουργίας για να αρχίσουν να αποδίδουν. Αν δεν ξεπεράσουν τους 200-250 °C, η απόδοσή τους είναι ασήμαντη και χρησιμεύει μόνο για τη θέρμανσή τους ώσπου να αρχίσουν, πλέον, να «πιάνουν». Η κατασκευή των δίσκων ανθρακονήματος ακολουθεί δύο μεθόδους, παρόμοιους με αυτή της παραγωγής ανθρακονημάτων.

Η πρώτη προβλέπει τη χημική εναπόθεση μορίων άνθρακα πάνω σε ήδη υπάρχον πλέγμα ανθρακονημάτων. Η διαδικασία αυτή είναι αργή και πρέπει να γίνεται σε θερμοκρασία 1.000 °C έτσι, ώστε να κρυσταλλωθεί στη μορφή γραφίτη όσο γίνεται περισσότερο μέρος του άνθρακα (εκεί βρίσκεται και η αντοχή του συγκεκριμένου υλικού). Σύμφωνα με τους κατασκευαστές ανθρακονημάτων δίσκων, στους 1.000 °C και μέσα σε ειδικό φούρνο, ο βαθμός «εναπόθεσης» υλικού είναι 100 ώρες, για κάθε εκατοστό του χιλιοστού! Άρα σίγουρα χρειάζονται αρκετές εβδομάδες για πάχος 8 ολόκληρων χιλιοστών!

Η δεύτερη μέθοδος βασίζεται στην απευθείας εξανθράκωση - γραφίτοποίηση ινώδους οργανικής ουσίας πλούσιας σε άνθρακα. Οι θερμοκρασίες εδώ είναι υψηλότερες και ο χρόνος που απαιτείται ακόμα μεγαλύτερος, κάποιοι μήνες μέσα στο φούρνο!

Όπως λοιπόν είναι φανερό όσο κι αν τα ποσά που απαιτούνται για έναν τέτοιου είδους δίσκου φαίνονται αστρονομικά, το κόστος τους είναι λογικότατο. Ιδιαίτερα αν η χρήση τους θα προσφέρει στο γυρολόγιο μιας αγωνιστικής μοτοσυκλέτας «κάποια δέκατα του δευτερολέπτου ανά γύρο». Τα ίδια «δέκατα» που κάτω από άλλες συνθήκες θα απαιτούσαν πολύμηνη εξελικτική δουλειά στον κινητήρα και το σκελετό από μια πολυάνθρωπη ομάδα. Τελικά, για τη χρήση τους, οι δίσκοι από ανθρακόνημα είναι σχετικά φτηνοί σε σχέση με αυτά που προσφέρουν.

Κάποιες παρατηρήσεις όσον αφορά τους δίσκους άνθρακα. Εξαιτίας των υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσουν, απαιτούν οπωσδήποτε «πλευστή» σύνδεση με τον τροχό, όπως αυτοί της εικόνας 5.1. Διαφορετικά, θα μπορούσαν να θερμάνουν τόσο πολύ το κέντρο του, ώστε ν' αρχίζουν να βράζουν τα γράσα στα ρουλεμάν. Για τον ίδιο λόγο, δηλαδή την υψηλή θερμοκρασία που αναπτύσσουν οι ανθρακονημάτινοι δίσκοι (περίπου πεντακόσιοι βαθμοί Κελσίου), χρειάζεται ειδική ψυκτική και θερμοπροστατευτική υποδομή στη δαγκάνα για να μην υπερθερμανθούν τα έμβολα και στη συνέχεια τα υγρά.



Εικόνα 5.1: Αγωνιστικοί ανθρακονημάτινοι δίσκοι «πλευστής» σύνδεσης με τον τροχό

5.1.2 Πλαίσιο

Σημαντικό ρόλο παίζει η καλή αεροδυναμική σχεδίαση σε μία μοτοσυκλέτα, αλλά σίγουρα αυτό που φέρει τη μεγαλύτερη ευθύνη είναι το πλαίσιο.

Για ένα πλαίσιο άκαμπτο, γίνεται η επιλογή χοντρών δοκών με αρκετή απόσταση μεταξύ τους. Η διατομή των δοκών και η απόσταση μεταξύ τους χαρακτηρίζουν την αντοχή του πλαισίου σε κάμψη.

Μπορεί οι δοκοί, λοιπόν, να έχουν χοντρό πάχος στο πλαίσιο, κάτι που αυτόματα μας δίνει την εντύπωση ότι θα έχουν και αρκετό βάρος αλλά στην περίπτωση ανθρακονημάτινου πλαισίου, κάτι τέτοιο δεν ισχύει. Το αποτέλεσμα που επιφέρει το ανθρακόνημα, είναι ένα δυνατό, σχεδόν άκαμπτο, «ζυγισμένο» και παράλληλα πολύ ελαφρύ πλαίσιο, όπως αυτό που παρουσιάζεται στην εικόνα 5.2.



Εικόνα 5.2: Ανθρακονημάτινο πλαίσιο μοτοσυκλέτας

5.1.3 Εξατμίσεις

Η εξατμική είναι ο τελικός αγωγός των καυσαερίων προς το περιβάλλον. Η βασική της αποστολή είναι η μείωση του θορύβου που δημιουργείται λόγω της εξαγωγής των αερίων με υψηλή πίεση. Αυτό το επιτυγχάνει αυξάνοντας τις απώλειες ροής που εμφανίζονται κατά την κίνηση των αερίων, αλλά αυτές οι απώλειες μειώνουν ταυτόχρονα και την απόδοση του κινητήρα. Έτσι, πρέπει να επιτευχθεί η χρυσή τομή. Η ιδανική εξατμική θα ήταν ένας απλός σωλήνας με πολύ μεγάλο μήκος, αλλά η τοποθέτησή του σε όχημα και μάλιστα μοτοσυκλέτα είναι απλώς αδύνατη. Έτσι, λοιπόν, το μήκος της εξατμικής αυξάνεται κατασκευάζοντας ένα λαβύρινθο εντός του τελικού. Αυτός ο λαβύρινθος έχει τη μορφή αγωγών και διαφραγμάτων που ανακλούν τα καυσαέρια, αλλάζοντας τους κατεύθυνση και μειώνοντας ταυτόχρονα την πίεση. Επειδή τα καυσαέρια κινούνται παλμικά, η σχεδίαση της εξατμικής πρέπει να είναι τέτοια, ώστε η ανάκλαση τους να μην αντιτίθεται σε αυτήν την κίνηση, αλλά να τη βοηθά.

Οι κατασκευαστές μοτοσυκλετών στην προσπάθειά τους να καλύψουν τις προδιαγραφές θορύβου και καυσαερίων γεμίζουν τα τελικά με κάθε είδους διαφράγματα. Αυτά τα διαφράγματα, αλλά και ολόκληρο το σύστημα της εξατμικής, για λόγους κόστους είναι συνήθως κατασκευασμένα από σχετικά φθηνά και βαριά υλικά, όπως ανοξείδωτο ατσάλι και αλουμίνιο. Συνήθως λοιπόν δεν βρίσκουμε ανθρακονη-

μάτινες εξατμίσεις μοτοσυκλετών απευθείας τοποθετημένες από τις κατασκευάστριες εταιρίες.

Ένας βασικός λόγος για να αλλάξει η εργοστασιακή εξαίμιση με μία κατασκευασμένη από ανθρακόνημα, είναι η αποφυγή του άμεσου αποτελέσματος των «φθινών» υλικών δηλαδή του «σαπίσματος». Κατά την εκκίνηση του κινητήρα δημιουργείται υγρασία στο εσωτερικό της εξαίμισης, η οποία παραμένει με τη μορφή νερού και τη σαπίζει. Ακόμη και αν η εξαίμιση είναι αλουμινένια, συνήθως είναι μόνο το περίβλημα και όχι τα διαφράγματα. Τα διαφράγματα σαπίζουν και σπάνε το αλουμινένιο περίβλημα.



Εικόνα 5.3: Εξαίμιση μοτοσυκλέτας κατασκευασμένη από ανθρακόνημα

Οι περισσότερες μοτοσυκλέτες λοιπόν στην αλλαγή της εξαίμισής τους με μία ανθρακονημάτινη, όπως αυτή της εικόνας 5.3, κερδίζουν μερικούς ίππους στις υψηλές στροφές, βελτιώνοντας παράλληλα την απόκριση στο γκάζι και την ευστροφία του κινητήρα, ενώ παράλληλα παρατηρείται και μείωση στην κατανάλωση. Τέλος, ένας πολύ βασικός λόγος είναι η εμφάνιση που προσφέρουν, καθώς φυσικά και η βελτίωση του ήχου.

5.1.4 Ψαλίδι και τροχοί



Εικόνα 5.4: «Ψαλίδι» αγωνιστικής μοτοσυκλέτας κατασκευασμένο από ανθρακόνημα

Οι περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται ψαλίδια από ανθρακόνημα, δεν είναι τόσο συχνές αλλά έστω και σε αρκετά περιορισμένη παραγωγή είναι πανάκριβο, ανθεκτικό σε πιέσεις και στρεβλώσεις και απίστευτα ελαφρύ. Η μοτοσυκλέτα αντιδρά αβίαστα, σχεδόν ως διά μαγείας, σε οποιαδήποτε αλλαγή κατεύθυνσης. Στην εικόνα 5.4 παρουσιάζεται ένα τέτοιο «ψαλίδι», εφαρμοσμένο σε μία αγωνιστική μοτοσυκλέτα.

Με τον ίδιο βαθμό σπανιότητας, συναντάμε τους τροχούς φτιαγμένους από ανθρακόνημα, όπως φαίνεται στην εικόνα 5.5, και αυτό συνήθως σε μοτοσυκλέτες αγωνιστικές που προορίζονται κυρίως για πίστες και αυτό διότι το ανθρακόνημα όπως έχουμε ήδη αναφέρει είναι ένα εξαιρετικά δύσκολο υλικό στην επεξεργασία του.



Εικόνα 5.5: Τροχοί μοτοσυκλέτας κατασκευασμένοι από ανθρακόνημα

Αν επεξεργαστεί λάθος ή αν δεν «ψηθεί» σωστά τότε στο παραμικρό «παράπτημα», το κομμάτι το οποίο είναι φτιαγμένο από ανθρακόνημα θα κοπεί και σε δευτερόλεπτα θα διαμελιστεί σε πολλά μικρά κομματάκια. Η διαφορά του ανθρακονήματος από τα άλλα υλικά είναι ότι τα άλλα υλικά μπορούν να στραβώσουν, να χάσουν την σωστή γεωμετρία τους ή να σκουριάσουν αλλά ακόμα και έτσι, ο αναβάτης θα μπορέσει να συνεχίσει να οδηγεί την μοτοσυκλέτα ή έστω να μην πέσει από αυτή και να χτυπήσει. Το ανθρακόνημα όμως, εάν είναι λάθος κατασκευασμένο θα διαλυθεί κατευθείαν. Από την άλλη όμως, εάν είναι σωστά κατασκευασμένο, χαρίζει σταθερότητα, ευλυγισία και ζυγίζει κατά πολύ λιγότερο από τα άλλα «συμβατικά» υλικά. Ενδεικτικά να αναφέρουμε, ότι ένας τροχός μοτοσυκλέτας από ανθρακόνημα στοιχίζει περίπου 3.000 Ευρώ.

5.1.5 Κράνη και ρουχισμός προστασίας

Το «ζύγισμα» και η αεροδυναμική σχεδίαση ενός κράνους είναι το απόλυτο κριτήριο για το πόσο ξεκούραστο θα είναι. Η συμμετοχή του ανθρακονήματος στην κατασκευή ενός κράνους προσφέρει αντοχή, χαμηλό βάρος και σταθερότητα στις υψηλές ταχύτητες, αφού υπάρχει η δυνατότητα κατασκευής του με βάση τον αεροδυναμικό σχεδιασμό. Έπειτα από έρευνα που κάναμε, ανακαλύψαμε κάποια σειρά φωτογραφιών στις οποίες εμφανιζόταν ένα ανθρακονημάτινο κράνος έπειτα από πτώση του αναβάτη. Οι φωτογραφίες ήταν συγκλονιστικές [6], καθώς το εξωτερικό κέλυφος είχε τρεις μεγάλες ρωγμές που ξεκινούν από το σημείο της πρόσκρουσης, όπως η Εικόνα 5.6. Παρατηρώντας όμως καλύτερα πιο προσεκτικά το κράνος διαπιστώσαμε ότι το εσωτερικό κέλυφος, αυτό που ουσιαστικά προσφέρει την προστασία, ήταν α-

νέγγιχτο. Πρόκειται για ένα σπάσιμο που σε αυτό το σημείο είναι σωτήριο, καθώς απορροφά τις δυνάμεις της κρούσης και δεν μεταφέρονται στο κρανίο του οδηγού.

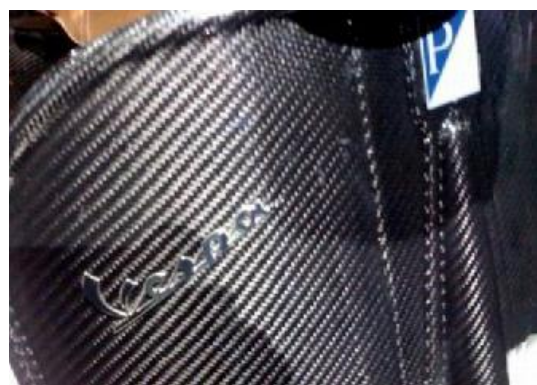


Εικόνα 5.6: Κράνος κατασκευασμένο από ανθρακόνημα ύστερα από πτώση

Την ίδια ακριβώς προστασία μπορούμε να πούμε ότι προσφέρει το ανθρακόνημα εφαρμοσμένο από τις κατασκευάστριες εταιρίες σε μέρη του ρουχισμού του αναβάτη αφού μπορεί να αποτρέψει την βλάβη σε γόνατα, πλάτη, ώμους και γενικότερα σε όλα τα ευαίσθητα σημεία που εκτίθενται σε περίπτωση πτώσεως.

5.2 ΜΟΤΟΣΥΚΛΕΤΕΣ ΕΞΟΛΟΚΛΗΡΟΥ ΑΠΟ ΑΝΘΡΑΚΟΝΗΜΑ

Η εξέλιξη γενικότερα αλλά και κυρίως όσον αφορά την βιομηχανία των μοτοσυκλετών περιλαμβάνει ένα πλήθος ιδεών σύγχρονων, πρωτότυπων και μεταξύ αυ-



Εικόνα 5.7: Ανακατασκευή αντίκας με κύριο χαρακτηριστικό το ανθρακόνημα

τών, αρκετών που αγγίζουν τα όρια της υπερβολής [7,8,9]. Το ανθρακόνημα ως υλικό όπως αναφέρθηκε έχει ήδη και σίγουρα θα συνεχίσει να έχει, κυρίαρχη θέση στον χώρο των μοτοσυκλετών, χωρίς να υπάρχουν περιορισμοί στην χρήση του και χωρίς να λείπουν οι υπερβολές. Αν και η τοποθέτηση ενός αρκετά εξεζητημένου και ταυτόχρονα πανάκριβου υλικού, όπως είναι το ανθρακόνημα σε μία κλασσικού τύπου

Vespa, δεν έχει νόημα μιας και παρέχει μόνο αισθητική αλλαγή, παρόλα αυτά στην Ιταλία έκανε την εμφάνισή της. Πιο συγκριμένα στο Μιλάνο στα πλαίσια της διοργάνωσης την εβδομάδας σχεδίου, μία αναπαλαιωμένη Vespa Gs 150 της δεκαετίας του 50' κατασκευάστηκε εξολοκλήρου από ανθρακόνημα, κλέβοντας έτσι τις εντυπώσεις αφού κατάφερε να συνδέσει τον παρελθόν με το μέλλον, εικόνα 5.7.

Το μοντέλο Ducati 999s γνωστής βελτιωτικής εταιρίας, εικόνα 5.8, ανακατασκευάστηκε και αυτό από ανθρακόνημα εκτοξεύοντας την αξία του στα 160.000 δολάρια, τοποθετώντας το στην λίστα των πιο ακριβών μηχανών στον κόσμο.

Το ίδιο όμως συνέβη και με το μοντέλο Hayabusa της εταιρίας Suzuki που εν-



Εικόνα 5.8: Μοτοσυκλέτα Ducati 999s κατασκευασμένη εξολοκλήρου από ανθρακόνημα

τυπώσασε με την εξολοκλήρου εμφάνισή της από ανθρακόνημα σε έκθεση μοτοσυκλέτας, εικόνα 5.9.



Εικόνα 5.9: Μοτοσυκλέτα Suzuki Hayabusa κατασκευασμένη εξολοκλήρου από ανθρακόνημα

Στις 31 Οκτωβρίου 2005, στην Νέα Ορλεάνη η εταιρία Motor Company είχε έτοιμα προς παράδοση τα πρώτα είκοσι μοντέλα της μοτοσυκλέτας 2006, B91 Wraith.

Πρόκειται για μία ακόμα συγχώνευση από την συγκεκριμένη εταιρία, του σχεδιασμού της παλιάς εποχής με σύγχρονα όμως υλικά και αυτήν την φορά με ανθρακόνημα. Ανήκει στην οικογένεια των πρωτότυπων αλλά και εκκεντρικών αμερικάνικων χειροποίητων μοτοσικλετών με σύγχρονη τεχνολογία και η αξία της ήταν 55.000 δολάρια, εικόνα 5.10.



Εικόνα 5.10: Μοτοσυκλέτα B91 Wraith κατασκευασμένη εξολοκλήρου από ανθρακόνημα

6. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

6.1 ΚΟΜΜΑΤΙΑ ΠΡΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ (ΚΑΛΥΜΜΑ ΝΤΕΠΟΖΙΤΟΥ ΚΑΙ ΜΑΣΚΑ ΜΟΤΟΣΥΚΛΕΤΑΣ)

Τα εξαρτήματα στα οποία βασίστηκαν οι δύο κατασκευές που φτιάξαμε από το ανθρακόνημα, προέρχονται από μία μικρή μεγέθους mini moto αγωνιστικού τύπου μοτοσυκλέτας (Polini Carrera S), όπως αυτή που φαίνεται στην εικόνα 6.1.



Εικόνα 6.1: Mini moto (Polini Carrera S)

Η επιλογή των κομματιών των οποίων η κατασκευή τους έγινε από ανθρακόνημα, έγινε βάσει της χρησιμότητάς τους πάνω στην μοτοσυκλέτα και τον βαθμό επιρροής τους, όσον αφορά την αεροδυναμική.

Η μάσκα στην μοτοσυκλέτα προσφέρει προστασία στον αναβάτη από τον αέρα καθώς επίσης ο σχεδιασμός της μειώνει αρκετά τον αεροδυναμικό συντελεστή.

Όσον αφορά το κάλυμμα του ντεπόζιτου που επιλέξαμε να κατασκευάσουμε, πέρα από την επίτευξη ενός καλαίσθητου αποτελέσματος που προσφέρει, έχει ως κύρια χρησιμότητα το «κλείδωμα» του αναβάτη πάνω στην μοτοσυκλέτα, γεγονός που ορίζει την θέση οδήγησης αυτής.

Επιπλέον, βασικό ρόλο στην επιλογή μας και στην κατάληξη μας έπαιξε η απλότητα της γεωμετρίας και το μέγεθος αυτών των δύο κομματιών, διότι λόγω των μέσων που είχαμε στην διάθεση μας, η μοναδική μέθοδος που μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε ήταν η «*hand lay-up*».

6.2 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΑ ΚΑΛΟΥΠΙΑ

Ο σχεδιασμός του καλουπιού πρέπει οπωσδήποτε να αντικατοπτρίζει τον σκοπό που χρησιμεύει όσον αφορά το μέγεθος, το σχήμα και τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του εξαρτήματος το οποίο φτιάχνεται από αυτό καθώς και τον αριθμό των χρήσεων στις οποίες θα υποβληθεί.

Η επιφάνεια του καλουπιού πρέπει να είναι λεία, να διευκολύνει την ελευθέρωση του καλουπιού και να περιορίζει την εργασία που θα απαιτηθεί για να επιτευχθεί ένα κατάλληλο φινίρισμα επιφάνειας στο τελικό προϊόν.

Το καλούπι πρέπει λογικά να επιτρέπει την πλαστικοποίηση, την ελευθέρωση και την αφαίρεση του εξαρτήματος μετά την σκλήρυνση και αυτό ενδέχεται να απαιτεί την κατασκευή σε περισσότερα από ένα κομμάτια. Σε γενικές γραμμές, θα πρέπει να είναι πιο δυνατό και άκαμπτο από το ίδιο το εξάρτημα, το οποίο θα πλαστικοποιηθεί όταν θα σκληρυνθεί.

Επιπλέον εάν είναι μεγάλο, σε λογικά πλαίσια, είναι πιθανόν να χρειαστεί ενίσχυση από μια εξωτερική κατασκευή, η οποία θα είναι δεμένη στο εξωτερικό του και θα χρησιμεύει ως στήριγμα όπου θα τοποθετηθεί το καλούπι ενώ θα δουλεύεται.

Αν και στην δική μας περίπτωση δεν χρειάστηκε η στήριξη, μιας και τα κομμάτια μας είναι μικρά σχετικά σε μέγεθος, ας δούμε λοιπόν τους δύο τρόπους κατασκευής των καλουπιών που χρησιμοποιήσαμε για την κατασκευή των κομματιών μας από ανθρακόνημα.

6.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΥΠΟΥ ΚΑΛΟΥΠΙΩΝ

Πολλές διεργασίες διατίθενται για την επίτευξη του επιθυμητού συνδυασμού σχεδιαστικού αποτελέσματος και οικονομίας σε σύνθετα υλικά. Κάθε διεργασία έχει τη δική της χρησιμότητα για το συνδυασμό διαφόρων ειδών και ποσοτήτων ανθρακονημάτων, υαλονημάτων, αραμιδίου και ρητινών. Οι βασικές διεργασίες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε διεργασίες ανοιχτών και κλειστών καλουπιών (Open / Closed - mould processes) [1].

- Διεργασίες ανοιχτών καλουπιών (Open - mould processes)

Τα ανοιχτά καλούπια είναι καλούπια μίας κοιλότητας, αρσενικά ή θηλυκά, και χρησιμοποιούνται σε διεργασίες που απαιτείται ελάχιστη ή καθόλου εξωτερική πίεση. Η χαρακτηριστική αρχή που διέπει τα καλούπια που παράγονται με αυτό το τρόπο είναι ότι μόνο η μία μεριά υπόκειται την επεξεργασία καθώς και ότι μπορούν να παραχθούν πολύπλοκες γεωμετρίες και μεγάλα κομμάτια.

- Διεργασίες κλειστών καλουπιών (Closed - mould processes)

Τα κλειστά καλούπια αποτελούνται από δύο κομμάτια (αρσενικό και θηλυκό) και είναι συνήθως μεταλλικά. Η αρχή που χαρακτηρίζει τα τελικά προϊόντα είναι η ελεγχόμενη διαμόρφωση των επιφανειών, η επεξεργασία και των δύο μεριών του καλουπιού καθώς και η εξαιρετική αναπαραγωγή λεπτομερειών από κομμάτι σε κομμάτι.

Μετά από διερεύνηση των μεθόδων κατασκευής καλουπιών, επιλέχθηκε στην κατασκευή μας η μέθοδος ανοικτού καλουπιού, η οποία και θα περιγράφεται παρακάτω.

6.4 ΥΛΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΚΑΛΟΥΠΙΟΥ ΤΗΣ ΜΑΣΚΑΣ ΑΠΟ FIBERGLASS

Για την δημιουργία του καλουπιού που χρειάστηκε για την κατασκευή της μάσκας της μοτοσυκλέτας από ανθρακόνημα χρησιμοποιήσαμε:

- **Fiberglass (ίνες γυαλιού)**

Πρόκειται για ίνες γυαλιού που βασικό χαρακτηριστικό τους είναι ότι οι ιδιότητές τους, μοιάζουν με αυτές ενός απλού κομματιού γυαλιού. Η διαφορά βέβαια είναι ότι έχει ως θετικό στοιχείο το γεγονός ότι δεν σπάει όπως ένα απλό κομμάτι γυαλί,

μιας και δημιουργώντας πολύ λεπτές ίνες, παίρνουμε ένα υλικό με ευκαμψία κλωστής, και επειδή η διάμετρος των ινών είναι μικρότερη από αυτή που μπορεί να επηρεάσει μια ρωγμή, τα ψεγάδια που ίσως υπάρχουν στην επιφάνεια δεν είναι πλέον καταστροφικά. Σημαντικό ρόλο βέβαια παίζει και η ρητίνη, που μεταξύ άλλων προστατεύει την επιφάνεια των υαλονημάτων.

- **Εποξική Ρητίνη, με τον αντίστοιχο σκληρυντή**

Λίγες ρητίνες εκπληρώνουν το ρόλο του ιδανικού στοιχείου συγκόλλησης, ως επιστρώσεις υψηλής απόδοσης, τόσο καλά όσο οι εποξικές ρητίνες. Η κύρια ιδιότητα της εποξικής ρητίνης σε συνδυασμό με τον σκληρυντή της είναι η ικανότητά της να μεταμορφώνεται αμέσως από ρευστή ουσία σε τραχιά, ελαστική και στερεή επίστρωση.

- **Πηλός γλυπτικής**

Στην κατασκευή μας, η χρήση του πηλού είναι απαραίτητη μιας και βοηθάει στο κλείσιμο των οπών και των κενών, με σκοπό την αποφυγή της εισχώρησης ανεπιθύμητων υλικών. Το υλικό αυτό είναι αρκετά εύπλαστο και μπορεί να του δοθεί οποιοδήποτε σχήμα είναι αναγκαίο. Θετικό του χαρακτηριστικό είναι ότι έχει την ιδιότητα μετά από κάποιο χρονικό διάστημα σε συνθήκες δωματίου, να σκληραίνει και παράλληλα να απομακρύνεται από το κομμάτι με ένα απλό σπάσιμο του.

- **Αντικολλητικό Κερί**

Το αντικολλητικό κερί, είναι ένα προϊόν που χρησιμοποιείται για την αποφυγή της προσκόλλησης του πρωτότυπου κομματιού πάνω στο καλούπι.

- **Υγρό αποδέσμευσης καλουπιού PVA release agent**

Πρόκειται για ένα υγρό που χρησιμοποιείται ως αντικολλητικό δημιουργώντας ένα λεπτό φιλμ προστασίας. Το PVA έχει το πλεονέκτημα ότι διαλύεται στο νερό και ξεπλένεται εύκολα χωρίς να φθείρει την επιφάνεια του καλουπιού. Χαρακτηριστικό του υγρού αυτού αποτελεί το μπλε του χρώμα, το οποίο μας βοηθάει να καταλάβουμε ποια σημεία έχουν καλυφθεί με αυτό και ανάλογα με το πόσο σκούρο είναι, μπορούμε να ελέγξουμε το πάχος του.

- **Ζυγαριά Ακριβείας**

Η χρήση της ζυγαριάς είναι σημαντική, διότι οι αναμίξεις και οι δοσολογίες πρέπει να έχουν μεγάλο βαθμό ακριβείας, για την αποφυγή σφαλμάτων και ανεπιθύμητων αποτελεσμάτων.

- **Πινέλα (1 ίντσα)**

Χρησιμοποιούνται πινέλα υψηλής ποιότητας για την επικάλυψη της εποξικής ρητίνης στο fiberglass.

- **Λαβίδα**

Η λαβίδα χρησιμοποιείται για να αποδεσμεύσουμε το καλούπι που κατασκευάσαμε από το αρχικό πλαστικό κομμάτι.

- **Πιστολάκι**

Πρόκειται για έναν τρόπο μείωσης των φυσαλίδων και των κενών αέρος που βρίσκονται στην ρητίνη κατά την διάρκεια της χρήσης της, πριν τον πολυμερισμό της.

- **Χειρουργικά γάντια και μάσκες**

Για την απαραίτητη προστασία μας, έγινε χρήση γαντιών και μασκών για την αποφυγή της επαφής και εισπνοής των χημικών που χρησιμοποιούνται για την διαδικασία αυτή.

6.4.1 Βήματα Κατασκευής

Η διαδικασία στρώσης του fiberglass ελεγχόταν στενά ως προς τις αναλογίες υαλονήματος και ρητίνης καθώς και τη θερμοκρασία που βρισκόταν η ρητίνη κατά τον πολυμερισμό της. Αυτές οι λεπτομέρειες αποτελούσαν σημαντικό μέρος για την εξασφάλιση της μέγιστης αντοχής και ανθεκτικότητας.

Αφού προετοιμαστήκαμε για την έναρξη της κατασκευής, φορώντας τα χειρουργικά γάντια και τις ειδικές μάσκες, καθάρισαμε αρκετά καλά την επιφάνεια της πρωτότυπης μάσκας φτιαγμένη από πλαστικό καθώς και την επιφάνεια εργασίας μας, με οινόπνευμα και με την βοήθεια ενός αντιστατικού πανιού για την αποφυγή μίξης των υλικών με μικροσωματίδια.

Στην συνέχεια καλύψαμε τις οπές και τα κενά της μάσκας με πηλό, για την αποφυγή εισχώρησης της ρητίνης σε ανεπιθύμητα σημεία. Ο πηλός επιπλέον χρησίμευε στην σταθεροποίηση του κομματιού πάνω στην επιφάνεια εργασίας, μιας και η σταθερότητα ήταν βασικός παράγοντας.

Χρησιμοποιώντας ένα πανί, απλώσαμε το αντικολλητικό κερί στο κομμάτι μας και περιμετρικά απ' αυτό, στον πάγκο εργασίας. Η διαδικασία αυτή επαναλήφθηκε 2 φορές σε διάστημα 5 λεπτών μεταξύ τους. Παράλληλα για μεγαλύτερη ασφάλεια έγινε η χρήση υγρού PVA, το οποίο απλώσαμε με ένα πανί στην επιφάνεια της μάσκας καθώς και περιμετρικά αυτής, αφήνοντάς το για 20 λεπτά να στεγνώσει.

Σε ένα κύπελο αναμείξαμε την εποξική ρητίνη με τον σκληρυντή σε αναλογία 2:1. Συγκεκριμένα εμείς χρησιμοποιήσαμε συνολικά 166 gr ρητίνης και 83 gr σκληρυντή. Η ανάδευση διήρκεσε αρκετά λεπτά, μέχρι να ελαχιστοποιηθούν οι φυσαλίδες αέρα στο μίγμα και να γίνει πολύ καλά η μίξη των δύο υλικών. Έπειτα με το πινέλο περάσαμε την πρώτη στρώση ρητίνης - σκληρυντή, προσέχοντας να καλυφθεί ολόκληρη η επιφάνεια της μάσκας. Μ' έναν πιστολάκι μαλλιών (στεγνωτήρα) ρίξαμε αέρα σ' όλη την επικαλυμμένη με ρητίνη επιφάνεια, προσπαθώντας με αυτόν τον τρόπο να μειώσουμε όσο το δυνατόν περισσότερο τις φυσαλίδες αέρος. Η ρητίνη αφέθηκε για 4 ώρες πάνω στο κομμάτι ωστόσο να στεγνώσει, αλλά όχι πλήρως (ακουμπώντας την με το δάχτυλο, θα πρέπει να κολλάει το γάντι πάνω σε αυτήν, χωρίς όμως να αφήνει αποτύπωμα).

Στην συνέχεια αφού κόψαμε το ύφασμα του υαλονήματος σε μέγεθος λίγο μεγαλύτερο από το κομμάτι μας, περάσαμε την πρώτη στρώση. Πιέσαμε αρκετά καλά ώστε να εφαρμόσει σε ολόκληρη την επιφάνεια και να αποδώσει σε ικανοποιητικό βαθμό τις λεπτομέρειες του κομματιού.

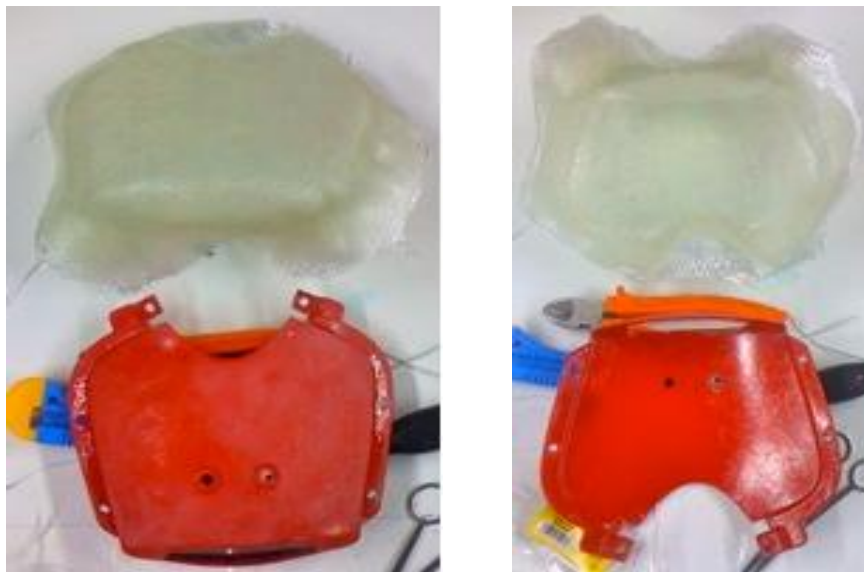
Μετά από λίγο περάσαμε την δεύτερη στρώση ρητίνης - σκληρυντή και αυτήν την φορά εφαρμόσαμε μεγαλύτερη πίεση στις γωνίες. Το ίδιο ακριβώς κάναμε και με την δεύτερη στρώση fiberglass, ασκώντας και πάλι πίεση για να "πατήσει" όσο το δυνατόν καλύτερα. Με σκοπό να φτάσει το επιθυμητό πάχος η διαδικασία αυτή επαναλήφθηκε για μια ακόμη φορά.

Αφού πέρασε λίγη ώρα ασκήσαμε μια τελική πίεση με τα δάχτυλά μας, για απόκτηση μεγαλύτερης σιγουριάς σχετικά με το αποτέλεσμα και αφέθηκαν όλες οι στρώσεις της ρητίνης και του fiberglass για 12 ώρες σε θερμοκρασία δωματίου με σκοπό να επιτευχθεί ο πολυμερισμός της ρητίνης.

Μετά το πέρας του χρονικού αυτού διαστήματος και αφού πλέον το καλούπι είχε στερεοποιηθεί, με μία μικρή λαβίδα αφαιρέσαμε προσεκτικά, ώστε να μην αλλοιωθεί η επιφάνειά του, το καλούπι.

Τελειώνοντας, κόψαμε το περισσευούμενο ύφασμα υαλονήματος περιμετρικά του καλουπιού που κατασκευάσαμε και μ' ένα γυαλόχαρτο λειάναμε τις άκρες του. Στη συνέχεια καθαρίσαμε την εσωτερική επιφάνεια του καλουπιού της μάσκας από τυχόν υπολείμματα του κεριού και PVA, χρησιμοποιώντας νερό και ένα πανί.

Το καλούπι μας λοιπόν για τη μάσκα της μοτοσυκλέτας και που παρουσιάζεται στην εικόνα 6.2, ήταν πλέον έτοιμο για χρήση ώστε να χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία αντίστοιχης ανθρακονημάτινης.



Εικόνα 6.2: Καλούπι μάσκας φτιαγμένο από Fiberglass

6.5 ΥΛΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΗΣ ΜΑΣΚΑΣ ΜΟΤΟΣΥΚΛΕΤΑΣ ΑΠΟ ΑΝΘΡΑΚΟΝΗΜΑ

Για την δημιουργία της μάσκας της μοτοσυκλέτας από ανθρακόνημα χρησιμοποιήσαμε:

- **Ύφασμα ινών άνθρακα**

Πρόκειται για ένα ύφασμα, του οποίου οι ίνες, αποτελούνται από γραφίτη. Τα κύρια χαρακτηριστικά των ινών άνθρακα είναι η αντοχή τους σε υψηλές θερμοκρασίες, καθώς και το χαμηλό τους βάρος.

- **Εποξική ρητίνη, με τον αντίστοιχο σκληρυντή**

Η εποξική ρητίνη σε συνδυασμό με τον σκληρυντή της, έχει την δυνατότητα μεταμόρφωσης από μία ρευστή ουσία σε τραχιά, ελαστική και στερεή που μπορεί να λειτουργήσει ως επίστρωση.

- **Αντικολλητικό Κερί**

Για την αποφυγή της προσκόλλησης του πρωτότυπου κομματιού πάνω στο καλούπι, γίνεται η χρήση αντικολλητικού κεριού.

- **Υγρό αποδέσμευσης καλουπιού PVA (release agent)**

Το PVA είναι ένα αντικολλητικό υγρό που δημιουργεί, με σκοπό την προστασία, ένα λεπτό φιλμ. Θετικό του χαρακτηριστικό, είναι το γεγονός ότι ξεπλένεται πολύ εύκολα αφού διαλύεται στο νερό.

- **Βερνίκι**

Το βερνίκι βελτιώνει την εμφάνιση του τελικού προϊόντος μετά το τέλος της κατασκευής, δίνοντας λάμψη και “βάθος” στην επιφάνεια του.

- **Ζυγαριά Ακριβείας**

Επειδή, βασικό στοιχείο στην κατασκευή αποτελεί η τήρηση των δοσολογιών κυρίως στις αναμίξεις των υλικών, χρησιμοποιείται ζυγαριά ακριβείας για αποτέλεσμα σωστών μετρήσεων.

- **Πινέλα (1 ίντσα)**

Η χρήση των πινέλων υψηλής ποιότητας γίνεται για την επικάλυψη της εποξικής ρητίνης στα φύλλα του άνθρακα και στο καλούπι.

- **Λαβίδα**

Γίνεται χρήση της λαβίδας για απομάκρυνση του τελικού κομματιού από το καλούπι.

- **Πιστολάκι**

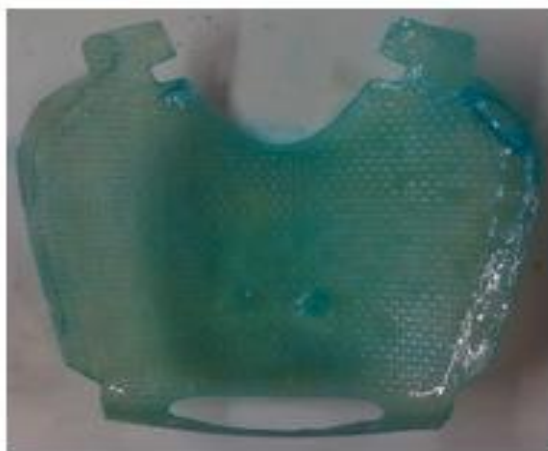
Πρόκειται για έναν τρόπο μείωσης των φυσαλίδων και των κενών αέρος που βρίσκονται στην ρητίνη κατά την διάρκεια της χρήσης της, πριν τον πολυμερισμό της.

- **Χειρουργικά γάντια και μάσκες**

Η προστασία μας απαιτεί την χρήση γαντιών και μασκών, διότι τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την διαδικασία αυτή περιέχουν χημικές ουσίες, επικίνδυνες για τον οργανισμό.

6.5.1 Βήματα κατασκευής

Φορώντας τα χειρουργικά γάντια και τις ειδικές μάσκες, καθαρίσαμε με οινόπνευμα αρκετά καλά την επιφάνεια του καλουπιού καθώς και την επιφάνεια εργασίας μας.



Εικόνα 6.3: Το καλούπι από Fiberglass περασμένο με κερί και PVA release agent

Με την βοήθεια ενός πανιού, απλώσαμε το αντικολλητικό κερί στο καλούπι μας και αυτό επαναλήφθηκε 2 φορές σε διάστημα 5 λεπτών μεταξύ τους. Λόγω της ανάγκης για μεγαλύτερης ασφάλειας έγινε η χρήση υγρού PVA, το οποίο απλώσαμε με ένα πανί στο εσωτερικό της επιφάνειας του καλουπιού, αφήνοντάς το για 20 λεπτά να στεγνώσει, παίρνοντας την μορφή που φαίνεται στην εικόνα 6.3.

Στην συνέχεια αναμίξαμε σε ένα κύπελλο την εποξική ρητίνη με το σκληρυντή σε αναλογία 2:1. Συγκεκριμένα εμείς χρησιμοποιήσαμε αρχικά 33 gr ρητίνης και 16,5 gr σκληρυντή. Αναδεύσαμε για μερικά λεπτά μέχρι να ελαχιστοποιηθούν όσο το δυνατόν περισσότερο οι φυσαλίδες αέρος στο μίγμα. Έπειτα με το πινέλο περάσαμε την πρώτη στρώση ρητίνης - σκληρυντή, προσέχοντας να καλυφθεί ολόκληρη η επιφάνεια του καλουπιού χωρίς να υπάρχουν κενά σε κάποια σημεία. Προσπαθώντας να μειωθούν περισσότερο οι φυσαλίδες αέρος, χρησιμοποιήσαμε ένα πιστολάκι μαλλιών (στεγνωτήρα), με το οποίο ρίξαμε αέρα σ' όλη την επικαλυμμένη επιφάνεια του καλουπιού με ρητίνη. Ο χρόνος που χρειάστηκε να αφεθεί η ρητίνη πάνω στο καλούπι ωστόσο να στεγνώσει αλλά όχι πλήρως (ακουμπώντας την με το δάχτυλο, θα πρέπει να κολλάει το γάντι πάνω σε αυτήν, χωρίς όμως να αφήνει αποτύπωμα) ήταν 4 ώρες.

Πρέπει να τονιστεί πως σημαντική ήταν η επιλογή του αριθμού των στρώσεων του ανθρακονήματος, για να έρθει αυτό στο επιθυμητό πάχος. Επιλέξαμε λοιπόν να χρησιμοποιήσουμε 3 στρώσεις με διαφορά 90 μοιρών η μία από την άλλη, με σκοπό την αύξηση των μηχανικών ιδιοτήτων. Αφού κόψαμε το ύφασμα του ανθρακονήματος σε μέγεθος λίγο μεγαλύτερο από το κομμάτι μας, περάσαμε την πρώτη στρώση. Εφαρμόσαμε το ύφασμα πάνω στο καλούπι και πιέσαμε αρκετά καλά, ώστε να αποδώσει σε ικανοποιητικό βαθμό όλες τις λεπτομέρειές του.

Στην συνέχεια αφού αναμίξαμε 132gr ρητίνης και 66gr σκληρυντή έγινε το πέραςμα της δεύτερης στρώσης ρητίνης - σκληρυντή και εφαρμόζοντας ακόμη μεγαλύτερη πίεση στις γωνίες τοποθετήθηκε η δεύτερη στρώση ανθρακονήματος. Η άσκηση της πίεσης παίζει σημαντικό ρόλο καθώς πρέπει να «πατήσει» όσο το δυνατόν καλύτερα το ανθρακονηματικό ύφασμα πάνω στο καλούπι. Η επανάληψη αυτής της διαδικασίας έγινε για ακόμη μία φορά

Αφού περάστηκε και το τελευταίο στρώμα ρητίνης, αφήθηκαν όλες οι στρώσεις ρητίνης - ανθρακονήματος για 12 ώρες σε θερμοκρασία δωματίου με σκοπό να επιτευχθεί ο πολυμερισμός της, όπως φαίνεται στην εικόνα 6.4.



Εικόνα 6.4: Κατά τη διάρκεια του πολυμερισμού της ρητίνης

Μετά το πέρας του χρονικού αυτού διαστήματος και αφού πλέον η ρητίνη είχε στεγνώσει και ενσωματωθεί με το ανθρακόνημα, με μία μικρή λαβίδα αφαιρέσαμε

προσεκτικά την ανθρακονημάτινη μάσκα από το καλούπι. Τελειώνοντας, κόψαμε το περισσευούμενο ύφασμα ανθρακονήματος πάνω από το κομμάτι και μ' ένα γυαλόχαρτο, λειάναμε τις άκρες του και καθαρίσαμε την επιφάνειά του από τυχόν υπολείμματα του κεριού και PVA, χρησιμοποιώντας νερό και ένα πανί.

Τέλος δώσαμε μία ακόμη πιο λεία και γυαλιστερή εμφάνιση, τονίζοντας με αυτόν τον τρόπο το ιδιαίτερο χρώμα του ανθρακονήματος, με ένα ειδικό βερνύκι.

Πλέον η μάσκα της μοτοσυκλέτας ήταν φτιαγμένη από ανθρακόνημα, δίνοντάς της έτσι, όλες τις θετικές ιδιότητες του συγκεκριμένου υλικού. Πρόκειται για την μάσκα που παρουσιάζεται στην εικόνα 6.5



Εικόνα 6.5: Ανθρακονημάτινη μάσκα γυαλισμένη και περασμένη με βερνίκι

6.6 ΥΛΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΚΑΛΟΥΠΙΟΥ ΤΟΥ ΚΑΛΥΜΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΝΤΕΠΟΖΙΤΟΥ (ΜΙΓΜΑ ΚΑΛΟΥΠΙΟΥ ΡΥΤΤΥ)



Εικόνα 6.6: Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή, πάνω στον πάγκο εργασίας μας

Για την δημιουργία του καλουπιού που χρειάστηκε για την κατασκευή του ντεπόζιτου από ανθρακόνημα χρησιμοποιήσαμε τα παρακάτω υλικά, όπως φαίνονται στην εικόνα 6.6:

- **Epoxy mould putty, με τον αντίστοιχο σκληρυντή**

Πρόκειται για ένα υλικό που αντικαθιστά την χρήση ινών υάλου, πολυεστερικής ρητίνης καθώς και του καταλύτη της που συνήθως χρησιμοποιούνται για την κατασκευή καλουπιών από fiber glass. Ο λόγος για τον οποίο καταφεύγουμε σε αυτήν την επιλογή είναι διότι η πολυεστερική ρητίνη και ο καταλύτης της σε συνδυασμό, δίνουν ένα δυσάρεστο αποτέλεσμα ως προς την οσμή κατά την διάρκεια της εργασίας και επιπλέον υπάρχουν δυσκολίες στην μεταφορά τους. Ειδικά για την κατασκευή μικρότερων κομματιών το συγκεκριμένο υλικό είναι αρκετά γρήγορο, ιδιαίτερα αποτελεσματικό και σίγουρα προσφέρει έναν καθαρό τρόπο κατασκευής, χωρίς την ανάγκη ιδιαίτερης εμπειρίας στον τομέα κατασκευής καλουπιών από fiberglass. Ένα βασικό του πλεονέκτημα έναντι του υλικού fiberglass, αποτελεί η μορφή του που εξαιτίας της αποφεύγονται τα κενά αέρος και η δημιουργία φυσαλίδων οι οποίες καταστρέφουν το καλούπι.

- **Epoxy Tooling Gel Coat, με τον αντίστοιχο σκληρυντή**

Αποτελεί ένα είδος εποξικής ρητίνης, το οποίο μπορεί να προσδώσει με μεγάλη ακρίβεια και λεπτομέρεια το επιθυμητό σχήμα στο καλούπι μας με οδηγό το πρωτότυπο κομμάτι. Αποτέλεσμα του θα είναι μία λεία αλλά και σκληρή επιφάνεια, το οποίο είναι αναγκαίο για την μετέπειτα κατασκευή του ανθρακονημάτινου κομματιού.

- **Ειδικό κερί απελευθέρωσης καλουπιού**

Το κερί απελευθέρωσης καλουπιού, είναι ένα προϊόν που χρησιμοποιείται για την αποφυγή της προσκόλλησης του πρωτότυπου κομματιού πάνω στο καλούπι.

- **Υγρό αποδέσμευσης καλουπιού PVA (release agent)**

Πρόκειται για ένα υγρό που χρησιμοποιείται ως αντικολλητικό δημιουργώντας ένα λεπτό φιλμ προστασίας. Το PVA έχει το πλεονέκτημα ότι διαλύεται στο νερό και ξεπλένεται εύκολα χωρίς να φθείρει την επιφάνεια του καλουπιού. Χαρακτηριστικό του υγρού αυτού αποτελεί το μπλε του χρώμα, το οποίο μας βοηθάει να καταλάβουμε ποια σημεία έχουν καλυφθεί με αυτό και ανάλογα με το πόσο σκούρο είναι, μπορούμε να ελέγξουμε το πάχος του.

- **Πηλός γλυπτικής**

Η χρήση του πηλού αυτού στην κατασκευή μας γίνεται για το κλείσιμο των οπών και των κενών με σκοπό την αποφυγή της εισχώρησης των ανεπιθύμητων υλικών. Πρόκειται για ένα εύπλαστο υλικό στο οποίο μπορεί να δοθεί οποιοδήποτε σχήμα είναι αναγκαίο και έχει την ιδιότητα μετά από κάποιο χρονικό διάστημα σε συνθήκες δωματίου, να σκληραίνει και παράλληλα να απομακρύνεται από το κομμάτι με ένα απλό σπάσιμο του.

- **Πινέλα (1 ίντσα)**

Χρησιμοποιούνται πινέλα υψηλής ποιότητας για την επικάλυψη του υλικού Epoxy tooling gel coat στην επιφάνεια του πρωτότυπου κομματιού.

- **Λαβίδα**

Η λαβίδα χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση του πλαστικού κομματιού από το καλούπι που κατασκευάζουμε.

- **Χειρουργικά γάντια και μάσκες**

Λόγω της προστασίας που χρειαζόμασταν, έγινε χρήση γαντιών και масκών για την αποφυγή της επαφής και εισπνοής των χημικών που χρησιμοποιούνται για την διαδικασία αυτή.

6.6.1 Βήματα Κατασκευής

Τα βήματα που ακολουθήθηκαν για την κατασκευή του καλουπιού του καλύμματος του ντεπόζιτου, είχαν αρκετή ακρίβεια και συνοχή, ώστε να επιτευχθούν όσο το δυνατότερο καλύτερα αποτελέσματα με μειωμένο αυτήν την φορά αριθμό σφαλμάτων.

Προετοιμαστήκαμε για την έναρξη της κατασκευής, φορώντας τα χειρουργικά γάντια και τις ειδικές μάσκες.

Αρχικά καθαρίσαμε αρκετά καλά την επιφάνεια του πρωτότυπου καλύμματος ντεπόζιτου φτιαγμένο από πλαστικό καθώς και την επιφάνεια εργασίας μας, με οινόπνευμα και με την βοήθεια ενός αντιστατικού πανιού για την αποφυγή μίξης των υλικών με μικροσωματίδια.

Στην συνέχεια, πλάσαμε τον πηλό έτσι ώστε να μαλακώσει και να μπορεί να



Εικόνα 6.7: Η επιφάνεια του καλύμματος καθαρισμένη, στερεωμένη, με τις οπές καλυμμένες διαμορφωθεί πιο εύκολα. Με τον τρόπο αυτό, στερεώσαμε το κομμάτι όπως φαίνεται στην εικόνα 6.7, πάνω στην επιφάνεια εργασίας και καλύψαμε τις οπές και τα κενά.

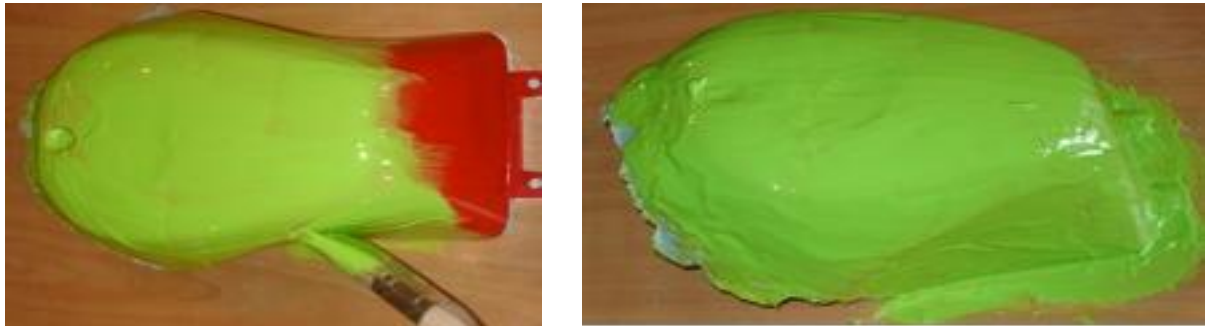
Με την βοήθεια ενός αντιστατικού πανιού, αλείψαμε με κερί την επιφάνεια του πρωτότυπου ντεπόζιτου αρκετά καλά και προσεκτικά σε όλη την επιφάνεια, δίνοντας έμφαση στις γωνίες και στις κοιλότητες. Το αφήσαμε ώστε να στεγνώσει (απόκτώντας μια πιο θολή μορφή) για μερικά λεπτά και επαναλάβαμε την ίδια ακριβώς διαδικασία για 5 ακόμα φορές, ώστε να είμαστε σίγουροι πως δεν θα υπάρξει σημείο ακάλυπτο από κερί.



Εικόνα 6.8: Επικάλυψη της επιφάνειας του καλύμματος του ντεπόζιτου με PVA release agent

Για μεγαλύτερη ασφάλεια, εκτός από το κερί, χρησιμοποιήσαμε το PVA release agent (αντικολλητικό φιλμ). Περάσαμε το υγρό αυτό, με ένα αντιστατικό πανί αρκετά καλά σε όλη την επιφάνεια του κομματιού και το αφήσαμε για περίπου 20 λεπτά ώστε να στεγνώσει. Η συγκεκριμένη διαδικασία της χρήσης του υγρού PVA φαίνεται στην εικόνα 6.8. Πρέπει να τονιστεί ότι συγχρόνως εκτός από το κομμάτι, καλύφθηκε με κερί αλλά και με PVA release agent και η περιοχή της επιφάνειας εργασίας περιμετρικά από αυτό.

Έπειτα ήρθε η στιγμή για την χρήση του epoxy tooling gel coat υλικού. Το υλικό αυτό αναμείχθηκε σε ένα κύπελλο με τον σκληρυντή του σε αναλογία 10 μέρη epoxy tooling resin με ένα μέρος σκληρυντή. Εμείς συγκεκριμένα χρησιμοποιήσαμε 300 gr epoxy tooling gel coat με 30 gr σκληρυντή. Για αρκετά λεπτά, αναδεύσαμε το μίγμα ώστε να αναμιχθούν τα δύο υλικά και να απομακρυνθούν όσο το δυνατόν περισσότερες φυσαλίδες αέρος. Χρησιμοποιώντας το πινέλο, επικαλύψαμε ολόκληρη την επιφάνεια του αρχικού μας κομματιού, προσέχοντας να προσδώσουμε ένα ικανοποιητικό πάχος, χωρίς όμως να «τρέξει» το μίγμα (εικόνα 6.9). Αφήσαμε το υλικό να στεγνώσει για 2-3 ώρες σε θερμοκρασία δωματίου ώστε να επιτευχθεί ο πολυμερισμός της ρητίνης. Κατά την διάρκεια της διαδικασίας του πολυμερισμού, βρισκόμασταν παρόντες, διότι ήταν απαραίτητο για την συνέχεια της διαδικασίας, η ρητίνη να μην έχει πολυμεριστεί πλήρως (ακουμπώντας την με το δάχτυλο, θα πρέπει να κολλάει το γάντι πάνω σε αυτήν, χωρίς όμως να αφήνει αποτύπωμα).



Εικόνα 6.9: Επικάλυψη του καλύμματος με Epoxy Tooling Gel Coat

Στην συνέχεια αναμίξαμε το υλικό epoxy mould putty (μίγμα καλούπιού) με τον σκληρυντή του σε αναλογία 8%. Συγκεκριμένα εμείς, αναμίξαμε 750 gr epoxy mould putty με 60gr σκληρυντή. Χρησιμοποιώντας και τα δυο μας χέρια ανακατέψαμε καλά τα δύο υλικά μέχρι αυτά να γίνουν «ένα σώμα» και ν' αποκτήσουν ένα ομοιογενές μπλε χρώμα. Αυτή η ποσότητα του μίγματος μας προσέδωσε πάχος στο καλούπι περίπου 12 mm (ο κατασκευαστής του προϊόντος αυτού, συνιστά 10 - 15 mm πάχος).



Εικόνα 6.10: Ανάμιξη του Putty με τον σκληρυντή του και επικάλυψη του καλύμμα-

Αφού τελείωσε η διαδικασία της ανάμιξης, ξεκινήσαμε να παίρνουμε σιγά, σιγά μικρές ποσότητες του μίγματος και να τις εφαρμόζουμε σε ολόκληρη την επιφάνεια, όπως παρουσιάζεται στην εικόνα 6.10, ασκώντας πίεση πάνω στην ρητίνη που προηγουμένως είχαμε περάσει. Διασφαλίσαμε ότι το πάχος ήταν παντού ίσο, ώστε ν' αποφευχθεί κατά την μετέπειτα χρήση του καλούπιού, τυχόν σπασίματα. Αφήσαμε το καλούπι να πολυμεριστεί για 8 ώρες, σε θερμοκρασία δωματίου.

Όταν πέρασε το απαραίτητο χρονικό διάστημα και ελέγξαμε εάν το καλούπι έχει σκληρύνει πλήρως, αρχίσαμε την διαδικασία απελευθέρωσης του κομματιού από το καλούπι. Χρησιμοποιώντας μια μικρή λαβίδα και οπλισμένοι με αρκετή υπομονή, προσέχοντας μην χαράξουμε ή χαλάσουμε το καλούπι, αφαιρέσαμε έπειτα από κάποια λεπτά και αρκετή προσπάθεια το κομμάτι μας.

Για το τέλος το μόνο που χρειάστηκε ήταν να καθαρίσουμε την εσωτερική επιφάνεια του καλούπιού από τυχόν υπολείμματα του κεριού και PVA, χρησιμοποιώντας νερό και ένα πανί.

Το καλούπι μας, το οποίο φαίνεται στην εικόνα 6.11, για το κάλυμμα του ντεπόζιτου, ήταν πλέον έτοιμο για χρήση, στην κατασκευή του νέου κομματιού από ανθρακόνημα.



Εικόνα 6.11: Το καλούπι με το πρωτότυπο κομμάτι

6.7 ΥΛΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΚΑΛΥΜΜΑΤΟΣ ΝΤΕΠΟΖΙΤΟΥ ΜΟΤΟΣΥΚΛΕΤΑΣ ΑΠΟ ΑΝΘΡΑΚΟΝΗΜΑ

Για την δημιουργία του καλύμματος του ντεπόζιτου της μοτοσυκλέτας από ανθρακόνημα χρησιμοποιήσαμε:

- **Ύφασμα ινών άνθρακα**

Ύφασμα με βασικό χαρακτηριστικό την αντοχή του σε υψηλές θερμοκρασίες και το χαμηλό του βάρος. Οι ίνες του αποτελούνται από γραφίτη.

- **Εποξική ρητίνη, με τον αντίστοιχο σκληρυντή**

Πρόκειται για ρητίνη, συγκεκριμένα εποξική, που σε συνδυασμό με τον σκληρυντή της, μπορεί να μεταμορφωθεί σε μία ουσία αρκετά τραχιά, ελαστική και στερεή, κατάλληλη για επίστρωση πάνω στο καλούπι.

- **Αντικολλητικό Κερί**

Για την απελευθέρωση του κομματιού από το καλούπι, γίνεται η χρήση αντικολλητικού κεριού.

- **Υγρό αποδέσμευσης καλουπιού PVA (release agent)**

Χρησιμοποιείται αντικολλητικό υγρό PVA, το οποίο απλώνοντάς το, δημιουργεί ένα λεπτό φιλμ προστασίας. Το γεγονός ότι διαλύεται στο νερό, ενισχύει την δυνατότητα της απομάκρυνσής του μετά το τέλος της διαδικασίας.

- **Βερνίκι**

Το βερνίκι βελτιώνει την εμφάνιση του τελικού προϊόντος μετά το τέλος της κατασκευής, δίνοντας λάμψη και “βάθος” στην επιφάνεια του.

- **Ζυγαριά Ακριβείας**

Γίνεται χρήση της ζυγαριάς για την ακρίβεια των δοσολογιών των υλικών.

- **Πινέλα (1 ίντσα)**

Για το άπλωμα της εποξικής ρητίνης στα φύλλα του άνθρακα και στο καλούπι, χρησιμοποιούνται υψηλής ποιότητας πινέλα.

- **Λαβίδα**

Γίνεται χρήση της λαβίδας για να απομακρύνουμε το τελικό κομμάτι από το καλούπι.

- **Πιστολάκι**

Η μείωση των φυσαλίδων και των κενών αέρος μέσα στην ρητίνη κατά την χρήση της, επιτυγχάνεται μ’ ένα πιστολάκι (στεγνωτήρα).

- **Χειρουργικά γάντια και μάσκες**

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται, περιέχουν χημικές ουσίες, οπότε η προστασία από αυτές είναι αναγκαία. Γάντια, καθώς και μάσκες είναι ένας ικανοποιητικός εξοπλισμός προστασίας.

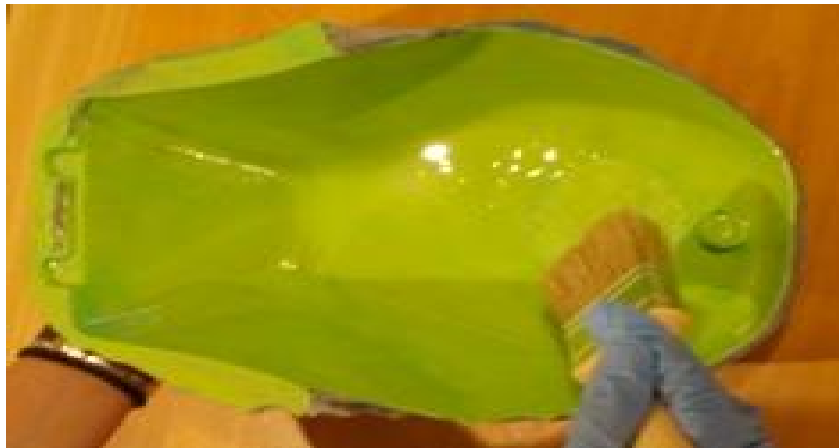
6.7.1 Βήματα κατασκευής

Η διαδικασία της κατασκευής μας, ξεκίνησε αφού φορέσαμε τα γάντια και τις μάσκες και καθαρίσαμε με οινόπνευμα αρκετά καλά την επιφάνεια του καλουπιού καθώς και την επιφάνεια εργασίας μας.

Απλώσαμε το αντικολλητικό κερί στο καλούπι μας με ένα αντιστατικό πανί και επαναλάβαμε αυτήν την διαδικασία άλλη μία φορά σε διάστημα 5 λεπτών από την πρώτη. Εκτός από το κερί, χρησιμοποιήσαμε υγρό PVA release agent για την εξασφάλιση της μη προσκόλλησης του κομματιού πάνω στο καλούπι.

Έπειτα αναμίξαμε την εποξική ρητίνη με τον αντίστοιχο σκληρυντή μέσα σε ένα κύπελλο σε αναλογία 2:1. Για την πρώτη δόση λοιπόν ρητίνης χρειάστηκε ν' αναμειχθούν 60gr ρητίνης και 30 gr σκληρυντή. Μέχρι να ελαχιστοποιηθούν οι φυσαλίδες αέρος στο μίγμα, το αναδεύσαμε για μερικά λεπτά με την βοήθεια ενός ξύλου. Στην συνέχεια, χρησιμοποιώντας το πινέλο μας, όπως φαίνεται στην εικόνα 6.12, περάσαμε την στρώση ρητίνης - σκληρυντή, προσέχοντας να καλυφθεί ολόκληρη η επιφάνεια του καλούπιού. Προσπαθώντας να μειωθούν στο ελάχιστο οι φυσαλίδες αέρος, χρησιμοποιήσαμε ένα απλό πιστολάκι μαλλιών (στεγνωτήρα), ρίχνοντας αέρα στην ρητίνη που είχε επικαλύψει το καλούπι μας. Χρειάστηκαν 4 ώρες ωστόσο να στεγνώσει η ρητίνη αλλά όχι πλήρως (ακουμπώντας την με το δάχτυλο, θα πρέπει να κολλάει το γάντι πάνω σε αυτήν, χωρίς όμως να αφήνει αποτύπωμα).

Όπως και στην κατασκευή της μάσκας από ανθρακόνημα, έτσι και στο κάλυμ-



Εικόνα 6.12: Πρώτη στρώση εποξικής ρητίνης

μα του ντεπόζιτου, επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε 3 στρώσεις, με διαφορά 90 μοιρών η μία από την άλλη, με σκοπό την αύξηση των μηχανικών ιδιοτήτων. Στην συνέχεια κόψαμε το ύφασμα του ανθρακονήματος σε μέγεθος λίγο μεγαλύτερο από το καλούπι και περάσαμε την πρώτη στρώση. Εφαρμόσαμε το ύφασμα πάνω στο καλούπι και πιέσαμε αρκετά καλά, ώστε να αποδώσει σε ικανοποιητικό βαθμό όλες τις λεπτομέρειές του.



Εικόνα 6.13: Μετά την εφαρμογή τριών στρώσεων ανθρακονήματος

Αφού αναμείξαμε 240 gr ρητίνης και 120 gr σκληρυντή περάσαμε την δεύτερη στρώση ρητίνης - σκληρυντή και με προσοχή ασκήσαμε και πάλι πίεση στις άκρες. Τοποθετήσαμε το ύφασμα ανθρακονήματος και επαναλάβαμε την διαδικασία εφαρμογής ρητίνης και ανθρακονήματος για ακόμη μία φορά.

Μετά και την τελευταία στρώση ρητίνης αφέθηκε η κατασκευή για 12 ώρες σε θερμοκρασία δωματίου με σκοπό να επιτευχθεί ο πολυμερισμός της ρητίνης (εικόνα 6.13).

Έπειτα από το επιθυμητό χρονικό διάστημα και αφού το ανθρακόνημα σε συνδυασμό με την ρητίνη είχαν στεγνώσει πλήρως, αφαιρέσαμε με μία λαβίδα το ανθρακονημάτινο πλέον κάλυμμα του ντεπόζιτου από το καλούπι, όπως φαίνεται στην εικόνα 6.14.



Εικόνα 6.14: Πρωτότυπο κομμάτι, καλούπι και το αντίστοιχο ανθρακονημάτινο

Κόψαμε το περισσευούμενο ύφασμα από το ανθρακόνημα πάνω από το τελικό προϊόν και με έναν γυαλόχαρτο, λειάναμε με προσοχή τις άκρες του και καθαρίσαμε την επιφάνειά του από υπολείμματα του αντικολλητικού κεριού και του PVA release agent.

Η κατασκευή μας, με την βοήθεια ενός βερνικιού για ακόμη πιο λεία και λαμπερή επιφάνεια ήταν έτοιμη. Την θέση του πλαστικού καλύμματος πάνω στη μηχανή είχε πάρει πλέον το ανθρακονημάτινο το οποίο και παρουσιάζεται στην εικόνα 6.15, κάνοντας απόλυτα εμφανές το γεγονός της προτίμησης του από τους λάτρεις του μοτοσυκλετισμού.



Εικόνα 6.15: Το ανθρακονημάτινο κάλυμμα του ντεπόζιτου, γυαλισμένο και περασμένο με βερνίκι

6.8 ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Μπορούμε να πούμε, πως για το μέγεθος των κατασκευών αυτών, τα εξαρτήματα που οι ίδιοι φτιάξαμε, είχαν υψηλό κόστος και αυτό κυρίως λόγω του ανθρακονήματος.

Πρόκειται για δύο διαφορετικές παραγγελίες που αφορούσαν τα δύο εξαρτήματα που κατασκευάσαμε, όπως περιγράφηκαν προηγουμένως για τα οποία, μετά από έρευνα αγοράς σε Ελλάδα και εξωτερικό, καταλήξαμε ότι η πιο συμφέρουσα λύση σύμφωνα με τις ανάγκες και τις απαιτήσεις μας ήταν μία εταιρία η οποία προμηθεύει τέτοιου είδους υλικά μέσω διαδικτύου.

Το κόστος της πρώτης παραγγελίας, για την αγορά των υλικών που χρειάστηκαν για την κατασκευή της μάσκας που περιλαμβάνει το καλούπι αλλά και το ίδιο το εξάρτημα, αφού προστεθούν ο φόρος και τα έξοδα αποστολής ήταν £59,80 και σύμφωνα με τη συναλλαγματική αξία της ημέρας που έγινε η παραγγελία, το κόστος ήταν €68,6.

Όσον αφορά την δεύτερη παραγγελία η οποία αφορούσε τα απαραίτητα υλικά για την κατασκευή του καλύμματος του ντεπόζιτου και πάλι προσθέτοντας τον φόρο και τα έξοδα αποστολής ήταν £180,81 και σύμφωνα με την συναλλαγματική αξία την ημέρα της παραγγελίας, το κόστος ήταν €211,4.

Επιπλέον χρειάστηκε ένα ποσό της τάξεως των €40 για την αγορά προστατευτικών ειδών (αναπνευστικές μάσκες και γάντια) καθώς επίσης και κάποιων άλλων συμπληρωματικών υλικών (πινέλα, πηλός κ.τ.λ.). Εδώ πρέπει να επισημανθεί ότι το κόστος θα είχε ανέβει ακόμα περισσότερο εάν δεν προϋπήρχαν και χρειαζόταν ν' αγοράσουμε, απαραίτητα για την κατασκευή, εργαλεία, επιφάνεια εργασίας, πανιά κ.τ.λ.

Οπότε προσθέτοντας τα παραπάνω, παρατηρούμε ότι το συνολικό κόστος της κατασκευής μας, δύο σχετικά μικρών εξαρτημάτων, συμπεριλαμβανομένων και των καλουπιών τους, με την πιο απλή διαδικασία κατασκευής (χωρίς τη χρήση εξειδικευμένων, επομένως και ακριβών μηχανημάτων) έφθασε τα €320. Ποσό το οποίο είναι ενδεικτικό του ύψους της τιμής των ανθρακονημάτων προϊόντων στα ράφια των καταστημάτων, τα οποία μάλιστα είναι κατασκευασμένα με τις πλέον εξελιγμένες, πολυέξοδες αλλά και χρονοβόρες μεθόδους.

7. ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

7.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟ ΑΝΘΡΑΚΟΝΗΜΑ, ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΕ ΚΑΠΟΙΑ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ

Το ανθρακόνημα εκτός από το αισθητικό αποτέλεσμα που προσφέρει σε μία μοτοσυκλέτα, παίζει και πολύ σημαντικό ρόλο, λόγω των ιδιοτήτων που έχει, στον μηχανολογικό τομέα. Η αντικατάσταση διαφόρων μερών μιας μοτοσυκλέτας, με αντίστοιχα, φτιαγμένα από ανθρακόνημα, είναι πολύ σύνηθες φαινόμενο τα τελευταία χρόνια. Πέρα απ' την αντικατάσταση των πλαστικών μερών για μείωση του βάρους (φέρνινγκ, ντεπόζιτο κτλ.), στο μηχανοκίνητο αθλητισμό συνηθίζεται η αντικατάσταση των τροχών, για μείωση της περιστρεφόμενης μάζας, του ψαλιδιού και του πλαισίου για μείωση βάρους και αύξηση της ακαμψίας. Οι μετατροπές αυτές δεν έχουν εφαρμογή σε μη αγωνιστικές μοτοσυκλέτες, καθώς το ανθρακόνημα παραμένει ένα πάρα πολύ ακριβό υλικό και είναι απαγορευτικό τόσο για τις κατασκευάστριες εταιρίες μοτοσυκλετών, καθώς το κόστος σχεδιασμού – εξέλιξης – παραγωγής είναι πολύ μεγάλο (πρόκειται για κατασκευή η οποία γίνεται μόνο χειροποίητα), όσο και για τον υποψήφιο αγοραστή, καθώς η τιμή του τελικού προϊόντος αυξάνεται.

Όσον αφορά την υψηλή τιμή ενός ανθρακονημάτινου εξαρτήματος, δεν μπορούμε να κατηγορήσουμε απόλυτα τους κατασκευαστές. Το Carbon είναι πολύ πιο πολύπλοκο από ένα μέταλλο. Είναι εντυπωσιακό, αν σκεφτούμε πως ξεκινά τη ζωή του ως μια κλωστή. Μία κλωστή που «πλέκεται» σε ύφασμα και με μια σειρά διαδικασιών, που προαναφέρθηκαν δίνει το υλικό αυτό. Πολύ δίκαια, αν η πολυπλοκότητα κατασκευής ενός απλού εξαρτήματος βαθμολογείται με «1», ένα αντίστοιχο ανθρακονημάτινο αξίζει το «10». Όσο πιο πολύπλοκη είναι μια διαδικασία παραγωγής, τόσο πιο πολλές πιθανότητες υπάρχουν, να εμφανιστούν σφάλματα στην κατασκευή. Για παράδειγμα, λίγη υγρασία μέσα σ' ένα καλούπι, μπορεί να προκαλέσει όσμωση στο πλαίσιο που θα παραχθεί, με αποτέλεσμα τη σταδιακή αποκόλληση των στρωμάτων μεταξύ τους. Η προσοχή στην κάθε λεπτομέρεια που δίνεται από τους κατασκευαστές σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα που προσφέρουν, καταλήγει και στην τελική τιμή ενός ανθρακονημάτινου προϊόντος.

Έχουμε καταλήξει λοιπόν στο συμπέρασμα πως αναμφισβήτητα το ανθρακόνημα είναι ένα υλικό που συνδέεται απόλυτα με το μέλλον και σίγουρα λίγοι θα είναι αυτοί που διαφωνούν και υποστηρίζουν το αντίθετο τονίζοντας ή διαστρεβλώνοντας κάποια από τα μειονεκτήματά του, όπως για παράδειγμα το κόστος του, που προαναφέρθηκε. Για να μην συμβεί αυτό και με άλλα μειονεκτήματά του και παρουσιαστούν από κάποιους απόλυτα αρνητικά, θα τα αναφέρουμε και θα τα αναλύσουμε εμείς οι ίδιοι, δείχνοντας αντικειμενικότητα.

Έχει τονιστεί αρκετά η ακαμψία του ανθρακονήματος. Η έκφραση όμως «Το ανθρακόνημα δεν σπάει», χρησιμοποιείται μόνο μεταφορικά. Στην πραγματικότητα συμβαίνει το ακριβώς αντίθετο. Και βέβαια σπάει το Carbon. Όπως οποιοδήποτε υλικό, έτσι και τα ανθρακονήματα έχουν τα όριά τους και μπορούν να σπάσουν. Σε αντίθεση με τα μεταλλικά πλαίσια / εξαρτήματα, αυτά που είναι κατασκευασμένα από Carbon δεν τσακίζουν, στραβώνουν ή βαθουλώνουν. Απλά σπάνε. Ένα κατεστραμμένο εξάρτημα από ανθρακόνημα μπορεί εκ πρώτης όψεως να φαίνεται ακέραιο, αλλά ξαφνικά να κοπεί χωρίς προειδοποίηση. Συνήθως αυτό συμβαίνει στις περιπτώσεις ανθρακονημάτινων τροχών σε μοτοσυκλέτες.

Η αποφυγή ενός απροειδοποίητου σπασίματος μπορεί γίνει με την βοήθεια ελέγχων, αρκετά απλών και εύκολα εφαρμόσιμων απ' οποιονδήποτε. Παρακάτω αναφέρονται οι τρόποι ελέγχου.

- **Οπτικός Έλεγχος**

Πρέπει να ελέγχονται τακτικά το πλαίσιο, οι τροχοί καθώς και τα υπόλοιπα carbon εξαρτήματα μίας μοτοσυκλέτας

- Ερευνούμε την επιφάνεια του πλαισίου / εξαρτήματος για βαθιές γρατζουνιές, ραγίσματα, ίνες που «πετάνε» ή και άλλα περιφερειακά ελαττώματα.

- Καθώς καθαρίζουμε τη μοτοσυκλέτα, πρέπει να δώσουμε πολλή προσοχή αν το πανί «γαντζώνει» κάπου

- **Έλεγχος κατά την οδήγηση**

- Προσέχουμε την ποιότητα λειτουργίας της μοτοσυκλέτας.

- Δίνουμε προσοχή σε αδικαιολόγητα κακή λειτουργία ταχυτήτων ή φρένων.

Αν υπάρχουν κάποιες από τι παραπάνω ενδείξεις, καλό θα είναι να απευθυνθούμε σ' έναν ειδικό για λεπτομερή έλεγχο.

Στην περίπτωση που έχουμε προλάβει κάποιο το σπάσιμο κάποιου εξαρτήματος, κάνοντας τους παραπάνω ελέγχους από προνοητικότητα, μας διακατέχει και τύχη.

Στην περίπτωση όμως που δε προλάβουμε και φτάσουμε αμέσως στο σημείο που το εκάστοτε εξάρτημα αστοχεί (και εδώ θα φανεί ένα ακόμα μειονέκτημα του υλικού), τότε λυπούμαστε, αλλά δε μπορεί να υπάρξει κάποια διόρθωση, αλλά μόνο η αντικατάστασή του. Όταν το ανθρακόνημα σπάσει δυστυχώς δε μπορεί να επιδιορθωθεί, αφού πρόκειται για υλικό «μίας χρήσεως»

Τα παραπάνω, δε σημαίνουν πως το ανθρακόνημα δεν είναι καλό υλικό ή πως σπάει εύκολα, απλά εφιστούν την προσοχή στο θέμα των τακτικών ελέγχων που πρέπει να γίνονται στα προϊόντα του.

7.2 ΓΙΑΤΙ ΚΑΠΟΙΟΣ ΝΑ ΠΡΟΤΙΜΗΣΕΙ ΤΟ ΑΝΘΡΑΚΟΝΗΜΑ

Έχουμε γνωστοποιήσει πως το αληθινό ανθρακόνημα κοστίζει αρκετά γι' αυτό και η χρήση του γίνεται κυρίως σε αγωνιστικές μοτοσυκλέτες. Φυσικά αυτό δεν απαγορεύει και την επιθυμία απόκτησης του από κατόχους απλών μοτοσυκλετών πέρα της αγωνιστικής. Όσο υπάρχουν απαιτήσεις, σίγουρα θα υπάρχουν στην αγορά λύσεις για να τις καλύψουν. Μία τέτοιου είδους λύση είναι επιλογή του φθηνού τρόπου εμφάνισης ανθρακονήματος.



Εικόνα 7.1: Μεμβράνη «carbon look»

Στην αγορά υπάρχει αυτή την στιγμή ένα αυτοκόλλητο, όπως αυτό της εικόνας 7.1 που πρόκειται για απομίμηση ανθρακονήματος. Αυτό δεν είναι άλλο από μία μεμβράνη με αυτοκόλλητο «carbon look», με το οποίο μπορούμε να ντύσουμε τα μέρη μιας μοτοσυκλέτας. Η μεμβράνη με την όψη ανθρακονήματος η οποία όπως είναι λογικό, δεν έχει καμία σχέση με το πραγματικό ανθρακόνημα, αφού ούτε προσθέτει αντοχή ούτε επενεργεί στη μείωση βάρους. Δίνοντας αξία πάνω απ' όλα στην ποιότητα, μπορούμε ν' αναφέρουμε πως είναι καλύτερο να προτιμήσει κάποιος το ανθρακόνημα διότι πρόκειται για ένα υλικό με μεγάλη ακαμψία και αντοχή από εξωτερικούς παράγοντες και το κυριότερο δίνει μία «ζωντανή» αίσθηση η οποία δεν επιτυγχάνεται σε καμία περίπτωση με την χρήση της μεμβράνης.

7.3 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΥΟ ΤΡΟΠΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΚΟΜΜΑΤΙΩΝ

Ανήκοντας στην κατηγορία εκείνων που προτιμούν την «ζωντανή» αίσθηση του ανθρακονήματος, μπήκαμε λοιπόν όπως περιγράψαμε και αναλυτικότερα, παραπάνω στην διαδικασία της κατασκευής. Για την κατασκευή αυτών των δύο κομματιών, αν και δεν είχαμε προηγούμενη εμπειρία, δεν αντιμετωπίσαμε μεγάλα προβλήματα, παρόλα αυτά η αυτοκριτική, είναι σημαντική, μιας και σίγουρα βοηθάει στην εκτίμηση των θετικών αλλά και των αρνητικών στοιχείων που παρουσιάστηκαν κατά την διάρκεια των κατασκευών.

Ένας βασικός κανόνας τον οποίο τηρήσαμε κατά τη διάρκεια της εργασίας ήταν η συνεργασία μεταξύ μας σε συνδυασμό με την υπομονή που δείξαμε και το χρόνο που αφιερώσαμε. Παρ' όλα αυτά, δεν έλειψαν και τα λάθη, τα οποία συνέβησαν κυρίως στην κατασκευή του καλουπιού από fiberglass, όπου ήταν και η πρώτη ενασχόλησή μας με το αντικείμενο.

Συγκεκριμένα έγινε λάθος τρόπος χρήσης της εποξικής ρητίνης. Πιο αναλυτικά στο σημείο όπου έγινε η ανάμιξη της εποξικής ρητίνης με το σκληρυντή της, για την πρώτη επικάλυψη, που θ' αποτελούσε το εξωτερικό στρώμα του καλουπιού, αναμίχθηκε μεγαλύτερη ποσότητα των δύο αυτών υλικών (σε σωστή αναλογία) με αποτέλεσμα να έχουμε πλεόνασμα. Ύστερα από 4 ώρες, όπου ήρθε η ώρα για την δεύτερη στρώση, αντί να αναμίξουμε καινούργια υλικά, χρησιμοποιήσαμε αυτά που είχαν περισσεύσει από το προηγούμενο βήμα. Όπως ήταν φυσικό η ρητίνη με το σκληρυντή είχαν πολυμεριστεί, δημιουργώντας ένα αρκετά παχύρρευστο, σχεδόν στερεό, υλικό το οποίο ήταν πολύ δύσκολο ν' απλωθεί στην επιφάνεια του πρώτου φύλλου fiberglass. Η χρήση αυτής της ρητίνης, επηρέασε αρνητικά τη κατασκευή μας, καθώς ήταν αρκετά δύσκολο ν' αποδώσουμε τη λεπτομέρεια που επιβάλλεται κατά τη δημιουργία ενός καλουπιού. Αυτό το λάθος θα είχε αποφευχθεί αν υπήρχε προγενέστερη ενασχόληση – εμπειρία στο αντικείμενο αυτό.

Η κατασκευή του καλουπιού αποτελεί το πιο δύσκολο σημείο για κάποιον που εργάζεται πάνω στον τομέα του ανθρακονήματος, καθώς χρειάζεται μεγάλη υπομονή και εμπειρία για ν' αποδοθεί η λεπτομέρεια και η μεγάλη ακρίβεια που χρειάζεται.

Στην περίπτωση μας, χρησιμοποιήσαμε δύο διαφορετικούς τρόπους - υλικά για την κατασκευή των κομματιών μας από ανθρακόνημα. Με φύλλα υαλονήματος και μ' ένα νέο υλικό τ' οποίο ονομάζεται putty σε συνδυασμό με ρητίνη.

Ο πρώτος τρόπος αποτελεί μια σχετικά εύκολη και φτηνή λύση, χωρίς την ανάγκη εξειδικευμένων εργαλείων, η οποία προσφέρει ένα καλό αποτέλεσμα στις περιπτώσεις όπου η ακρίβεια χιλιοστού, δεν είναι το κυρίως ζητούμενο.

Απ' την άλλη, η διαδικασία με το υλικό putty, είναι λίγο πιο πολύπλοκη στην κατασκευή της, αλλά προσφέρει ένα πολύ καλής ποιότητας καλούπι με μεγάλη ακρί-

βεια στις διαστάσεις και στη λεπτομέρεια, ενώ παράλληλα έχει και πολύ καλή και λεία επιφάνεια όπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί αρκετές φορές, χωρίς να υφίσταται φθορές.

Στις εικόνες 7.2 και 7.3 παρουσιάζονται τα δύο εξαρτήματα που κατασκευάσαμε στην τελική τους μορφή, τοποθετημένα πάνω στην μοτοσυκλέτα για την οποία έχει γίνει λόγος παραπάνω.



Εικόνες 7.2, 7.3: Η μοτοσυκλέτα με ανθρακονημάτινο πλέον, κάλυμμα ντεπόζιτου και μάσκα

Παρ' ότι ήταν η πρώτη μας κατασκευή και παρ' όλα τα λάθη στα οποία υποπέσαμε και αναφέρθηκαν προηγουμένως, τα εξαρτήματα αυτά εφάρμοσαν με μεγάλη ευκολία και απόλυτη ακρίβεια, όπως τα αντίστοιχα εργοστασιακά, δίνοντας στην κατασκευή μας ένα επιτυχημένο αποτέλεσμα. Πιο διευκρινιστικά, θα πρέπει να πούμε, πως μιλώντας για ένα επιτυχημένο αποτέλεσμα, δεν εννοούμε μόνο την πορεία της κατασκευής και την σωστή εμφάνιση του ανθρακονήματος που καταφέραμε, αλλά και την ακρίβεια των αναλογιών των εξαρτημάτων, γεγονός που αντίστοιχα αποδεικνύει και το θετικό αποτέλεσμα στην κατασκευή των καλουπιών. Παράλληλα μία ακόμη επιτυχία ήταν η **μείωση στο βάρος των δύο κομματιών, η οποία αντιστοιχεί σε 49%**. Πιο συγκεκριμένα το βάρος της μάσκας από πλαστικό ήταν 84 gr., ενώ η αντίστοιχη ανθρακονημάτινη ήταν 41 gr., και το βάρος του πλαστικού καλύμματος του ντεπόζιτου ήταν 276 gr. ενώ το αντίστοιχο ανθρακονημάτινο ήταν 135 gr.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΑ ΒΙΒΛΙΑ

- [1] Schwartz, Composite materials handbook, Mel M. (1984)
- [2] Simon Mc Beath, Competition car, composites, a practical handbook, Haynes (2000)
- [3] Scott Bader, Polyester Handbook

ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

- [4] http://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_fiber
- [5] <http://www.ribfans.com/showthread.php?t=2343>
- [6] <http://www.ducatisti.gr/phpBB3/viewtopic.php?f=13&t=3255&start=50>
- [7] <http://www.carbonfibergear.com/160000-all-carbon-fiber-and-titanium-ducatti-999s-motorcycle/>
- [8] <http://motorcyclist.automotive.com/31686/122-0504-confederate-wraith/index.html>
- [9] <http://www.carbonfibergear.com/carbon-fiber-vespa-vbb-scooter>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

Aramid Fiber: Ίνες αραμιδίου

Autoclave: Μέθοδος αυτόκλειστου φούρνου

Basket weave: Είδος πλέξης ινών άνθρακα

Carbon Fiber: Ίνες άνθρακα

CSM (Chopped strand mat): Μη υφασμένα υφάσματα

Denier: Μονάδα μέτρησης των ινών υάλου

E-glass: Η πιο κοινή μορφή του γυαλιού που χρησιμοποιείται στις ίνες υάλου

Epoxy mould putty: Εποξικό μίγμα καλουπιού

Fiber Glass: Ίνες υάλου

FRP (fibre reinforced plastic): Ενισχυμένα με ίνες πλαστικά

Gel coats: Βερνίκια

GPa (Giga Pascal): Μονάδα μέτρησης της πίεσης

Hand Layup: Επίστρωση, στρωματοποίηση και εμποτισμός με το χέρι

HS (high strength): Υψηλής αντοχής ίνες άνθρακα

IM (intermediate modulus): μέσου μέτρου ελαστικότητας ίνες άνθρακα

Kevlar: Ίνες αραμιδίου

Leno weave: Είδος πλέξης ινών άνθρακα

Mock Leno weave: Είδος πλέξης ινών άνθρακα

Pa (Pa): Μονάδα μέτρησης της πίεσης στο S.I.

PAN (polyacrylonitrile,): Πολυ-ακριλο-νιτρίλιο

PEEK (polyetheretherketone): Πολυεθερεθερκετόνη

PVA (release agent): Υγρό αποδέσμευσης καλουπιού

PVC (polyvinyl chloride): Πολυβινυλοχλωρίδιο

Resin: Ρητίνη

S-glass: Μορφή ινών από γυαλί με υψηλή αντοχή στον εφελκυσμό

Satin weave: Είδος πλέξης ινών άνθρακα

Tex: Μονάδα μέτρησης των ινών υάλου (σε μετρικό σύστημα)

Thermoplastic resins: Θερμοπλαστικές ρητίνες

Twill weave: Είδος πλέξης ινών άνθρακα

UD: Υφάσματα μονής κατεύθυνσης

UHM (ultra high modulus): Πολύ υψηλού μέτρου ελαστικότητας ίνες άνθρακα

Vacuum Assisted Resin Infusion: Δημιουργία κενού αέρος με υποβοηθούμενη έγχυση ρητίνης

Vacuum Bagging: Μέθοδος κατασκευής με κενό αέρος

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 3.1: Διαδικασία στρωματοποίησης με το χέρι (Hand Lay-Up)

Σχήμα 3.2: Μέθοδος κατασκευής με κενό αέρος (*Vacuum Bagging*)

Σχήμα 3.3: Διαδικασία στρωματοποίησης κενού αέρος με υποβοηθούμενη έγχυση ρητίνης (Vacuum Assisted Resin Infusion)

Σχήμα 3.4: Μέθοδος, Pressure-bag molding

Σχήμα 3.5: Διαδικασία κατασκευής πολυστρωματικών υλικών με τη μέθοδο του αυτόκλειστου φούρνου (Autoclave)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1: Ύφασμα υαλονήματος (Fiber glass)

Εικόνα 1.2: Ύφασμα ινών Αραμιδίου (Kevlar)

Εικόνα 1.3: Υβριδικό ύφασμα Αραμιδίου – Ανθρακονήματος (Kevlar – Carbon)

Εικόνα 1.4: Ύφασμα ινών άνθρακα (Carbon Fiber)

Εικόνα 1.5: Ύφασμα πλέξης Plain

Εικόνα 1.6: Ύφασμα πλέξης Twill

Εικόνα 1.7: Ύφασμα πλέξης Satin

Εικόνα 1.8: Ύφασμα πλέξης Basket

Εικόνα 1.9: Ύφασμα πλέξης Leno

Εικόνα 2.10: Ύφασμα πλέξης Mock Leno

Εικόνα 5.1: Αγωνιστικοί ανθρακονημάτινοι δίσκοι «πλευστής» σύνδεσης με τον τροχό

Εικόνα 5.2: Ανθρακονημάτινο πλαίσιο μοτοσυκλέτας

Εικόνα 5.3: Εξάτμιση μοτοσυκλέτας κατασκευασμένη από ανθρακόνημα

Εικόνα 5.4: «Ψαλίδι» αγωνιστικής μοτοσυκλέτας κατασκευασμένο από ανθρακόνημα

Εικόνα 5.5: Τροχοί μοτοσυκλέτας κατασκευασμένοι από ανθρακόνημα

Εικόνα 5.6: Κράνος κατασκευασμένο από ανθρακόνημα ύστερα από πτώση

Εικόνα 5.7: Ανακατασκευή αντίκας με κύριο χαρακτηριστικό το ανθρακόνημα

Εικόνα 5.8: Μοτοσυκλέτα Ducati 999s κατασκευασμένη εξολοκλήρου από ανθρακόνημα

Εικόνα 5.9: Μοτοσυκλέτα Suzuki Hayabusa κατασκευασμένη εξολοκλήρου από ανθρακόνημα

Εικόνα 5.10: Μοτοσυκλέτα B91 Wraith κατασκευασμένη εξολοκλήρου από ανθρακόνημα

Εικόνα 6.1: mini moto (Polini Carrera S)

Εικόνα 6.2: Καλούπι μάσκας φτιαγμένο από Fiberglass

Εικόνα 6.3: Το καλούπι από Fiberglass περασμένο με κερί και PVA release agent

Εικόνα 6.4: Κατά τη διάρκεια του πολυμερισμού της ρητίνης

Εικόνα 6.5: Ανθρακονημάτινη μάσκα γυαλισμένη και περασμένη με βερνίκι

Εικόνα 6.6: Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή, πάνω στον πάγκο εργασίας μας

Εικόνα 6.7: Η επιφάνεια του καλύμματος καθαρισμένη, στερεωμένη και με τις οπές καλυμμένες

Εικόνα 6.8: Επικάλυψη της επιφάνειας του καλύμματος του ντεπόζιτου με PVA release agent

Εικόνα 6.9: Επικάλυψη του καλύμματος με Epoxy Tooling Gel Coat

Εικόνα 6.10: Ανάμιξη του Putty με τον σκληρυντή του και επικάλυψη του καλύμματος

Εικόνα 6.11: Το καλούπι με το πρωτότυπο κομμάτι

Εικόνα 6.12: Πρώτη στρώση εποξικής ρητίνης

Εικόνα 6.13: Μετά την εφαρμογή τριών στρώσεων ανθρακονήματος

Εικόνα 6.14: Πρωτότυπο κομμάτι, καλούπι και το αντίστοιχο ανθρακονημάτινο

Εικόνα 6.15: Το ανθρακονημάτινο κάλυμμα του ντεπόζιτου, γυαλισμένο και περασμένο με βερνύκι

Εικόνα 7.1: Μembrάνη «carbon look»

Εικόνα 7.2: Η μοτοσυκλέτα με ανθρακονημάτινο πλέον, κάλυμμα ντεπόζιτου και μάσκα

Εικόνα 7.3: Η μοτοσυκλέτα με ανθρακονημάτινο πλέον, κάλυμμα ντεπόζιτου

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ: ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.2: Χαρακτηριστικά ινών υψηλής αντοχής και μέτρου ελαστικότητας

Πίνακας 1.2: Τα προτερήματα και ελαττώματα των διαφόρων τύπων ύφανσης

Πίνακας 2.1: Τα θετικά σημεία

Πίνακας 2.2: Τα αρνητικά σημεία

Πίνακας 2.3: Ιδιότητες των διαφορετικών τύπων υφάσματος του E-GLASS σε καλούπια πολυεστερικής ρητίνης

Πίνακας 2.4: Σχετικές τιμές των διαφορετικών τύπων υφάσματος

Πίνακας 2.5: Τα οφέλη της χρήσης των υλικών πυρήνα

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε: ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Γράφημα 2.1: Ο χρόνος που χρειάζεται για τη σκλήρυνση σε συνάρτηση του περιεχομένου του καταλύτη

Γράφημα 2.2: Ο χρόνος που χρειάζεται για τη σκλήρυνση σε συνάρτηση της αντιδραστικότητας του καταλύτη

Γράφημα 2.3: Ο χρόνος σκλήρυνσης σε συνάρτηση της θερμοκρασίας

Γράφημα 2.4: Ο χρόνος ζωής στο δοχείο ανάλογα με το είδος του σκληρυντικού

Γράφημα 2.5: Μετά από σκλήρυνση, η συμπεριφορά της ίνας, της ρητίνης και ενός ενισχυμένου με ίνες πλαστικού (FRP)