

ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ :

Γραφένιο & Μετάξι αράχνης
Γνωριμία με τα δύο ισχυρότερα υλικά σήμερα

ΠΑΣΑΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΔΙΔΑΣΚΩΝ :

ΠΡΟΒΙΔΑΚΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ – ΣΧΟΛΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΧΑΝΙΑ 2017

Στην οικογένεια μου.

Περιεχόμενα

Εισαγωγή..... 5

Ευρήματα

1α Ιστορική Αναδρομή.....9

1β Σημασία των υλικών.....22

1γ Τύποι των υλικών.....28

2 **Γραφένιο**.....36

3 **Μετάξι Αράχνης**.....47

4 Εφαρμογές των υλικών στο χώρο της

Αρχιτεκτονικής..... 61

5 Ενίσχυση – Συνδυασμός υλικών.....65

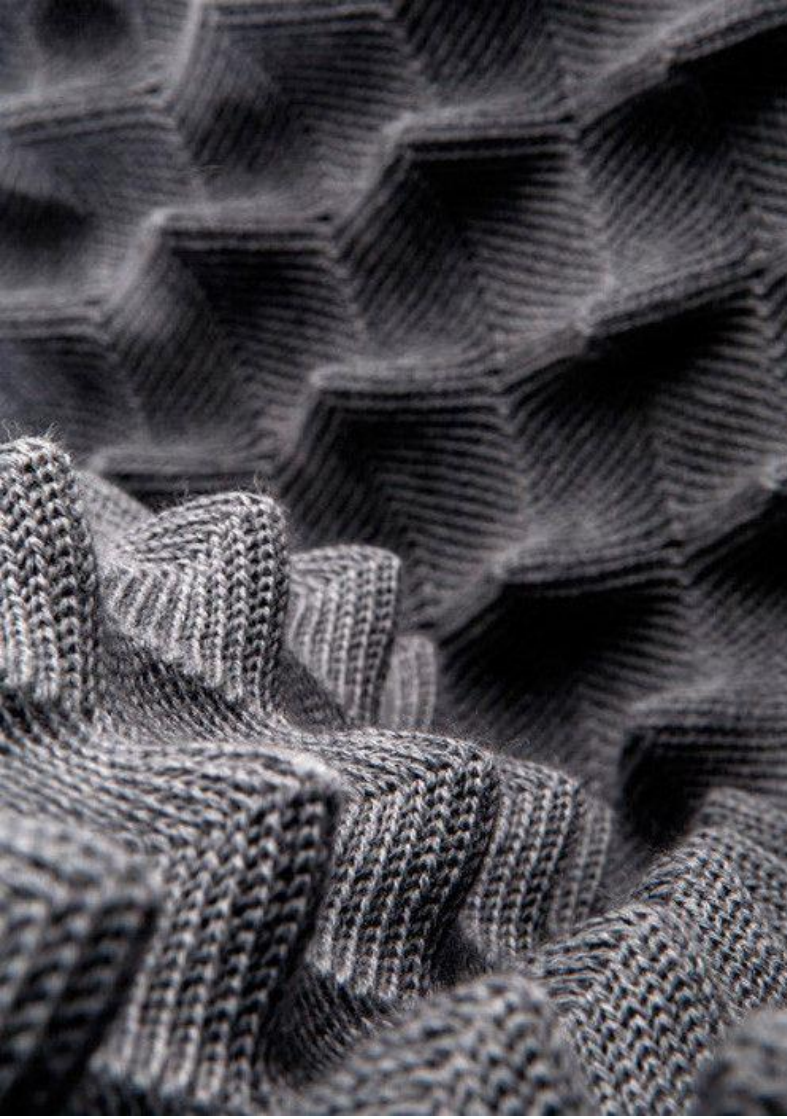
Συμπεράσματα.....71

Άλλα υπερ-υλικά.....80

Βιβλιογραφία.....82

Πηγές εικόνων.....85

εισαγωγή



1. Σκοπός

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση των δύο ισχυρότερων υλικών που υπάρχουν σήμερα, της σύνθεσης τους, των σπουδαιών ιδιοτήτων τους καθώς και η εφαρμογή τους στον χώρο της αρχιτεκτονικής δημιουργίας και πώς τελικά αυτή θα καταφέρει να διαμορφώσει νέες εμπειρίες αρχιτεκτονικής εφαρμογής.

2. Αντικείμενο

Τα υλικά που επιλέχθηκαν είναι, από τα σύνθετα, το γραφένιο, και από τα βιοϋλικά, το μετάξι της αράχνης.

3. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Αναφορές για το ζήτημα των υπερ – υλικών βρίσκονται κυρίως στη διεθνή βιβλιογραφία. Στην παρούσα μελέτη βιβλία αναφοράς αποτέλεσαν το **«Polymeric materials based on silk proteins»** των **John G. Hardy, Lin M. Roßmer, Thomas R. Scheibel** και το **Graphene – Synthesis, Characterization, Properties and Applications** από την **Jian Ru Gong**^{4.α}.

4.α1 Μεθοδος Συλλογής Στοιχείων

Η συλλογή στοιχείων βασίστηκε σε :

- αρχειακή έρευνα
- βιβλιογραφική έρευνα
- διαδικτυακή έρευνα

4. β1. Υπόθεση εργασίας

Η τεχνολογία των υλικών συνεχώς εξελίσσεται και μαζί της εξελίσσεται και η μορφή και η αντοχή των αρχιτεκτονημάτων και των κατασκευών. Έχοντας πλέον στην διάθεση μας υλικά που οι δυνατότητες τους υπερβαίνουν ακόμα και τους γνωστούς νόμους της φύσης και προδιαγράφοντας το μέλλον που έρχεται ,ο αρχιτέκτονας , ο σχεδιαστής και κάθε εν δυνάμει δημιουργός θα είναι όλο και πιο ελεύθερος στο μέλλον να σχεδιάζει αυτό που έχει σκεφτεί όπως το οραματίστηκε χωρίς στατικούς και φυσικούς περιορισμούς.

4. β2. Κριτήρια επιλογής

Βασικό κριτήριο της επιλογής των δύο υλικών, του γραφενίου και του μεταξίου της αράχνης αποτέλεσε το γεγονός ότι το πρώτο είναι το ισχυρότερο μέχρι τώρα γνωστό υλικό κατασκευασμένο από τον άνθρωπο και το δεύτερο, το ισχυρότερο φυσικό υλικό.

4. β3. Ερευνητικά ερωτήματα

- Ποια είναι τα ισχυρότερα μέχρι σήμερα υλικά;
- Ποιες είναι οι δυνατότητες που παρέχει η νέα τεχνολογία υλικών;
- Ποια η σημασία των υλικών στην αρχιτεκτονική δημιουργία;



ευρήματα

Ιστορική αναδρομή

Ιστορική αναδρομή



Πάνω. Αρχαία πέτρινα εργαλεία που δείχνουν το ρυθμό των αξιοσημείωτων τεχνολογικών βελτιώσεων με την πάροδο του χρόνου μετρημένο σε εκατομμύρια χρόνια (Ma).

Κάτω. Χάλκινες λεπίδες



Η ανθρώπινη ιστορία συνδέεται με τα υλικά που ήταν διαθέσιμα σε παλαιότερους πολιτισμούς και πολλά άλλα που πρόσφατα είχαμε τη δυνατότητα να δημιουργήσουμε. Οι αρχαίοι πολιτισμοί ξεκίνησαν την ύπαρξή τους κάνοντας χρήση της πέτρας, του χώματος, των φυτών και των οστών που ήταν διαθέσιμα στα τοπικά περιβάλλοντα. Το μοναδικά μέταλλα που ήταν διαθέσιμα σε αυτούς τους πολιτισμούς ήταν φυσικά μέταλλα όπως ο χρυσός και ο χαλκός που βρίσκονται σε σπάνιες περιπτώσεις σε μεταλλική μορφή απευθείας από τη γη. Για σχεδόν 2,3 εκατομμύρια χρόνια, οι άνθρωποι ζούσαν μόνο με αυτά τα εμφανιζόμενα στον τόπο τους υλικά και εκείνα που ήταν εύκολα στην απόκτηση τους σε μια περίοδο γνωστή ως Η εποχή των λίθων.

Γύρω στα 3000 π. Χ., αναπτύσσεται τεχνική για την παραγωγή μετάλλων από ορυκτά μεταλλεύματα και η Εποχή του Χαλκού ξεκινά. Οι πολιτισμοί μαθαίνουν να παράγουν χαλκό και αργότερα κράματα όπως ο μπρούτζος (μίγμα των μετάλλων Χαλκού και Κασσίτερου) με τήξη. Η τεχνική χρησιμοποιεί θερμότητα και χημικές αντιδράσεις για παραγωγή μετάλλου από το πιο περίπλοκο μίγμα ορυκτών που βρίσκονται στα μεταλλεύματα. Αυτά τα μέταλλα ήταν χρήσιμα για τη δύναμη και την ικανότητά τους να πλάθονται σε σχήματα. Αντικατέστησαν την πέτρα ως το πιο σημαντικό υλικό για κατασκευή εργαλείων και έργων τέχνης.

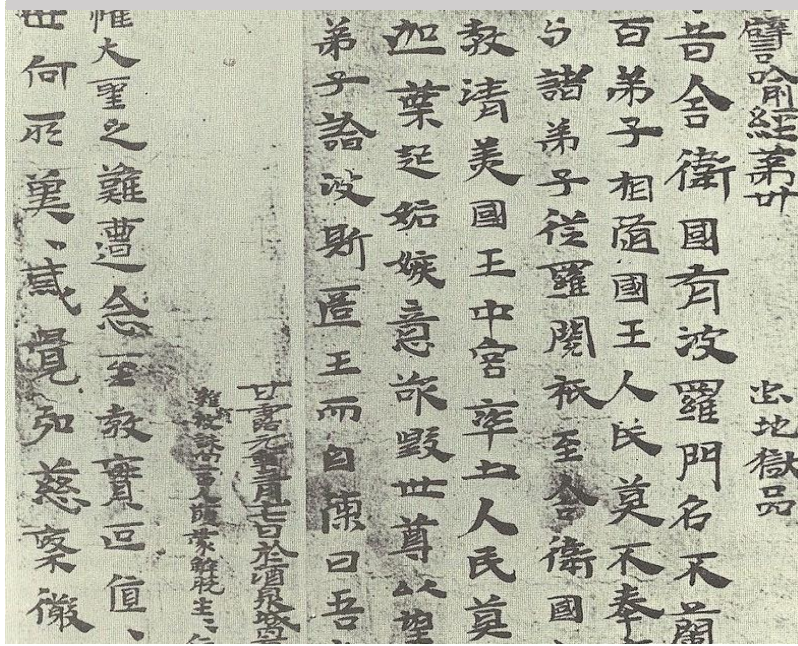
Η ανακάλυψη μιας μεθόδου για παραγωγή σιδήρου και ατσαλιού (κράμα σιδήρου και άνθρακα) από μέταλλευμα έγινε γύρω στο 1200 π.Χ., και έτσι ξεκινά η Εποχή του Σιδήρου . Η Κατασκευή του σιδήρου είναι πιο περίπλοκη όσον αφορά τη διαδικασία τήξης από εκείνη του Χαλκού και Μπρούτζου. Απαιτεί πιο σταθερή θερμοκρασία και ως εκ τούτου καλύτερη τεχνολογία κλιβάνου. Τα εργαλεία από σίδηρο και τα όπλα είναι σχεδόν ίσα σε βάρος με εκείνα που κατασκευάζονται από χαλκό και μπρούτζο, ενώ είναι ισχυρότερα, κάνοντας το σίδηρο υλικό με μεγαλύτερη ζήτηση. Καθώς οι πολιτισμοί ανέπτυξαν όλο και περισσότερο την τεχνολογική τους ικανότητα, σταδιακά δημιούργησαν μερικά από τα γνωστά εργαλεία και τεχνολογίες που γνωρίζουμε σήμερα. Η γεωργία, ασχολία κλειδί της προόδου της ανθρώπινης ιστορίας, ασκείται τουλάχιστον από το 10000 π.Χ. Ο τροχός αναπτύχθηκε περίπου στα 4000 π.Χ., και το πρώτο σύστημα γραφής , σφηνοειδές και Ιερογλυφικά, αναπτύχθηκε περίπου 500 χρόνια αργότερα.

Η πιο πρόσφατη μέθοδος παραγωγής Στυαλιού με τήξη της άμμου και άλλων ορυκτών με βάση τον χαλαζία, αναπτύχθηκε γύρω στο 2500 π.Χ. Περίπου στα 500 μ.Χ., ο Μεσαίωνας άρχισε να παίρνει μορφή. Η Εισαγωγή χαρτιού στην Ευρώπη (Που αναπτύχθηκε για πρώτη φορά στην Κίνα γύρω 200 μ.Χ.) και η εφεύρεση της Εκτυπωτικής μηχανής το



Πάνω. Σκαφτικό εργαλείο φτιαγμένο από χαλκό.

Κάτω. Το παλαιότερο βιβλίο που καταγράφεται το 256 .





Πάνω. Κατά το έτος 1822, ένας Άγγλος εφευρέτης, ο George Stephenson εφηύρε το πρώτο τρένο που δούλευε με ατμομηχανή.

Κάτω. Ο Henry Ford ήταν μακράν ένας από τους πιο επιτακτικούς εφευρέτες της Βιομηχανικής Επανάστασης. Η πρωτογενής του εφεύρεση, το αυτοκίνητο, άλλαξε τη ζωή όπως την ξέρουμε.



1450 ήταν σημαντική τεχνολογική εξέλιξη κατά την περίοδο αυτού του χρόνου. Μέχρι τη δεκαετία του 1500, οι πολιτισμοί εισήλθαν στην Πρώιμη Νεότερη περίοδο, τότε ήταν που το εμπόριο και η τεχνολογία απέκτησαν νέα επίπεδα πολυπλοκότητας.

Η βιομηχανική επανάσταση άρχισε γύρω στο 1760 και σημάδεψε την εισαγωγή νέας περιόδου επιστημονικών και τεχνολογικών ανακαλύψεων συμπεριλαμβανομένης της ανάπτυξης της ισχύος του ατμού, καθώς και της παραγωγής και χρήσης του σιδήρου και τσιμέντου ως δομικά υλικά.

Πιο πρόσφατα ορόσημα περιλαμβάνουν την ανάπτυξη συνθετικών πλαστικών γύρω στο 1900 και την ταυτοποίηση του πρώτου συνθετικού νανοϋλικού, το φουλερένιο άνθρακα, το 1985. Με την ανάπτυξη αυτών των νέων υλικών, έχουν κατασκευαστεί νέα προϊόντα και τεχνολογίες όπως υπολογιστές, διαστημικά οχήματα και ρομποτικά αντικείμενα. Η ανάπτυξη της επιστήμης των υλικών και η εισαγωγή νέων υλικών σε κάθε εποχή της ιστορίας έχει καταστήσει δυνατή την τεχνολογική πρόοδο και τις νέες πολιτιστικές πρακτικές.

• <https://www.acs.org/content/dam/acsorg/education/whatischemistry/landmarks/bakelite/bakelite-materials-landmark-lesson-plan.pdf>

Υλικά και Αρχιτεκτονική

Ο άνθρωπος έκανε το πρώτο βήμα προς την αρχιτεκτονική πιθανότατα περίπου 350 χιλιάδες χρόνια π.Χ. στην Αφρική, κτίζοντας τις πρωτόγονες καλύβες. Αυτή ήταν η αρχή του έργου που συνεχίζεται μέχρι σήμερα, και οι συνέπειες που απορρέουν από την τεχνική του ιδέα έχουν φτάσει σε μια αδιανόητη κλίμακα στις αρχές του εικοστού πρώτου αιώνα.

Περίπου το 8000 π.Χ., η χρήση της λάσπης για την κατασκευή τούβλων, που στη συνέχεια έχουν ξηρανθεί στον ήλιο, έγινε το σημείο καμπής. Αν και το όριο μεταξύ της κατασκευής ως έχει και της αρχιτεκτονικής είναι αρκετά σαφές, η στιγμή κατά την οποία η κατασκευή τελειώνει και η τέχνη αρχίζει είναι πολύ λεπτή και αδιαμφισβήτητα δύσκολο να αναγνωριστεί. Είναι αδύνατο να μην ληφθεί υπόψη σε αυτό το πνευματικό ταξίδι η προϊστορική τέχνη που οδηγεί στην αρχαία Αίγυπτο με μοναδικά κτίρια, πυραμίδες, γιγαντιαίους ναούς και άλλες εγκαταστάσεις, καθώς και ενδιαφέροντα κτήρια σε άλλες χώρες. Οι Αιγύπτιοι κυριάρχησαν την τέχνη της κατασκευής και της δημιουργίας με τη χρήση προσιτής πέτρας.



Πάνω. Οι συστηματικές ανασκαφές (1992 και μετά) αποκαλύπτουν τα λείψανα ενός εκτεταμένου λιμναίου οικισμού ,τον οικισμό του Δισπηλιού, της Μέσης και Νεότερης Νεολιθικής περιόδου που είναι από τους σημαντικότερους και παλαιότερους του είδους.

Κάτω. πλίνθινη τοιχοποιία .





Πάνω. Η αψίδα του Θριάμβου στη Ρώμη.

Κάτω. Ο ναός της Αγίας Σοφίας.

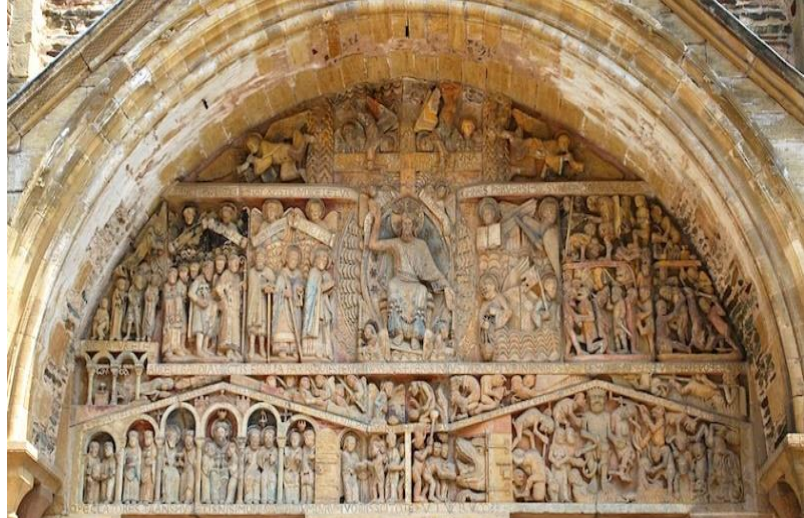


Φαίνεται ότι παντού στον κόσμο η ιδέα της χρήσης πέτρας (ανεξαρτήτως διαφορετικών θρησκευτικών ή επιστημονικών και αστρονομικών λειτουργιών) προήλθε από τη διαχρονική - σε ανθρώπινη κλίμακα - αντοχή, η οποία έγινε εγγενές μέρος του αιώνιου προβλήματος της αντιπαράθεσης μεταξύ της ύπαρξης και του θανάτου - τη μεταβίβαση της ανθρώπινης ζωής και την αιωνιότητα της πέτρας.

Με τη σειρά της, η αρχιτεκτονική τέχνη της αρχαίας Ελλάδας - με το ανθρωπιστικό της μήνυμα και την προσοχή στην ομορφιά και τις αναλογίες - άνοιξε επίσης το δρόμο για τα πέτρινα κτίρια της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας - με την περίφημη αψίδα του Θριάμβου στη Ρώμη που ανεγέρθηκε για να τιμήσει τις νίκες του αυτοκράτορα Κωνσταντίνου που βασίλεψε από το 306 ως το 337. Μετά την πτώση της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας, ο ρωμαϊκός πολιτισμός εξακολούθησε να αναπτύσσεται. Ένα εξαιρετικό παράδειγμα αυτής της περιόδου είναι το εξαιρετικό έργο της ανθρώπινης μεγαλοφυΐας - η Αγία Σοφία στην Κωνσταντινούπολη - αρχικά χριστιανική εκκλησία χτισμένη κατά τη διάρκεια της βασιλείας του αυτοκράτορα Ιουστινιανού κατά τα έτη 532-537, που είναι ένας θησαυρός της κατασκευής και της αρχιτεκτονικής τέχνης καθώς και της λεπτομέρειας.

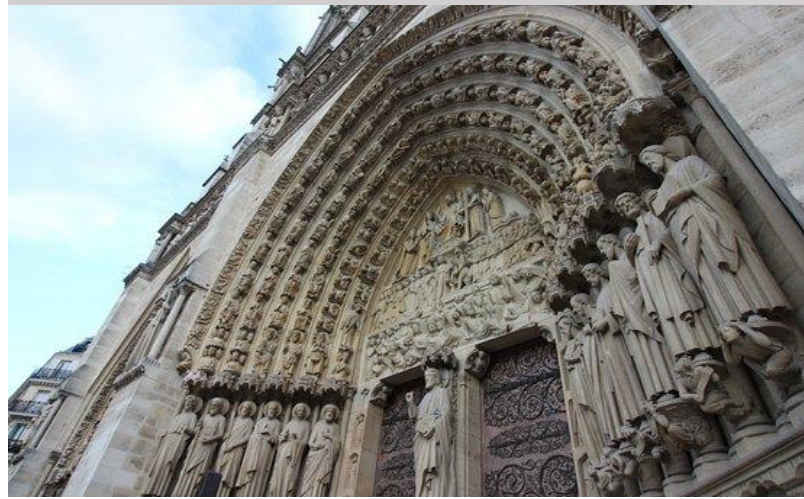
Οι τεχνικές λύσεις στην κατασκευή του θόλου που εφαρμόστηκε και η εισαγωγή των αντηρίδων ήταν ένα τεράστιο βήμα προς τα εμπρός στην ιστορία της αρχιτεκτονικής σκέψης. Η σύντομη περίοδος κατασκευής αυτού του τεράστιου ναού δεν εμπνέει τίποτα λιγότερο από θαυμασμό. Ο Μεσαίωνας είναι γεμάτος με παραδείγματα ρωμανικής αρχιτεκτονικής, βασισμένα σε μια σειρά λύσεων που προέρχονται από την αρχαία Ρώμη. Ένα κλασικό παράδειγμα της ρωμανικής τέχνης είναι η εκκλησία Sainte-Foy του 11ου αιώνα στο Conques στη Γαλλία, στο Benedictine Abbey.

Αυτό που αποπνέει ιδιαίτερα είναι η εργασία της πέτρας ως κύριου οικοδομικού υλικού. Στα μετέπειτα μεσαιωνικά χρόνια κυριάρχησε το γοτθικό ύψος. Το γοτθικό στυλ εισήγαγε μοναδικά συστήματα κατασκευής σκελετού, τα οποία αποτελούνταν από τοξωτούς θόλους με εγκάρσιες ραβδώσεις, αψίδες αντίστασης, αντηρίδες κλπ. Ένα ιδιαίτερο παράδειγμα της γοτθικής κατασκευής είναι ένα από τα μεγαλύτερα και ωραιότερα επιτεύγματα του γοτθικού καθεδρικού ναού της Notre Dame στο Chartres (1194-1225) στη Γαλλία - με παράθυρα τύπου lancet, ψηλή οροφή και εξίσου ψηλούς πύργους καθώς και μοναδικά παράθυρα από βιτρό. Εδώ επιτεύχθηκε απόλυτη μαεστρία στην επεξεργασία πέτρας, στα γλυπτά, παράθυρα από βιτρό και στις ροζέτες.



Πάνω. Λεπτομέρεια από την εκκλησία Sainte-Foy .

Κάτω. Λεπτομέρεια από τον ναό της Notre Dame.





Ο καθεδρικός ναός στη Σιένα της Ιταλίας.



Ομοίως, ο καθεδρικός ναός της Σιένα στην Ιταλία (1258-1285) παρουσιάζει την υψηλότερη δεξιοτεχνία της επεξεργασίας πέτρας - χρησιμοποιώντας διάφορους συνδυασμούς χρωμάτων και μωσαϊκών. Ταυτόχρονα - παράλληλα - ακολούθησε μια τεράστια αρχιτεκτονική άνθηση σε άλλα μέρη του κόσμου, η οποία αναφέρεται σε αιθιοπικά (κοπτικά), ινδικά, κινέζικα, καμποτζιανά, inca, ιαπωνικά και άλλα παραδείγματα αρχιτεκτονικής. Επίσης, το κυρίαρχο οικοδομικό υλικό είναι πέτρινο. Μερικές φορές η ανθρώπινη μεγαλοφυΐα επέτρεψε να σκαλισθεί ένας πέτρινος ναός (με πλούσιες φλέβες ορυκτών) με κοίλωμα ολόκληρου του βουνού από το εσωτερικό.

Εντυπωσιακά έργα τέχνης δημιουργήθηκαν χρησιμοποιώντας διαφορετικούς τύπους χρωμάτων πέτρας για επίστρωση, γεωμετρικά μωσαϊκά, ανοιχτά και διακοσμητικά αραβουργήματα. Το φως, ο ήχος και το νερό χρησιμοποιήθηκαν για να ενισχύσουν τις καλλιτεχνικές εμπειρίες. Από τα τέλη του 15ου αιώνα ο 16ος αιώνας κυριαρχείται από την τέχνη της Αναγέννησης στην αρχιτεκτονική, το κύριο μήνυμα του οποίου ήταν να επιστήσει την προσοχή στη δύναμη της ανθρώπινης σκέψης και της αντίληψης του ανθρώπου ως ένα είδος "Κέντρο" του κόσμου. Οι καλές τέχνες, η λογοτεχνία, η μουσική, η γλυπτική, η ζωγραφική και η αρχιτεκτονική υποστηρίχθηκαν από τα νέα φιλοσοφικά ρεύματα - που επικεντρώθηκαν στην κληρονομιά της ελληνικής και της ρωμαϊκής

αρχαιότητας. Το λίκνο της τέχνης της Αναγέννησης ήταν η Ιταλία. Ο υπέροχος καθεδρικός ναός της Santa Maria del Fiore στη Φλωρεντία είναι ένα εξαιρετικό παράδειγμα της αρχιτεκτονικής εκείνης της περιόδου. Το βασικό οικοδομικό υλικό είναι πέτρα με υπέροχα μωσαϊκά και γλυπτικές συνθέσεις, σπειροειδείς κίονες κλπ.

Την εποχή εκείνη, το 1410, ένα μεγάλο συγκρότημα παλατιών για την αυτοκρατορική οικογένεια της Δυναστείας Μινγκ (Απαγορευμένη Πόλη) χτίστηκε στο Πεκίνο. Στο τέλος του δέκατου έκτου αιώνα ένα νέο στυλ που ονομάζεται Μπαρόκ γεννήθηκε στην Ιταλία. Αυτό το στυλ εξαπλώθηκε σε όλη την Ευρώπη και διήρκεσε μέχρι τα μέσα του 17ου αιώνα.

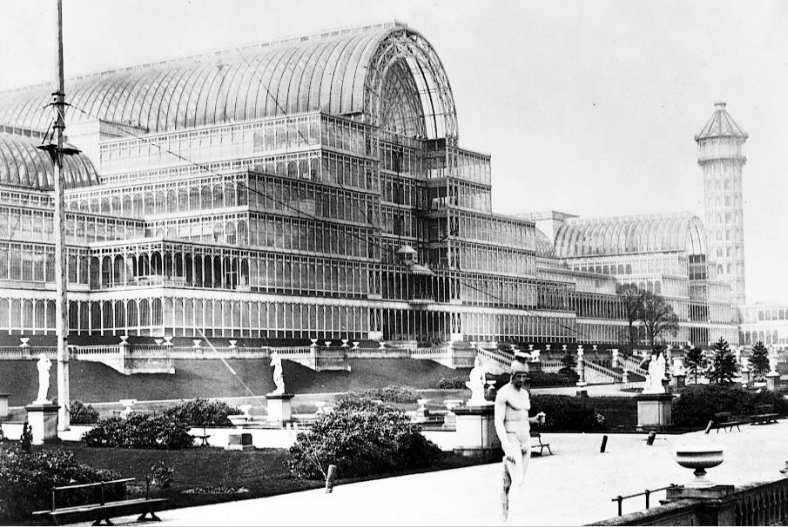
Στο δεύτερο μισό του δέκατου έβδομου αιώνα εξελίχθηκε το κλασσικό ύφος, το οποίο ήταν ένα είδος αντιπαράθεσης στη λαμπρότητα και το χρυσό που κυριάρχησε στο μπαρόκ. Εξαιρετικά παραδείγματα του 207. Αυτό το στυλ περιλαμβάνει την εκκλησία της Santa Maria della Salute στη Βενετία (1681), το Κάστρο του Λευκού Ηρώου στο Himeji της Ιαπωνίας (1608), το Παλάτι των Βερσαλλιών (1678) και το Τζαμί του Shah Abbas στο Isfahan του Ιράν (1628). Στις απαρχές του 19ου αιώνα στην αρχιτεκτονική και την κατασκευή κυριαρχούσε η βιομηχανική επανάσταση, η οποία, απλούστερα, άλλαξε τον κόσμο.



Πάνω. Ο καθεδρικός ναός της Santa Maria del Fiore .

Κάτω. Το εσωτερικό του Παλατιού των Βερσαλλιών.





Το εκθεσιακό περίπτερο ,Crystal Palace



Τα κτίρια της περιόδου αυτής προσαρμόστηκαν στις τεχνολογικές και παραγωγικές ανάγκες των μεγάλων βιομηχανικών εγκαταστάσεων και εργοστασίων. Πάνω απ' όλα, οι νέοι τύποι δομικών υλικών, ιδίως ο σίδηρος και το γυαλί, επηρέασαν τη βιομηχανική επανάσταση. Δημιούργησαν νέες δυνατότητες για τους αρχιτέκτονες. Εξαιρετικά ανθεκτικά μεταλλικά πλαίσια δημιουργήθηκαν από σίδηρο και οι χώροι μεταξύ των στοιχείων χαλύβδινου πλαισίου γεμίζουν με τούβλο, σκυρόδεμα ή γυαλί.

Οι νέες τεχνολογίες ξεκίνησαν την εποχή των ουρανοξυστών, όπως αποδείχθηκε από τον πρώτο (δέκα ορόφους, ο οποίος φαίνεται τώρα μικροσκοπικός) ουρανοξύστη στον κόσμο - το Κτίριο Ασφάλισης Κατοικίας του Σικάγο (1871) χαλύβδινος κατασκευής γεμάτο τούβλα.

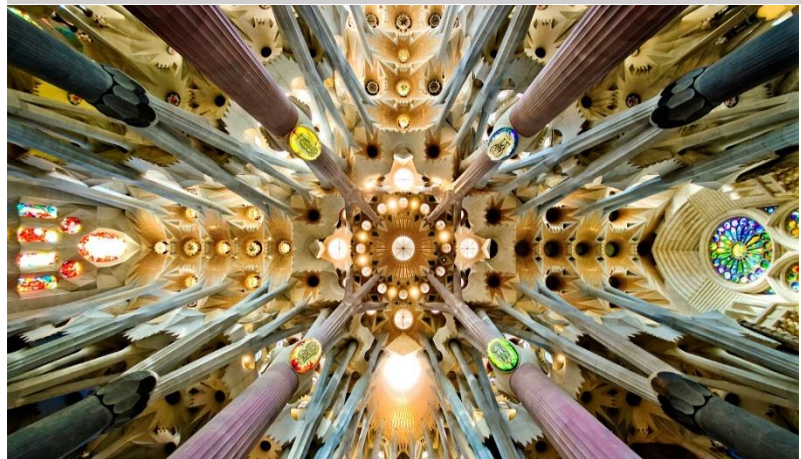
Ιδιαίτερα κτίρια της εποχής εκείνης ήταν το Crystal Palace (1851), ένα γιγάντιο εκθεσιακό περίπτερο από γυαλί και χάλυβα (σχεδιασμένο από τον Joseph Paxton) για τις βρετανικές εφευρέσεις στην Παγκόσμια Έκθεση στο Λονδίνο και τον Πύργο του Άιφελ (1889) , Το υψηλότερο κτίριο της εποχής, ένα σύμβολο των μέγιστων τεχνικών δυνατοτήτων. Η αρχή του εικοστού αιώνα είναι μια ειδική περίοδος για τις τεχνολογικές προκλήσεις, που είναι το συμπλήρωμα ενός νέου αρχιτεκτονικού στυλ που ονομάζεται Μοντερνισμός.

Τα νεωτεριστικά κτήρια χαρακτηρίζονται από απλότητα και λειτουργικότητα. Κάθε μέτρο της επιφάνειας σχεδιάστηκε προσεκτικά από την άποψη αυτή. Τα νέα δομικά υλικά βελτιώνονταν διαρκώς μέσω της χρήσης π.χ. Χρωμίου, πλαστικού κλπ., Γεγονός που προκάλεσε τη δημιουργία και την εφαρμογή όλο και πιο τολμηρών οραμάτων. Έτσι, ο Antonio Gaudí (1903) χτίζει ένα αξιόλογο έργο αρχιτεκτονικής στη Βαρκελώνη - την εκκλησία Sagrada Família. Συνδυάζοντας διαφορετικές τεχνολογίες και υλικά κατασκευής, τολμηρές χωρικές λύσεις, έργα γλυπτικής, ψηφιδωτά διακοσμητικά κ.λπ., πέτυχε ένα αποτέλεσμα που ξεπέρασε όλες τις αντιλήψεις που αναφέρονται στη σύγχρονη κατανόηση της τέχνης. Κατά τα έτη 1929-1931, το ψηλότερο κτίριο εκείνη την εποχή ανεγέρθηκε στη Νέα Υόρκη - το Empire State Building (σχεδιασμένο απ' την αρχιτεκτονική εταιρεία Shreve, Lamb και Harmon) με 102 ορόφους.

Εκτός από το γυαλί και το τούβλο, χρησιμοποιήθηκαν προκατασκευασμένες πλάκες από σκυρόδεμα τοποθετημένες απευθείας στον σκελετό από χάλυβα (σύμφωνα με ένα καινοτόμο σύστημα) για να γεμίσουν τη δομή ανοιχτού χώρου του ουρανοξύστη. Η αρχή του εικοστού αιώνα είναι επίσης μια μεγάλη ποικιλία αρχιτεκτονικών ιδεών και αρχιτεκτονικών στυλ, και ταυτόχρονα ένα είδος μανιφέστου της ανεξαρτησίας της αρχιτεκτονικής σκέψης, που δεν αναφέρεται στο παρελθόν σκόπιμα, έχοντας τη φιλοδοξία να προσφέρει πλήρως καινοτόμες λύσεις.



Sagrada Família. Αν και η κατασκευή της είχε ξεκινήσει το 1882, ο Gaudí αφιέρωσε τα τελευταία του χρόνια στο έργο και όταν πέθανε το 1926, λιγότερο από το ένα τέταρτο του έργου είχε ολοκληρωθεί. Αναμενόμενη ημερομηνία ολοκλήρωσης το 2026.





Πάνω. Η πόλη της Brasília . Κάτω . Το κτίριο Centre Pompidou στο Παρίσι.



Ένα από τα παραδείγματα, είναι η πόλη της Brasília στη Βραζιλία (1955, από το 1960 η πρωτεύουσα της Βραζιλίας) που χτίστηκε από την αρχή με την καινοτόμο αρχιτεκτονική και την αστικοποίηση (σύμφωνα με τα σχέδια και κατόψεις των L. Costa και O. Niemeyer και άλλων επιφανών αρχιτεκτόνων), που χαρακτηρίζονται από φανταστικές αρχιτεκτονικές μορφές σε στενή επαφή με γλυπτά και πίνακες ζωγραφικής .

Ένα αναμφισβήτητο σημείο στο χώρο της ανάπτυξης της αρχιτεκτονικής σκέψης ήταν το κίνημα του φανκσιοναλισμού. Σύμφωνα με τις υποθέσεις του, τα σχήματα και οι μορφές των κτηρίων ήταν εντελώς υποδεέστερα στις λειτουργίες τους. Ένα πρωταρχικό παράδειγμα αυτού του τρόπου σκέψης είναι το Centre Pompidou στο Παρίσι (σχεδιασμένο από τους Richard Rogers και Renzo Piano, 1976).

Η δομή, η επικοινωνία, η λειτουργία και η τεχνική υποδομή του κτηρίου τέθηκαν πλήρως στο προσκήνιο. Ο Norman Foster παρουσίασε έναν παρόμοιο τρόπο σκέψης με τον σχεδιασμό της Τράπεζας Χονγκ Κονγκ και Σαγκάης στο Χονγκ Κονγκ (1979-1986). Όπως αποδείχθηκε, αυτά τα επιτεύγματα, αλλά και τα χωρικά και αρχιτεκτονικά πειράματα, είχαν ως αποτέλεσμα τον σχηματισμό μεταμοντέρνων κτηρίων (ή ήταν ένα είδος σημείου αναφοράς για κάποιες άλλες αναζητήσεις). Αυτές ήταν συχνά μια προσπάθεια "να γευτούμε το παρελθόν".

Οι αρχιτέκτονες αξιοποίησαν τα τελευταία επιτεύγματα στον τομέα των κατασκευών και της τεχνικής σκέψης και των σύγχρονων υλικών και τεχνολογιών (μέταλλο, χαλκό και αλουμίνιο, γυαλί, τούβλα, σκυρόδεμα κλπ.). Νέες τεχνολογικές δυνατότητες και νέα δομικά υλικά σημαίνουν ότι δεν υπάρχουν ουσιαστικά όρια για σύγχρονα αρχιτεκτονικά έργα. Οι αρχιτέκτονες και οι επενδυτές - ειδικά στις ασιατικές πόλεις όπως το Χονγκ Κονγκ, η Σαγκάη, το Πεκίνο ή το Τόκιο - συμμετέχουν σε ένα περίεργο αγώνα για ολοένα ψηλότερα κτίρια. Οι επιβλητικοί ουρανοξύστες του Πύργου Petronas στην Κουάλα Λουμπούρ της Μαλαισίας (452 μέτρα, 1999) δημιούργησαν ευρύτατο θαυμασμό για το σχεδιασμό τους που δεν χρονολογείται πολύ νωρίς. Επί του παρόντος, η αδιαφιλονίκητη πρώτη θέση ανήκει στο Burj Khalifa (829 μέτρα ύψος) στο Ντουμπάι (2010, Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα). Και είναι γνωστό ότι υπάρχουν σχέδια για την κατασκευή άλλων κατόχων ρεκόρ ύψους.

- Małgorzata Metges, Technical Transactions, Historical overview of the importance of building materials in architecture, 2015



Burj Khalifa , Ντουμπάι ,Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα , 2010

Σημασία των υλικών



A. John, E. Roebling, Κρεμαστή Γέφυρα του Brooklyn, New York, 1867-1883, με «νεογοτθικούς» πυλώνες.



Τα δομικά υλικά αποτελούν αναπόσπαστο μέρος του πεδίου της αρχιτεκτονικής. Η επιλεγμένη τοποθεσία καθώς και η φύση του περιβάλλοντος χώρου, καθορίζει τον τύπο του κτιρίου και την επιλογή του δομικού υλικού. Ο τύπος και η μορφή της δομής καθορίζεται από τον τύπο του χρησιμοποιούμενου υλικού. Η έννοια των «δομικών υλικών» αναδεικνύει τις αντοχές και τις οπτικές πτυχές του σχεδιασμού. Όχι μόνο παρέχουν σημασία αλλά και ενισχύουν την αισθητική ποιότητα ενός οικοδομήματος - *venustas* (ομορφιά) και *firmitas* (δομή). Τα δομικά υλικά βοηθούν σε:

- Καθιέρωση σχέσης μεταξύ οπτικής ποιότητας και Δομικής σταθερότητας
- Επιλογή της κατάλληλης τεχνικής κατασκευής
- Παροχή χαρακτήρα και οπτικής έκκλησης στη δομή
- Προσδιορισμός του χρόνου και της εποχής της κατασκευής ενός κτιρίου
- Μίξη αισθητικών στοιχείων με την πρακτικότητα
- Επισήμανση του θέματος και της ιδέας του σχεδιασμού του κτιριακού έργου
- Προσδιορισμός της κατάλληλης τοποθεσίας για ένα έργο που βασίζεται στη διαθεσιμότητα του υλικού και της καταλληλότητας του στο σχεδιασμό
- Προσδιορισμός του προϋπολογισμού των Οικοδομικών έργων

1. Κατασκευαστική Σημασία

Δομικό υλικό σημαίνει ύπαρξη κατασκευής. Αποδεικνύει τη παρουσία αισθητικής ποιότητας σε ένα σχέδιο, και ως εκ τούτου, καθορίζει την πρακτικότητα της δομής. Η χρήση οικοδομικών υλικών, ενώ σχεδιάζεται μια δομή είναι σύμβολο της ύπαρξής του στον τομέα της Αρχιτεκτονικής απεικόνισης. Βοηθά να δημιουργήσει μια σχέση μεταξύ της οπτικής ποιότητας και δομικής σταθερότητας στην αρχιτεκτονική. Η έννοια του αρχιτεκτονικού συμβολισμού δεν απομονώνεται μόνο για να σημάνει τις μεταβαλλόμενες τάσεις στον τομέα της αρχιτεκτονικής αντίθετα, είναι ανεξάρτητη από οποιοδήποτε ένστικτο και έλεγχο.

2. Κατασκευαστική Συμπεριφορά

Η αρχιτεκτονική επικεντρώνεται στις τεχνικές κατασκευής, οι οποίες με τη σειρά τους, βασίζονται στην ιδέα του σχεδιασμού ή το θέμα. Η εκτέλεση περιλαμβάνει την υιοθέτηση διαφόρων τύπων τοιχοποιίας που υποδηλώνουν διάφορους τύπους αρχιτεκτονικής, με βάση το είδος των τεχνικών κατασκευής. Τα δομικά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν επίσης έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην ονομασία ορισμένων μνημείων του παρελθόντος. Υπήρξε μια εποχή που χτίστηκαν ολοκληρωμένες δομές ενός και μόνο κτιριακού στοιχείου. Σήμερα, τα πράγματα έχουν αναπτυχθεί σε τέτοιο βαθμό ώστε διαφορετικά στοιχεία να χρησιμοποιούνται σε διαφορετικές γωνίες και γωνίες της ίδιας δομής.



Ουρανοξύστης .Louis Sullivan & A. Adler, Guaranty Building, Buffalo New York, 1894-96.



Σεντεφχάρ Μεχμέτ Αγάς, Μπλε Τζαμί, Κωνσταντινούπολη, Τουρκία, 1609-16.



3. Οπτική επίδραση

Το δομικό υλικό επηρεάζει την μορφή μιας κατασκευής, καθώς επηρεάζει τις ιδιότητες της δομής που σχετίζονται με την εμφάνιση. Επίδρα επίσης στην ανθεκτικότητα της κατασκευής. Ως εκ τούτου, ο χαρακτήρας της αρχιτεκτονικής καθορίζεται από τη σχέση της ποιότητας και της ποσότητας του χρησιμοποιούμενου οικοδομικού υλικού. Επίσης επηρεάζει τις θεωρίες της απλότητας και της πολυπλοκότητας στο πλαίσιο του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού. Έχει επίσης ενθαρρύνει την καινοτομία. Φυσικά, τα δομικά υλικά αποτελούν σημαντικό μέρος του αρχιτεκτονικού συμβολισμού. Έχουν προκαλέσει επανάσταση στον τομέα της αρχιτεκτονικής δημιουργώντας εικονικές δομές σε όλο τον κόσμο.

4. Ιστορική αξία

Ο αρχιτεκτονικός συμβολισμός αντικατοπτρίζει το είδος της αρχιτεκτονικής που χρησιμοποιείται σε σχέση με τη λειτουργία του κτιρίου. Είναι αυτή η πτυχή, η οποία κυριολεκτικά περιγράφει μια δομή. Είναι επίσης η πτυχή που συμβάλλει στη συντήρηση και διατήρηση των πολιτιστικών και ιστορικών αξιών. Σε ένα θρησκευτικό δομικό σχέδιο, το είδος ή ο τύπος του χρησιμοποιούμενου οικοδομικού υλικού απεικονίζει το είδος της αρχιτεκτονικής. Για παράδειγμα, το δομικό υλικό που χρησιμοποιείται στα τζαμιά είναι χαρακτηριστικό της ισλαμικής αρχιτεκτονικής, η οποία διαφέρει από εκείνη των ναών, η οποία μας μεταφέρει στην μαγευτική εποχή της δημιουργίας τους.

Το είδος της αρχιτεκτονικής, η μορφή της τέχνης και τα έθιμα μιας εποχής ή του πολιτισμού παίρνουν αξία από :

i) το είδος του υλικού που χρησιμοποιείται ως βασικό στοιχείο

ii) τη διαθεσιμότητα του οικοδομικού υλικού κατά την περίοδο κατασκευής της δομής

iii) η επένδυση ή η τεχνική στην οποία έχει χρησιμοποιηθεί το οικοδομικό υλικό όσον αφορά τους ιερούς τόπους και τη σχέση τους με την αρχιτεκτονική, τα οικοδομικά υλικά ευθύνονται για την παρουσία θρησκευτικών κηλίδων στον παγκόσμιο χάρτη. Τα είδη των συμβόλων που χρησιμοποιούνται σε αυτές τις κατασκευές δείχνουν την εποχή της ανέγερσης και παρέχουν πληροφορίες για την περίοδο κατά την οποία χτίστηκαν και για τους βασιλιάδες που τις έχτισαν. Ως εκ τούτου, τα δομικά υλικά λειτουργούν επίσης ως καταγραφές χρόνου και μας βοηθούν να μάθουμε πώς εξελίχθηκε η τέχνη στην κατασκευή. Είτε πρόκειται για ιερούς χώρους ή για οποιαδήποτε δομή θρησκευτικής σημασίας, τα δομικά υλικά συμβάλλουν σημαντικά στη διατήρηση της αληθινής αισθητικής του θέματος και της λειτουργίας της δομής. Διατηρούν τα έθιμα και τις παραδόσεις χωρίς να παραβιάζουν τη φιλοσοφία του σχεδίου. Τα δομικά υλικά ενσταλάζουν την αίσθηση της λειτουργίας και της χρησιμότητας, παρέχουν αισθητική ευχαρίστηση χωρίς να χάσουν την εστίαση της πρακτικότητας.





Το μνημείο του Stonehenge στη Νότιο Αγγλία, κατά τη
πρώιμη εποχή του χαλκού. Τεχνική τελειότητα μνημείου σε
συνδυασμό με είδος οπτικών διορθώσεων.



5. Αρχιτεκτονικά δομικά στοιχεία

Τα στοιχεία μιας δομής κτιρίου βασίζονται συνήθως στο είδος του υλικού που χρησιμοποιείται στην κατασκευή του. Κάθε διαίρεση του χώρου σε ένα σχέδιο λαμβάνει υπόψη το κύριο θέμα ή την έννοια της δομής. Ανάλογα με τα δομικά υλικά, κάθε στοιχείο του κτιρίου σχετίζεται με το άλλο όσον αφορά τις έννοιες του χρώματος, των πρόσθετων στοιχείων και της τελικής μορφής. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για ένα στοιχείο επίσης, συχνά, συμβάλλουν στην ορολογία του. Αυτά τα υλικά φέρνουν το θέμα και την έννοια του σχεδιασμού.

- Małgorzata Melges, Technical Transactions, Historical overview of the importance of building materials in architecture, 2015
- Ar. Partha Sarathi Mishra, Building Material: Significance and Impact on Architecture, Σεπτέμβριος 2014



Τύποι των υλικών

Τύποι Υλικών

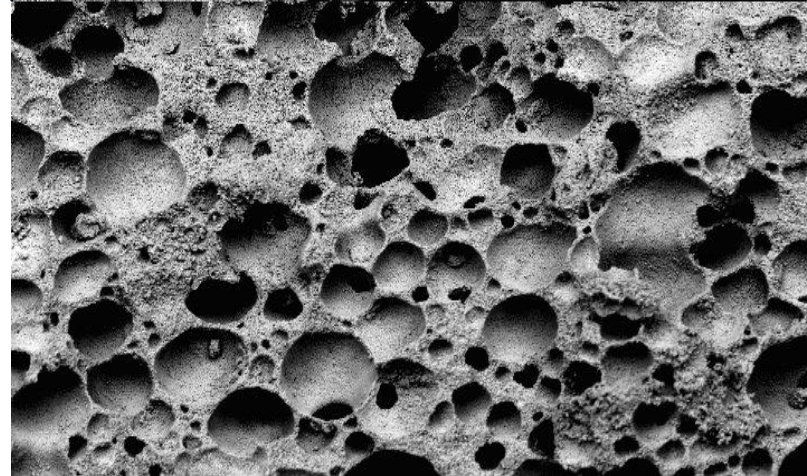
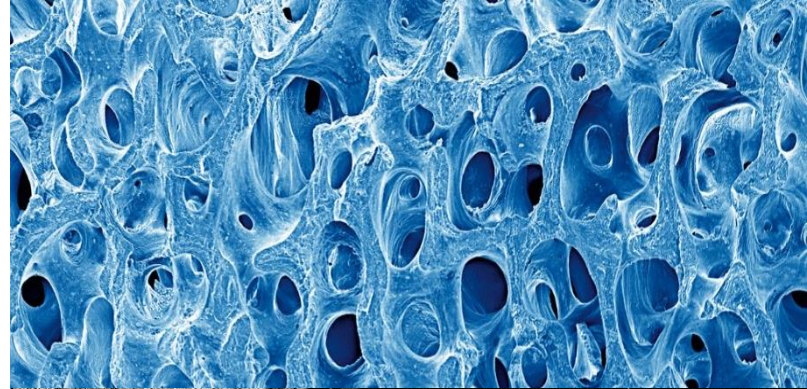
Τα υλικά χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με την δομή, τον τρόπο σύνθεσης, την αντίδραση τους σε φυσικές ή τεχνητές συνθήκες καθώς και τις ιδιότητές τους. Παρακάτω φαίνονται οι τύποι αυτοί των υλικών, η ιστορία τους και τα χαρακτηριστικά τους όπως αυτά έχουν καταγραφεί.

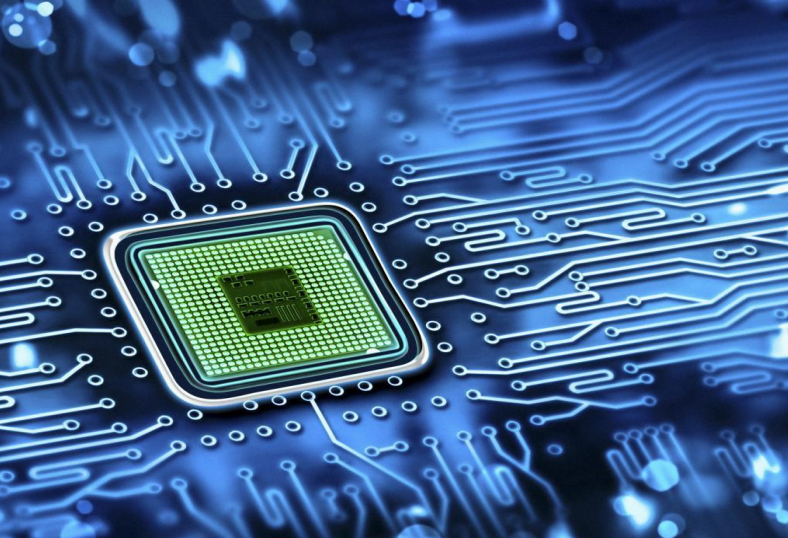
Βιοϋλικά

Ένα βιολογικό υλικό είναι οποιαδήποτε ουσία που έχει σχεδιαστεί για να αλληλεπιδρά με βιολογικά συστήματα συνήθως για ιατρικό σκοπό - είτε θεραπευτική (θεραπεία, αύξηση, αποκατάσταση ή αντικατάσταση μιας λειτουργίας ιστού του σώματος) είτε διαγνωστική. Η μελέτη των βιοϋλικών καλείται επιστήμη βιοϋλικών ή μηχανική βιοϋλικών. Η επιστήμη των βιοϊατρικών υλικών περιλαμβάνει στοιχεία της ιατρικής, της βιολογίας, της χημείας, της μηχανικής ιστών και της επιστήμης των υλικών.

Κεραμικά

Ένα κεραμικό είναι ένα μη μεταλλικό υλικό που αποτελείται από ανόργανα μόρια, που κανονικά παρασκευάζονται με θέρμανση μιας σκόνης ή ιλύος. Πολλά κοινά κεραμικά αποτελούνται από οξείδια ή ενώσεις νιτρίδιου και είναι εξαιρετικά κρυσταλλικά με μακρά σειρά μοριακής τάξης. Ορισμένα κεραμικά είναι εν μέρει ή πλήρως άμορφα, χωρίς μακροχρόνια μοριακή διάταξη. Αυτά συνήθως ταξινομούνται ως υαλώδη υλικά.





Ημιαγωγοί

Οι ημιαγωγοί είναι μια ειδική περίπτωση ηλεκτρονικών υλικών που συνδυάζουν δύο διαφορετικά ηλεκτρικά αγωγιμα υλικά, συνήθως κεραμικά. Ο ημιαγωγός είναι επίσης γνωστός ως σύνδεση P-N, όπου ένα υλικό επιτρέπει στα «χαλαρά» ηλεκτρόνια να κινούνται μέσω μιας διατεταγμένης δομής και η άλλη επιτρέπει οπές (θέσεις που ένα ηλεκτρόνιο θα μπορούσε να είναι, αλλά απουσιάζει) να κινούνται με τον ίδιο τρόπο. Αυτή η συμπεριφορά και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ φορέων φορτίου και φωτονίων επιτρέπουν στους ημιαγωγούς να αποθηκεύουν δυαδικές πληροφορίες, να σχηματίζουν λογικές πύλες και να μετατρέπουν μεταξύ τάσης, φωτός, θερμότητας και δύναμης ως αισθητήρες και εκπομπούς.

Ξύλο

Το ξύλο είναι ένα σύνθετο, φυσικό υλικό κατασκευασμένο από λιγνίνη και κυτταρίνη. Η λιγνίνη συγκρατεί την κυτταρίνη σε συμπίεση στη θέση της έτσι ώστε οι ίνες κυτταρίνης να μπορούν να φέρουν εφελκυστικά φορτία. Το ξύλο έχει εξαιρετικές δομικές ιδιότητες, λόγω του χαμηλού βάρους του και της υψηλής αντοχής του.

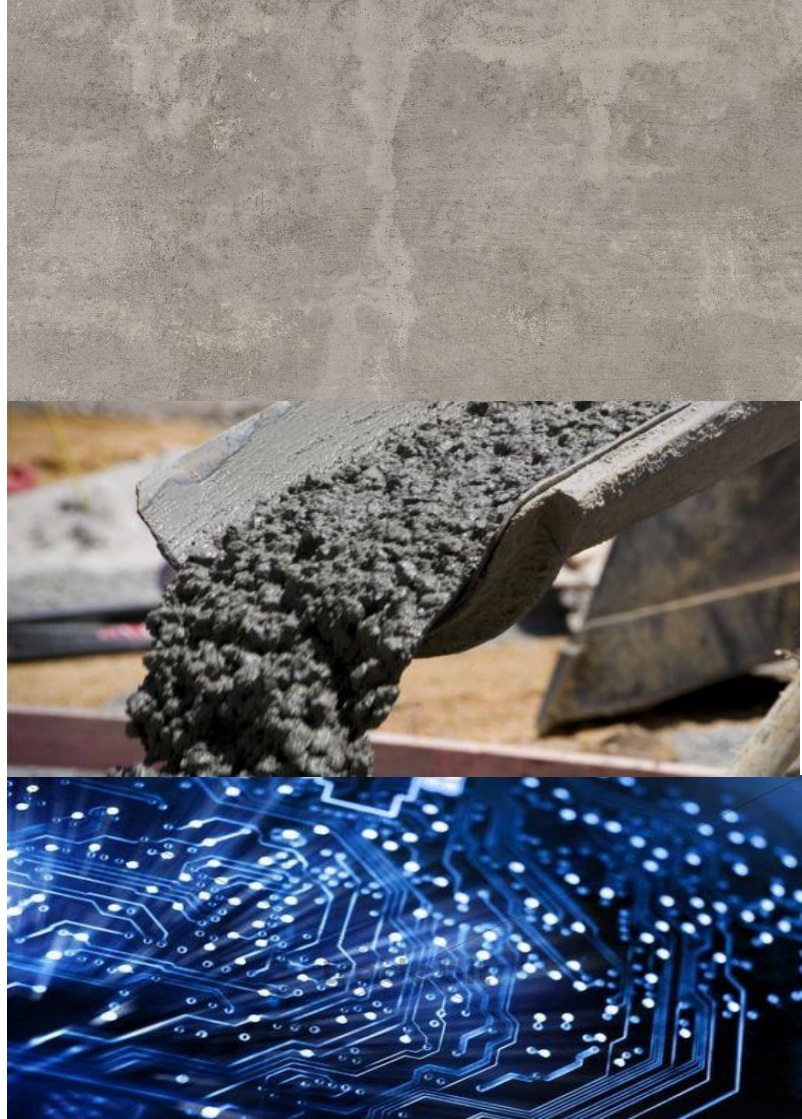


Σκυρόδεμα

Το σκυρόδεμα είναι ένα κεραμικό σύνθετο που αποτελείται από νερό, άμμο, χαλίκι, θρυμματισμένη πέτρα και τσιμέντο. Τα συστατικά αναμιγνύονται καλά μεταξύ τους και χύνεται σε μορφή. Αφού το σκυρόδεμα είναι εντελώς στεγνό, έχει εξαιρετική αντοχή στη θλίψη. Ίσως η πρώτη γνωστή εμφάνιση τσιμέντου ήταν πριν από δώδεκα εκατομμύρια χρόνια. Στο χρόνο, μικρές χρήσεις σκυροδέματος παρατηρούνται πριν χιλιάδες χρόνια. Τα υλικά που μοιάζουν με σκυρόδεμα χρησιμοποιήθηκαν από το 6500 π.Χ. από τους εμπόρους Nabataea ή από τους Βεδουίνους. Το συγκεκριμένο υλικό έχει παίξει πολύ σημαντικό ρόλο στον τομέα της Αρχιτεκτονικής στην διάρκεια των χρόνων και συνεχίζει να παίζει ακόμα καθώς εμφανίζονται νέες, μοντέρνες και καινοτόμες ιδέες για την χρήση του στα κτίσματα. Η χρήση του δεν έγινε τυχαία καθώς είναι αρκετά ανθεκτικό στον χρόνο, αποδίδει ωραίες υφές και χρησιμοποιείται αρκετά στην στήριξη της εκάστοτε κατασκευής με πολύ καλά αποτελέσματα.

Ηλεκτρονικά / Οπτικά

Τα ηλεκτρονικά / οπτικά υλικά είναι προσαρμοσμένα για τη διεξαγωγή ηλεκτρισμού ή φωτός. Αυτά τα υλικά μπορεί να είναι μέταλλα, κεραμικά ή πολυμερή. Διαμορφώνονται προσεκτικά για τον έλεγχο της έντασης, της σκέδασης και της κάμψης ηλεκτρονίων ή φωτονίων που περνούν μέσα από αυτά.





Γυαλί

Τα γυάλινα υλικά είναι σκληρά, εύθραυστα και μη κρυσταλλικά. Η έλλειψη κρυσταλλικών κόκκων οδηγεί συχνά σε οπτική διαφάνεια. Το γυαλί που χρησιμοποιούμε είναι ένα κεραμικό που αποτελείται συνήθως από ένα μίγμα πυριτικών ή μερικές φορές βορικών ή φωσφορικών που σχηματίζονται με τήξη πυριτίου ή οξειδία του βορίου ή του φωσφόρου με ροή και σταθεροποιητή σε μια μάζα που ψύχεται σε άκαμπτη κατάσταση χωρίς κρυστάλλωση . Το γυαλί χρησιμοποιήθηκε και χρησιμοποιείται ακόμα κατά κόρων στον τομέα της Αρχιτεκτονικής δίνοντας την δυνατότητα του παιχνιδίσματος με το φως και τη σκιά.



Μέταλλα

Τα μέταλλα είναι σχετικά εύπλαστα, οπτικά ανακλαστικά και ηλεκτρικά αγωγίμα. Τα περισσότερα μέταλλα και κράματα διαμορφώνονται εύκολα με μορφοποίηση. Η αποσυνδεδεμένη δέσμευση ηλεκτρονίων τους κάνει εξαιρετικούς αγωγούς ηλεκτρισμού και θερμότητας. Σχεδόν όλα τα μέταλλα έχουν μια κανονική διάταξη ατόμων, με αποτέλεσμα μια κρυσταλλική δομή που μπορεί να έχει πολλαπλές κρυσταλλικές φάσεις που συνορεύουν μεταξύ τους.

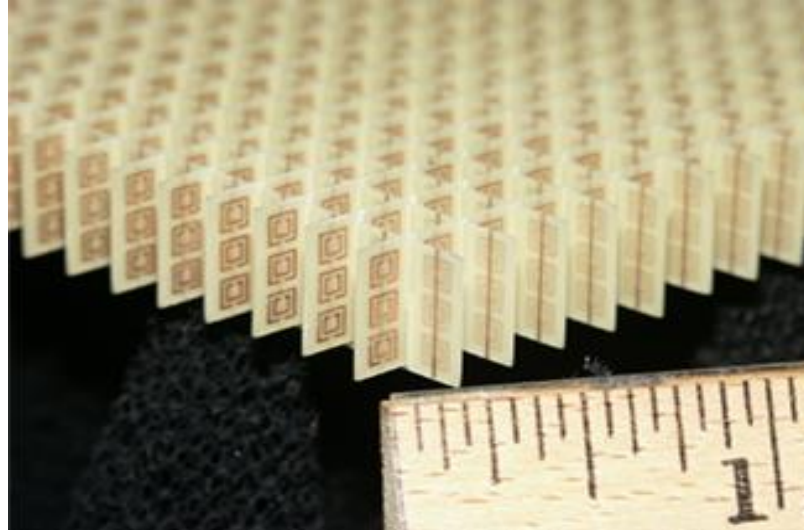


Μετα-υλικά

Ένα μετα-υλικό είναι ένα κατασκευασμένο υλικό ειδικά σχεδιασμένο για να επιδεικνύει συμπεριφορά που μπορεί να συμβεί μόνο σε συγκεκριμένες οργανώσεις και μεγέθη υλικών. Τα μετα-υλικά συχνά φαίνεται να παραβιάζουν τους κανόνες της φυσικής συμπεριφοράς. Παρόλο που πολλά φαινόμενα μεταλλουργικών υλικών δεν έχουν ακόμη παραχθεί με μεγάλη χρησιμότητα σε κλίμακα, περιλαμβάνουν υλικά με αρνητικές αναλογίες Poisson (αναπτύσσονται όταν τεντώνονται αντί να γίνονται πιο λεπτές), ασυνήθιστες αλληλεπιδράσεις με το φως και άλλες μορφές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (cloaking και άλλα φαινόμενα)

Πολυμερή / Πλαστικά

Τα πλαστικά / πολυμερή αποτελούνται από εκατομμύρια επαναλαμβανόμενες συνδέσεις για τη δημιουργία μακροχρόνιων μορίων ή δικτύων που είναι μπλεγμένα ή διασταυρωμένα μεταξύ τους. Σχεδόν όλα τα πολυμερή χρησιμοποιούν άτομα άνθρακα σε πολύ μεγάλες αλυσίδες. Τα άτομα αυτά μπορούν να συνδεθούν με άλλα άτομα άνθρακα, οξυγόνου, αζώτου και υδρογόνου. Τα πολυμερή μπορεί να έχουν ή να μην έχουν μια κανονική διάταξη ατόμων.



Σύνθετα

Τα σύνθετα είναι μείγματα δύο ή περισσότερων συνδεδεμένων υλικών. Τα σύνθετα είναι το μείγμα πολλαπλών υλικών, τα οποία σε συνδυασμό προσφέρουν ανώτερες ιδιότητες στα υλικά. Τα δομικά σύνθετα συνήθως αναφέρονται στη χρήση ινών που είναι ενσωματωμένες σε πλαστικό. Αυτά τα σύνθετα υλικά προσφέρουν υψηλή αντοχή με πολύ μικρό βάρος. Μεταξύ των πρώτων κατασκευασμένων ήταν το fiberglass, που αναπτύχθηκε στη δεκαετία του 1930. Κατασκευασμένο από την ενσωμάτωση ινών γυαλιού σε ένα πολυμερές πλέγμα, βρήκε χρήση σε οικοδομικά πάνελ, μπανιέρες, σκάφη πλοίων και άλλα θαλάσσια προϊόντα. Από τότε, πολλά μέταλλα, πολυμερή και κεραμικά έχουν αξιοποιηθεί ως μήτρα και ενίσχυση. Πολλά σύνθετα υλικά ενισχύονται από ίνες γραφίτη. Μπορούν να ενσωματωθούν σε μια μήτρα γραφίτη για να παράγουν ένα ανθεκτικό ,για παράδειγμα, στη θερμότητα υλικό. Πολλά είδη σύνθετων υλικών αφθονούν στον αθλητικό κόσμο. Τα σκι μπορούν να ενισχυθούν με ίνες Kevlar. Τα τιμόνια ορισμένων ελαφρών αγωνιστικών ποδηλάτων είναι κατασκευασμένα από αλουμίνιο ενισχυμένο με σωματίδια οξειδίου του αργιλίου.

Στην κατηγορία των σύνθετων υλικών βρίσκεται το ισχυρότερο μέχρι σήμερα υλικό που έχει παραχθεί από τον άνθρωπο , το **Γραφένιο**.

- <http://materialseducation.org/resources/types-of-materials/>

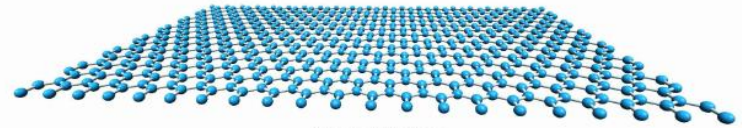
Γραφένιο

2. α. Ιστορικά Στοιχεία

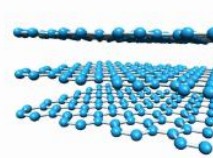
Ιστορικά, ο μακρύτερος γνωστός αλλότοπος είναι ο τρισδιάστατος γραφίτης. Ο γραφίτης ανακαλύφθηκε σε ένα ορυχείο κοντά στο Borrowdale στην Cumbria της Αγγλίας τον 16ο αιώνα, και η χρήση του για σήμανση και γραφικούς σκοπούς ήταν σχεδόν αμέσως αντιληπτή. Οι αγρότες χρησιμοποίησαν μπλοκ γραφίτη από το ορυχείο για τη σήμανση των προβάτων τους. Λόγω της απαλότητας και του σκούρου χρώματος, ο γραφίτης θεωρήθηκε επί μακρόν ως ένας συγκεκριμένος τύπος μολύβδου. Το όνομα "μολύβι" εξακολουθεί να αποτελεί μάρτυρα αυτού του ιστορικού σφάλματος. Ο γραφίτης που σχηματίστηκε από άτομα άνθρακα ανακαλύφθηκε από τον Σουηδό Γερμανό φαρμακοποιό Κάρλ Γουίλελμ Σκιλι στα μέσα του 18ου αιώνα. Αλλά ήταν ο Γερμανός χημικός Αβραάμ Γκομπλόμπ Γουέρνερ το 1789, ο οποίος εφάρμοσε το όνομα "γραφίτη" στο υλικό, υπογραμμίζοντας έτσι τη βασική του χρήση για γραφιστικούς σκοπούς.

Ο γραφίτης μπορεί να θεωρηθεί ως στοιβαξη πολλών φύλλων γραφενίου που κολλάνε μαζί λόγω της αλληλεπίδρασης van der Waals, η οποία είναι πολύ πιο αδύναμη από τους ομοιοπολικούς δεσμούς. Αυτή η φυσική ιδιότητα εξηγεί τη γραφική χρησιμότητα του υλικού: όταν κάποιος γράφει με ένα κομμάτι γραφίτη, πάνω σε μια αρκετά τραχεία επιφάνεια, όπως ένα κομμάτι χαρτί, λεπτές στοίβες φύλλων γραφενίου «απολεπίζονται» από το γραφίτη και κολλάνε στην επιφάνεια.

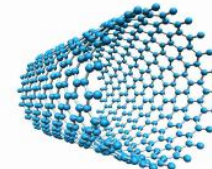
Γραφένιο



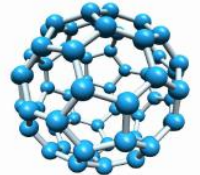
Monolayer Graphene



Multilayer Graphene

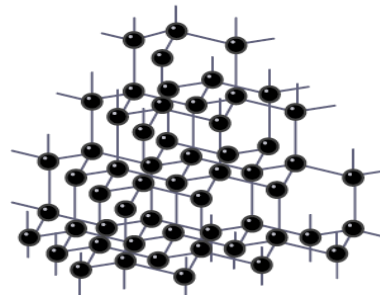


Carbon Nanotube

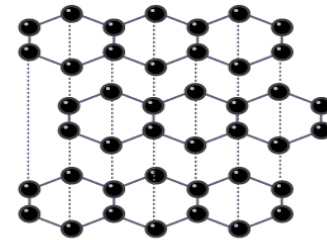


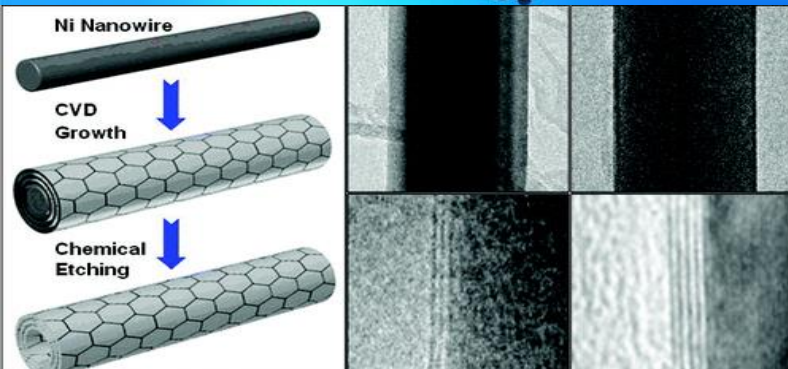
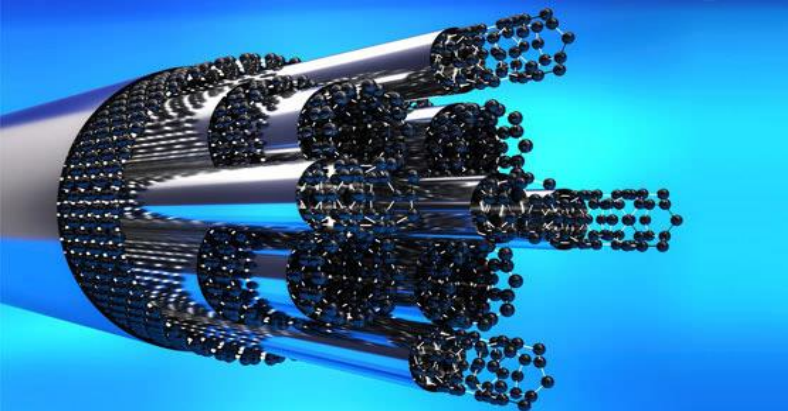
Buckyball

Diamond



Graphite





Μέθοδος συνθέσεως κατασκευών σωληνοειδούς γραφενίου με χημική εναπόθεση ατμού (CVD) σε πρότυπα nanowire Ni, χρησιμοποιώντας αιθυλένιο ως πρόδρομο σε θερμοκρασία ανάπτυξης περίπου 750 ° C. Σε αντίθεση με τους νανοσωλήνες άνθρακα που συντίθενται μέσω συμβατικών μεθόδων, ο αριθμός των στρώματων γραφενίου προσδιορίζεται από τον χρόνο ανάπτυξης και είναι ανεξάρτητος από τη διάμετρο σωλήνα και το μήκος σωλήνα, που ακολουθούν εκείνα του πρότυπου nanowire. Αυτό επιτρέπει την δημιουργία σωλήνων μεγάλης διαμέτρου με κελύφη που περιλαμβάνουν λίγα ή πολλά στρώματα γραφενίου ανάλογα τον στόχο.

Αυτό είναι δυνατό λόγω των προαναφερθέντων αδύναμων Van der Waals αλληλεπιδράσεων μεταξύ των φύλλων γραφενίου.

Ο 0D γραφικός αλλότοπος (φουλλερένια) έχει ανακαλυφθεί το 1985 από τον Robert Curl, Harold Kroto και Richard Smalley . Οι νανοσωλήνες άνθρακα, το μονοδιάστατο αλλοτόπιο, μπορούν να θεωρηθούν ως φύλλα γραφενίου που είναι τυλιγμένα με διάμετρο πολλών νανομέτρων. Κάποιος διακρίνει το μονό τοίχωμα από τους νανοσωλήνες πολλαπλών τοιχωμάτων, ανάλογα με τον αριθμό των τυλιγμένων φύλλων γραφενίου. Η ανακάλυψη νανοσωλήνων άνθρακα αποδίδεται πιο συχνά στον Sumio Iijima και στη δημοσίευσή του το 1991 στο « Nature » .Πρόσφατα, δημιουργήθηκαν αμφιβολίες σχετικά με αυτήν την απόδοση καθώς φαίνεται ότι οι νανοσωλήνες άνθρακα είχαν μεγαλύτερο ιστορικό στην επιστημονική κοινότητα των υλικών.

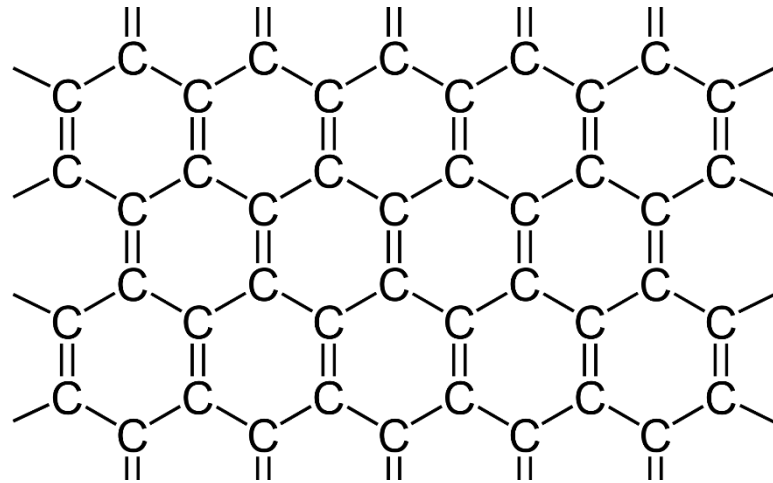
"Τα ηλεκτρόνια ταξιδεύουν τόσο γρήγορα ώστε η συμπεριφορά τους να διέπεται από τη θεωρία της σχετικότητας και όχι από την κλασική φυσική. " (The Economist, 2006)

"Μέσα σε κάθε μολύβι, υπάρχει ένα αστέρι νετρονίων που περιμένει να βγει." (New Scientist, 2006)

"Θα πρέπει να ξαναγράψουμε τη θεωρία των μετάλλων για αυτό το πρόβλημα." (Φυσική Σήμερα, 2006)

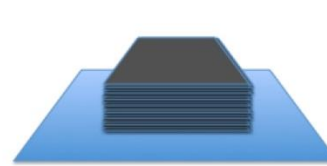
2. β. Σύνθεση

Το Γραφένιο είναι βασικά ένα μονο-ατομικό στρώμα γραφίτη. Ένα άφθονο ορυκτό το οποίο είναι ένα αλλοτρόπιο άνθρακα που αποτελείται από πολύ στενά συνδεδεμένα άτομα άνθρακα που είναι οργανωμένα σε ένα εξαγωνικό πλέγμα. Αυτό που κάνει το γραφένιο τόσο ξεχωριστό είναι ο sp^2 υβριδισμός του και το πολύ λεπτό ατομικό πάχος (0.345Nm). Αυτές οι ιδιότητες είναι που επιτρέπουν στο γραφένιο να σπάσει τόσα πολλά ρεκορ όσον αφορά τη δύναμη, την ηλεκτρική ενέργεια και τη θερμότητα (όπως και πολλά άλλα).

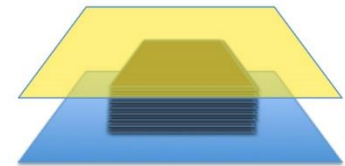


Θεμελιώδη Χαρακτηριστικά

Πριν την απομόνωση γραφενίου το 2004, ήταν θεωρητικά πιστευτό ότι δεν θα μπορούσαν να υπάρχουν διδιάστατες ενώσεις λόγω της θερμικής αστάθειας όταν διαχωριστούν. Ωστόσο, μόλις απομονώθηκε το γραφένιο, ήταν ξεκάθαρο ότι ήταν πραγματικά δυνατό και χρειάστηκε αρκετός καιρός για τους επιστήμονες να μάθουν πώς ακριβώς θα το καταφέρουν. Αφού μελετήθηκαν τα αιωρούμενα φύλλα γραφενίου με μικροσκόπια ηλεκτρονικής μετάδοσης, οι επιστήμονες πίστευαν ότι βρήκαν ότι οφείλονται στην ύπαρξη ελαφρά κυματισμού στο γραφένιο. Ωστόσο, οι μεταγενέστερες έρευνες υποδηλώνουν ότι οφείλεται στην πραγματικότητα στο γεγονός ότι οι δεσμοί άνθρακα στο γραφένιο είναι τόσο μικροί και ισχυροί που εμποδίζουν τις θερμικές διακυμάνσεις από την αποσταθεροποίησή τους.



Γραφίτης πάνω σε επιφάνεια



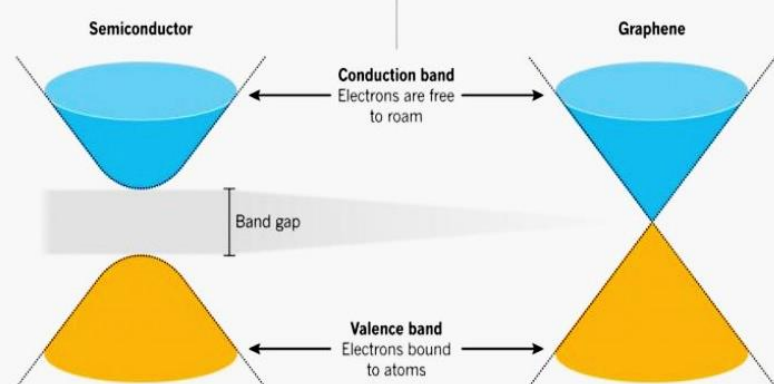
Τοποθέτηση ταινίας στον γραφίτη
Απολέπιση μερικών στρωμάτων από
το γραφίτη



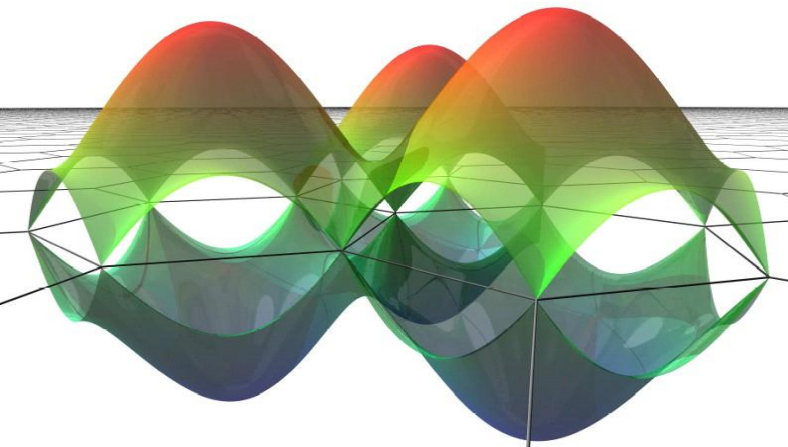
Επανάληψη της διαδικασίας



Τελικά μένει ένα μονοδιάστατο
στρώμα γραφενίου



Η δομή της ζώνης ενός αντιπροσωπευτικού τρισδιάστατου στερεού (αριστερά) είναι παραβολική, με ένα διάκενο ζώνης (band gap) μεταξύ της ζώνης σθένους κατώτερης ενέργειας και της ζώνης αγωγιμότητας υψηλότερης ενέργειας. Οι ενεργειακές ζώνες του δισδιάστατου γραφένιου (δεξιά) είναι κώνοι με ομαλή όψη, οι οποίοι συναντώνται στο σημείο Dirac.



Ηλεκτρονικές Ιδιότητες

Μία από τις πιο χρήσιμες ιδιότητες του γραφενίου είναι ότι είναι ένα ημι-μέταλλο (και με τις δύο σπές και τα ηλεκτρόνια ως φορείς φορτίου) με πολύ υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα. Τα άτομα άνθρακα έχουν συνολικά 6 ηλεκτρόνια, 2 στο εσωτερικό κέλυφος και 4 στο εξωτερικό κέλυφος. Τα 4 ηλεκτρόνια του εξωτερικού κελύφους σε ένα μεμονωμένο άτομο άνθρακα είναι διαθέσιμα για τη χημική σύνδεση, αλλά στο γραφένιο, κάθε άτομο συνδέεται με άλλα 3 άτομα άνθρακα στο δισδιάστατο επίπεδο, αφήνοντας ένα ηλεκτρόνιο διαθέσιμο στην τρίτη διάσταση για ηλεκτρονική αγωγιμότητα. Αυτά τα ιδιαίτερα κινητά ηλεκτρόνια ονομάζονται ηλεκτρόνια π και βρίσκονται πάνω και κάτω από το φύλλο γραφενίου.

Δοκιμές έδειξαν ότι η ηλεκτρονική κινητικότητα του γραφενίου είναι πολύ υψηλή, με αποτελέσματα που έχουν αναφερθεί προηγουμένως πάνω από $15.000 \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ και θεωρητικά δυναμικά όρια $200.000 \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$. Λέγεται ότι τα ηλεκτρόνια του γραφενίου δρουν παρόμοια με τα φωτόνια στην κινητικότητά τους λόγω της έλλειψης μάζας. Αυτοί οι φορείς φόρτισης είναι σε θέση να ταξιδεύουν αποστάσεις υπομικρομετρίας χωρίς διάσπαση. Ένα φαινόμενο γνωστό ως βαλλιστική μεταφορά. Ωστόσο, η ποιότητα του γραφενίου και του υποστρώματος που χρησιμοποιείται θα είναι οι περιοριστικοί παράγοντες.

Μηχανική Αντοχή

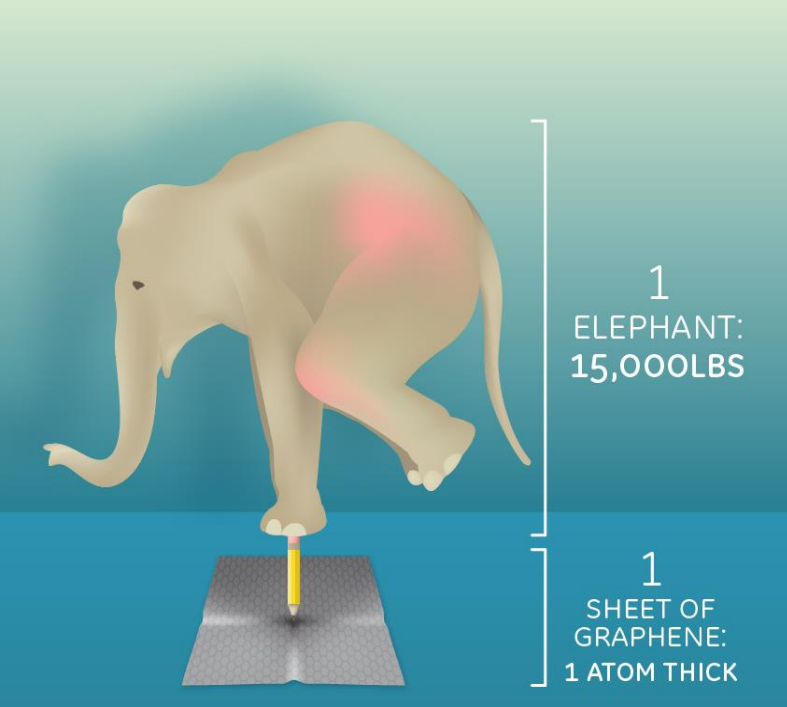
Μια άλλη από τις ξεχωριστές ιδιότητες του γραφενίου είναι η έμφυτη δύναμή του. Λόγω της αντοχής των δεσμών άνθρακα των 0,142 Nm, το γραφένιο είναι το ισχυρότερο υλικό που ανακαλύφθηκε ποτέ, με τελική αντοχή εφελκυσμού 130.000.000.000 Pascals (ή 130 gigapascals), σε σύγκριση με 400.000.000 για το δομικό ατσάλι A36 ή 375.700.000 για το Aramid (Kevlar) . Όχι μόνο είναι εξαιρετικά ισχυρό, αλλά και πολύ ελαφρύ στα 0.77milligrams ανά τετραγωνικό μέτρο (για λόγους σύγκρισης, 1 τετραγωνικό μέτρο χαρτιού είναι περίπου 1000 φορές βαρύτερο). Συχνά λέγεται ότι ένα μόνο φύλλο γραφενίου (πάχους 1 ατόμου), αρκετό σε μέγεθος ώστε να καλύπτει ολόκληρο γήπεδο ποδοσφαίρου, θα ζυγίζει κάτω από 1 γραμμάριο.

Επεκτασιμότητα

Αυτό που το κάνει ιδιαίτερα ξεχωριστό είναι ότι το γραφένιο περιέχει επίσης ελαστικές ιδιότητες, έχοντας τη δυνατότητα να διατηρήσει το αρχικό του μέγεθος μετά από ένταση. Το 2007, διεξήχθησαν δοκιμές μικροσκοπικής ατομικής δύναμης (AFM) σε φύλλα γραφενίου που αιωρήθηκαν πάνω από κοιλότητες διοξειδίου σιλικόνης. Αυτές οι δοκιμές έδειξαν ότι φύλλα γραφενίου (με πάχος μεταξύ 2 και 8 Nm) είχαν σταθερές ελατηρίου στην περιοχή των 1-5 N / πι και μέτρο Young (διαφορετικό από αυτό του τρισδιάστατου γραφίτη) 0,5 TPa .Το υλικό μπορεί να επεκταθεί μέχρι και +20% από το αρχικό του μήκος.

property	value	Comparison with other materials
Breaking strength	42 Nm ⁻¹	More than 100 times greater than steel
Elastic limit	-20%	
Carrier mobility at room temperature	200.000 cm ² V ⁻¹ s ⁻¹	More than 100 times higher than Si
Thermal conductivity	-5000 Wm ⁻¹ K ⁻¹	More than 10 times higher than Cu
Maximum current density	>10 ⁸ Acm ⁻¹	-100 times larger than Cu
Optical absorption coefficient	2.3%	-50 times higher than CaAs





Ο James Hone του Πανεπιστημίου της Κολούμπια, δήλωσε το 2008: "Η έρευνά μας καθιερώνει το γραφένιο ως το ισχυρότερο υλικό που μετρήθηκε ποτέ, περίπου 200 φορές ισχυρότερο από το δομικό χάλυβα. Θα χρειαζόταν έναν ελέφαντα, ισορροπημένο σε ένα μολύβι, να σπάσει ένα φύλλο από γραφένιο στο πάχος του Saran Wrap.(μεμβράνης φαγητών) ".

Και πάλι, αυτά τα έξοχα στοιχεία βασίζονται σε θεωρητικές προοπτικές που χρησιμοποιούν το γραφένιο χωρίς να περιέχει καθόλου ατέλειες και σήμερα είναι πολύ ακριβό και δύσκολο να αναπαραχθεί τεχνητά, αν και οι τεχνικές παραγωγής βελτιώνονται σταθερά, μειώνοντας τελικά το κόστος και την πολυπλοκότητα.

Σκληρότητα

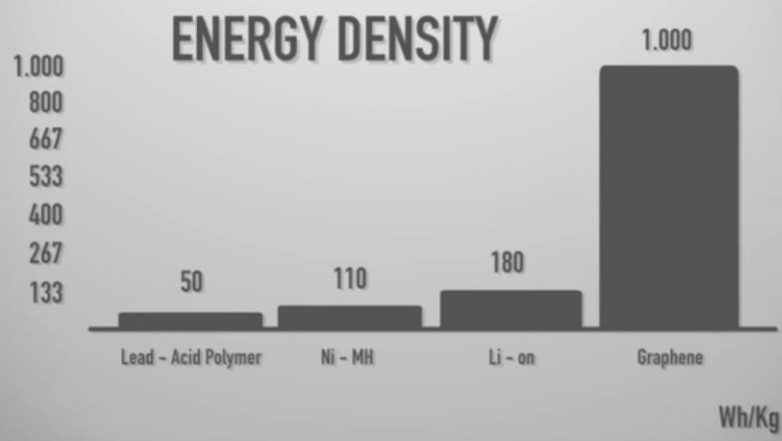
Το 2014, οι ερευνητές ανέφεραν ότι παρά την αντοχή του, το γραφένιο είναι επίσης σχετικά εύθραυστο, με ανθεκτικότητα θράυσης περίπου 4 MPa. Αυτό δείχνει ότι το ατελές γραφένιο είναι πιθανό να σπάσει με εύθραυστο τρόπο όπως τα κεραμικά υλικά, σε αντίθεση με πολλά μεταλλικά υλικά που έχουν θραύσεις αντοχής στην κλίμακα των 15-50 MPa. Αργότερα το 2014, οι ερευνητές ανακοίνωσαν ότι το γραφένιο έδειξε μεγαλύτερη ικανότητα να διανέμει τη δύναμη από μια επίδραση καλύτερα από οποιοδήποτε γνωστό υλικό, συγκεκριμένα δέκα φορές μεγαλύτερο από το χάλυβα ανά μονάδα βάρους. Η δύναμη μεταδόθηκε στα 22,2 χιλιόμετρα το δευτερόλεπτο (13,8 mi / s).

Ενεργειακή πυκνότητα

Το γραφένιο εμφανίζει αξιοσημείωτη κινητικότητα ηλεκτρονίων σε θερμοκρασία δωματίου, με αναφερόμενες τιμές άνω των $15000 \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$. Η κινητικότητα των οπών και των ηλεκτρονίων αναμενόταν να είναι σχεδόν ταυτόσημες. Η κινητικότητα είναι σχεδόν ανεξάρτητη από τη θερμοκρασία μεταξύ 10 K και 100 K, πράγμα που υποδηλώνει ότι ο κυρίαρχος μηχανισμός σκέδασης είναι η διασπορά ελαττωμάτων. Η διασπορά από τα ακουστικά φωτόνια του γραφενίου περιορίζει εγγενώς την κινητικότητα της θερμοκρασίας δωματίου σε $200000 \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ με πυκνότητα φορέα 10^{12} cm^{-2} , 10×10^6 φορές μεγαλύτερη από τη χαλκού.

Θερμοκρασία

Οι θερμικές μεταφορές στο γραφένιο είναι ένας ενεργός τομέας έρευνας, ο οποίος έχει προσελκύσει την προσοχή λόγω των δυνατοτήτων για εφαρμογές θερμικής διαχείρισης. Οι πρώτες μετρήσεις της θερμικής αγωγιμότητας του ανέφεραν μια εξαιρετικά μεγάλη θερμική αγωγιμότητα περίπου $5300 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, σε σύγκριση με τη θερμική αγωγιμότητα πυρολυτικού γραφίτη περίπου $2000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ σε θερμοκρασία δωματίου. Ωστόσο, οι μετέπειτα μελέτες αμφισβήτησαν αυτή την εξαιρετικά υψηλή τιμή.

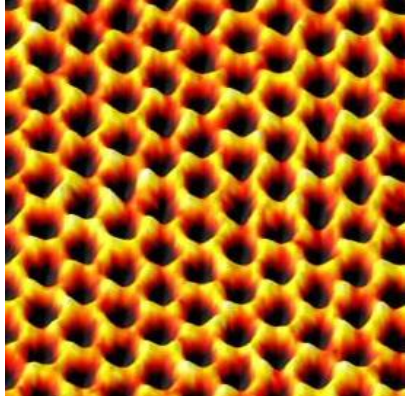


Μπαταρίες Grabat φτιαγμένες από Γραφένιο σε σχέση με ήδη υπάρχουσες μπαταρίες από άλλα υλικά. (Η Grabat Energy ανήκει στον όμιλο Graphenano που σχετίζεται με την παραγωγή γραφενίου σε βιομηχανική κλίμακα) .

Δυνατότητες :

- Ο χρόνος επαναφόρτισης είναι μικρότερος από 1 λεπτό
- Η διάρκεια ζωής της μπαταρίας γραφενίου είναι 4 φορές μεγαλύτερη από μια μπαταρία ιόντων λιθίου
- Έχει πυκνότητα αποθήκευσης 1 kWh / kg (4 έως 8 φορές μεγαλύτερη από μια μπαταρία ιόντων λιθίου)
- Ο όγκος της είναι 20% έως 30% του όγκο μιας μπαταρίας ιόντων λιθίου (3 έως 5 φορές μικρότερη)

Για την αποθήκευση ενέργειας που παράγεται από οικιακούς ηλιακούς συλλέκτες, μια τυπική οικιακή μπαταρία Grabat θα έχει χωρητικότητα 24 kWh και μάζα 48 kg. Δηλαδή 3,7 φορές μεγαλύτερη αποθήκευση από το Tesla POWERWALL το οποίο έχει χωρητικότητα αποθήκευσης 6,4 kWh και ζυγίζει 97 kg.



Οπτικές Ιδιότητες

Η ικανότητα του Γραφενίου να απορροφά ένα μάλλον μεγάλο ποσοστό (2,3%) του λευκού φωτός είναι επίσης μια μοναδική και ενδιαφέρουσα ιδιότητα, ειδικά δεδομένου ότι έχει πάχος μόνο ενός ατόμου. Αυτό οφείλεται στις προαναφερθείσες ηλεκτρονικές ιδιότητες. Με τα ηλεκτρόνια να λειτουργούν σαν φορείς φόρτωσης χωρίς μάζα με πολύ υψηλή κινητικότητα. Πριν από μερικά χρόνια, αποδείχθηκε ότι η ποσότητα του λευκού φωτός που απορροφάται βασίζεται στη σταθερή δομή, αντί να υπαγορεύεται από τις ιδιαιτερότητες του υλικού. Η προσθήκη ενός άλλου στρώματος γραφενίου αυξάνει την ποσότητα του λευκού φωτός που απορροφάται περίπου από την ίδια τιμή (2,3%). Λόγω αυτών των εντυπωσιακών χαρακτηριστικών, έχει παρατηρηθεί ότι όταν η οπτική ένταση φθάσει ένα ορισμένο σημείο (γνωστό ως ροή κορεσμού) λαμβάνει χώρα κορεσμένη απορρόφηση (το φως πολύ υψηλής έντασης προκαλεί μείωση της απορρόφησης).

Το γραφένιο, παρά το γεγονός ότι είναι το λεπτότερο υλικό που έχει δημιουργηθεί ποτέ, παραμένει ορατό με γυμνό μάτι. Για να αυξήσουμε την ορατότητα των νιφάδων του υλικού, τα αποθέτουμε σε δίσκους πυριτίου που έχουν λεπτό στρώμα διοξειδίου του πυριτίου. Το φως που λάμπει σε αυτές τις δομές των τριών στρωμάτων θα μεταδίδεται μερικώς και θα αντανakλάται μερικώς σε κάθε διεπαφή. Αυτό οδηγεί σε πολύπλοκα φαινόμενα παρεμβολής έτσι ώστε, ανάλογα με το πάχος του διοξειδίου του πυριτίου (το οποίο μπορούμε να ελέγξουμε σε υψηλό βαθμό ακρίβειας), ορισμένα χρώματα ενισχύονται και μερικά καταστέλλονται. Αυτή η τεχνική εκμεταλλεύεται την ίδια φυσική που προκαλεί το "φαινόμενο ουράνιου τόξου" που βλέπουμε όταν έχουμε ένα λεπτό στρώμα λαδιού που επιπλέει στο νερό. Σε αυτή την περίπτωση τα διαφορετικά χρώματα αντιστοιχούν σε μεγαλύτερο / μικρότερο μήκος οπτικής διαδρομής που το φως έπρεπε να ταξιδέψει μέσα από την μεμβράνη λαδιού.

- <https://www.slideshare.net/kamalbatra111/graphene-nov>

- <https://www.graphenea.com/pages/graphene-properties#.WW864ITyi03>

«Πριν το γραφένιο είναι έντονα ενσωματωμένο στις περιοχές στις οποίες πιστεύουμε ότι θα υπερέχει, πρέπει να περάσουμε πολύ περισσότερο χρόνο για να κατανοήσουμε τι ακριβώς το κάνει ένα τόσο καταπληκτικό υλικό. Δυστυχώς, ενώ έχουμε πολλή φαντασία να βγάζουμε νέες ιδέες για πιθανές εφαρμογές και χρήσεις για το υλικό χρειάζεται αρκετός χρόνος για να εκτιμήσουμε πλήρως το πώς και τι είναι πραγματικά το γραφένιο προκειμένου να αναπτυχθούν αυτές οι ιδέες στην πραγματικότητα. Ωστόσο, αυτό δεν είναι αναπόφευκτα κακό, καθώς μας δίνει ευκαιρίες να σκοντάψουμε πάνω σε άλλα υπερ-υλικά που είχαν προηγουμένως ερευνηθεί ή παραλειφθεί, όπως η οικογένεια 2D κρυσταλλικών δομών που γέννησε το γραφένιο.» Jesus de La Fuente, CEO Graphenea

Το πιο αξιοθαύμαστο όμως των υλικών δεν είναι σύνθετο ούτε φτιαγμένο από τον άνθρωπο. Υλικά με απίστευτες ιδιότητες βρίσκουμε όλο και περισσότερο στην φύση ,σε ζώα και μικροοργανισμούς που τα χρησιμοποιούν για την επιβίωση τους και τα οποία προσπαθούμε πλέον να μιμηθούμε για να δημιουργήσουμε υπερ-υλικά . Τα συγκεκριμένα ανήκουν στην κατηγορία των βιοϋλικών γεγονός που τα κάνει φιλικά προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο και είναι ίσως το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό τους. Το ισχυρότερο ως τώρα βιολικό είναι το μετάξι που παράγεται από την αράχνη.

- <https://www.graphenea.com/pages/properties-of-graphene#.WaPOij5Ja00>



Μετάξι αράχνης

Μετάξι αράχνης

A close-up photograph of a spider web against a dark background. The web is covered with numerous small, clear water droplets of varying sizes, which catch the light and create a shimmering effect. The threads of the web are thin and delicate, forming a complex spiral pattern.

3. α. Ιστορικά Στοιχεία

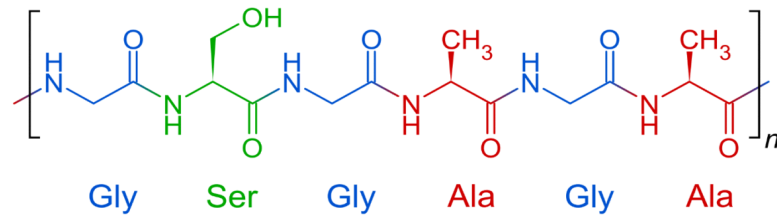
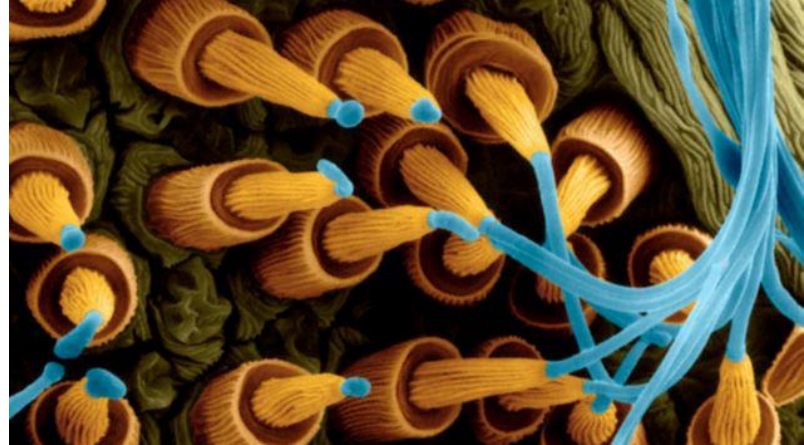
Οι άνθρωποι έχουν χρησιμοποιήσει το αραχνούφαντο μετάξι για χιλιάδες χρόνια. Οι αρχαίοι Έλληνες χρησιμοποίησαν ιστούς αράχνης για να σταματήσουν τις πληγές από την αιμορραγία και οι Αβοριγίνες χρησιμοποίησαν το μετάξι ως πετονιές αλιείας για μικρά ψάρια. Πιο πρόσφατα, το μετάξι χρησιμοποιήθηκε ως υλικό κατασκευής του στόχου στις οπτικές συσκευές στόχευσης όπως όπλα και τηλεσκόπια μέχρι τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο και οι άνθρωποι των Νήσων Σόλομων εξακολουθούν να χρησιμοποιούν το μετάξι στην κατασκευή δικτύων για ψάρεμα.

Η τρέχουσα έρευνα περιλαμβάνει τη δυνητική χρήση του υφάσματος ως ένα απίστευτα ισχυρό και ευπροσάρμοστο υλικό. Το ενδιαφέρον για το μετάξι οφείλεται κυρίως στον συνδυασμό των μηχανικών ιδιοτήτων του και του μη ρυπογόνου τρόπου με τον οποίο κατασκευάζεται. Η παραγωγή σύγχρονων τεχνητών υπερ-ινών, όπως το Kevlar, περιλαμβάνει πετροχημική επεξεργασία που συμβάλλει στη ρύπανση του περιβάλλοντος. Αντίθετα, η παραγωγή του μεταξιού αράχνης είναι απόλυτα φιλική προς το περιβάλλον. Κατασκευάζεται από αράχνες σε θερμοκρασία περιβάλλοντος με πίεση και αντλείται από το νερό. Επιπλέον, το μετάξι είναι εντελώς βιοαποικοδομήσιμο. Αν η παραγωγή του γίνει βιομηχανικά βιώσιμη, θα μπορούσε να αντικαταστήσει το Kevlar και να χρησιμοποιηθεί για να κατασκευάσει ένα ευρύ φάσμα αντικειμένων

3. β. Σύνθεση

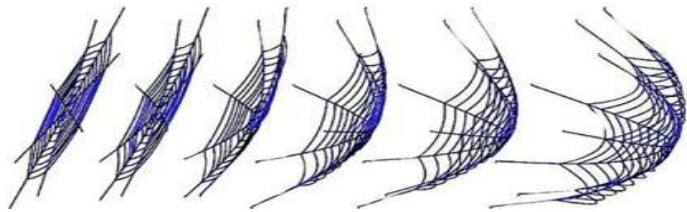
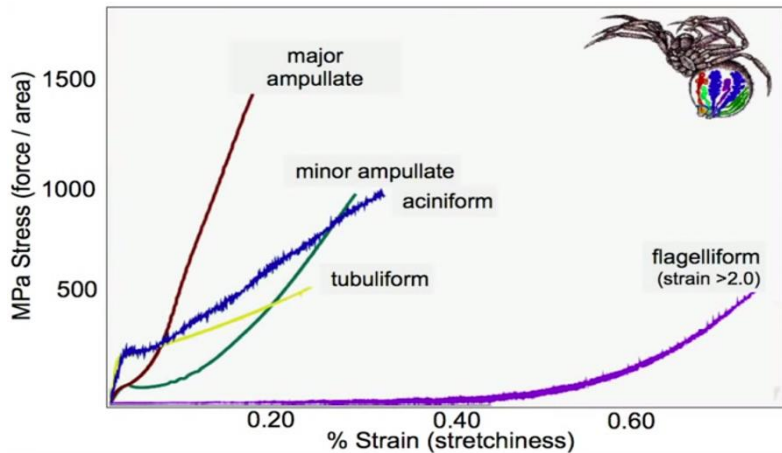
Το μετάξι είναι σχεδόν εξ ολοκλήρου πρωτεΐνη. Σχεδόν όλες αυτές οι πρωτεΐνες μπορούν να εξηγηθούν από μία οικογένεια γονιδίων, έτσι αυτό σημαίνει ότι η ποικιλία των τύπων μεταξιού που βλέπουμε σήμερα κωδικοποιείται από μια οικογένεια γονιδίων, οπότε ο αρχικός πρόγονος της αράχνης έφτιαχνε ένα είδος μεταξιού και τα τελευταία 380 εκατομμύρια χρόνια, το ένα γονίδιο μεταξιού έχει πολλαπλασιαστεί, έχει αποκτήσει διαφορές και εξειδικεύσεις, ξανά και ξανά, για να δημιουργήσει τη μεγάλη ποικιλία των μεταξωτών που έχουμε σήμερα. Τα μεταξωτά αυτά μοιράζονται όλα κάποια κοινά χαρακτηριστικά. Όλα έχουν ένα κοινό σχέδιο, όπως το ότι η αλληλουχία των πρωτεϊνών είναι μεγάλη σε μήκος. Είναι αρκετά επαναλαμβανόμενα τα στοιχεία τους και είναι πολύ πλούσια σε αμινοξέα γλυκίνης και αλανίνης. Δίπλα φαίνεται πώς μοιάζει μια πρωτεΐνη μεταξιού αράχνης, (είναι μόνο ένα μέρος της), από τη μαύρη χήρα.

Τα μεταξωτά από την ίδια αράχνη μπορεί να έχουν δραματικά διαφορετικές επαναλαμβανόμενες ακολουθίες. Εδώ φαίνεται η μονάδα επανάληψης από τον ιστό μιας αράχνης. Είναι σύντομη. Και στο κάτω μέρος, αυτή είναι η επαναλαμβανόμενη ακολουθία για την περίπτωση αυγών ή σωληνοειδή πρωτεΐνη μεταξιού, για την ίδια ακριβώς αράχνη. Και μπορούμε να δούμε πόσο δραματικά διαφέρουν αυτές οι μεταξωτές πρωτεΐνες σε μήκος.



GGQGGQGGYGGGLGGQAGQGGYGGGAAAAAAAA

SSSAAQSASQSQAAASAFSRAASQSASQSAARSQAQSSSTTTTSS
TSGSQAASQSASSSASQASASSFAQASSASLAASSSFSSAFSSAN
TLSALGNVAYQLGFNVANTLGLGNAAGLGAALSQAVSSVGVGASS
GTYANAVSNVAGQFLAQGILNANAASLASSFASALSASAASVA



Είναι σημαντικό το γεγονός ότι οι αράχνες χρησιμοποιούν το μετάξι τους έξω από το σώμα τους. Αυτό διευκολύνει την εξέταση του μεταξίου της αράχνης στο εργαστήριο, καθώς μελετάται στις ίδιες συνθήκες στις οποίες παράγονται οι πρωτεΐνες. Έτσι είναι εύκολη η μελέτη της αντοχής εφελκυσμού του ιστού απλά τραβώντας το ένα άκρο του. Παρακάτω παρουσιάζονται οι καμπύλες τάσης-καταπόνησης που δημιουργούνται από τη δοκιμή εφελκυσμού πέντε ινών από την ίδια αράχνη. Επομένως, αυτό που μπορούμε να δούμε εδώ είναι ότι οι πέντε ίνες έχουν διαφορετικές συμπεριφορές. Συγκεκριμένα στον κάθετο άξονα, αυτή είναι η καταπόνηση. Εάν κοιτάσουμε τη μέγιστη τιμή πίεσης για καθεμία από αυτές τις ίνες, μπορούμε να δούμε ότι υπάρχουν πολλές παραλλαγές και στην πραγματικότητα η major ampullate (dragline) είναι η ισχυρότερη από αυτές τις ίνες.

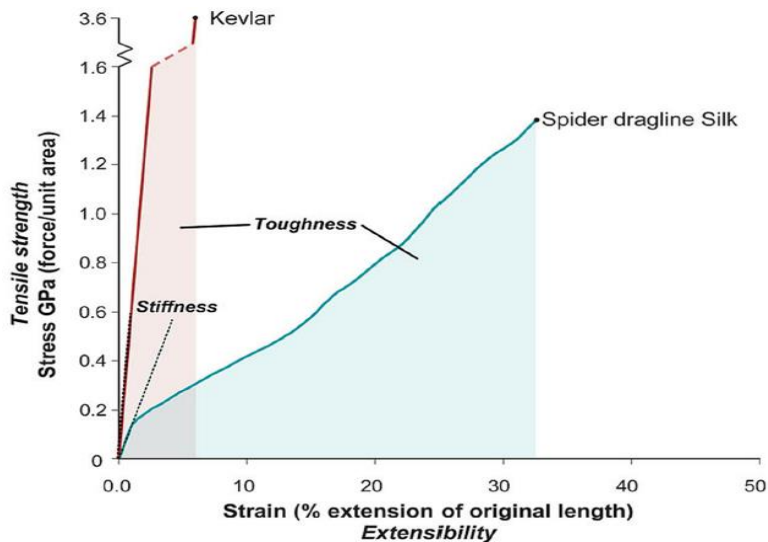
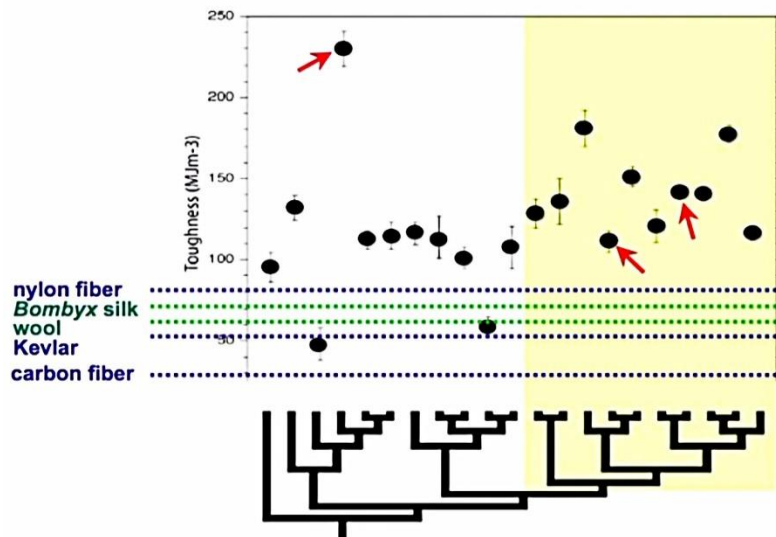
Αν εξετάζαμε τον εφελκυσμό - το πόσο μια ίνα μπορεί να επεκταθεί - κοιτάζοντας τη μέγιστη αξία, πάλι, υπάρχουν πολλές παραλλαγές και ο σαφής νικητής είναι η flagelliform ή το σπειροειδές νήμα που παράγεται για την παγίδευση της λείας. Στην πραγματικότητα, αυτή η ινώδης ταινία μπορεί να τεντωθεί πάνω από το διπλάσιο του αρχικού μήκους της. Έτσι, οι ίνες μεταξίου ποικίλλουν ως προς τη δύναμή τους και την εκτατικότητά τους. Στην περίπτωση της σπείρας σύλληψης, πρέπει να είναι ελαστική για να απορροφήσει τις δυνάμεις που θα επιδράσουν στον ιστό από το ιπτάμενο θήραμα. Εάν δεν ήταν σε θέση να τεντωθεί τόσο πολύ, τότε όταν

ένα έντομο έπεφτε στον ιστό θα λειτουργούσε σαν τραμπολίνο. Έτσι, αν ο ιστός ήταν κατασκευασμένος εξ ολοκλήρου από dragline μετάξι, ένα έντομο θα ήταν πολύ πιθανό να αναπηδήσει αμέσως.

Μηχανική Αντοχή

Παρακάτω φαίνονται 21 είδη αραχνών που παράγουν το dragline μετάξι και υποδεικνύονται από αυτό το εξελικτικό δέντρο, που δείχνει τις γενετικές τους σχέσεις και έχουν χρωματιστεί με κίτρινο οι αράχνες που παράγουν μετάξι για τη δημιουργία ιστού. Δεξιά τα δύο κόκκινα βέλη δείχνουν τις τιμές ανθεκτικότητας των γραμμών έλξης των *clavipes nerphila* και *araneus diadematus*. Αυτά είναι τα δύο είδη αραχνών για τα οποία η συντριπτική πλειοψηφία του χρόνου και των χρημάτων για την έρευνα για τα μεταξωτά αράχνης είναι να αναπαράγουν τις πρωτεΐνες των μεταξωτών τους. Ωστόσο, οι draglines τους δεν είναι οι πιο δυνατές.

Στη συνέχεια συγκρίνονται τιμές σκληρότητας για ίνες νάυλον, *bombyx* – ή μετάξι από μεταξοσκώληκες- μαλλί, Kevlar και ίνες άνθρακα. Και αυτό που φαίνεται είναι ότι σχεδόν όλες οι draglines των αραχνών τα ξεπερνούν. Ένα συχνό λάθος που γίνεται είναι να συγχέουμε τη δύναμη με τη σκληρότητα κατά τη σύγκριση του μεταξιού με άλλα υλικά. Όπως φαίνεται παρακάτω με λεπτομέρεια, βάρος προς βάρος, το μετάξι είναι ισχυρότερο από το ατσάλι, αλλά δεν είναι τόσο ισχυρό όσο το Kevlar. Το μετάξι είναι, ωστόσο, πιο σκληρό και από τα δύο.



	Material Toughness	Tensile Strength	Weight
Dragline spider silk	120,000-160,000	1,100-2,900	1.18-1.36
Kevlar®	30,000-50,000	2,600-4,100	1.44
Steel	2,000-6,000	300-2,000	7.84

	Linear Density(tex)	Diameter Mean value (μm)	Coeff. Variation (%)
Spider Silk	0.014	3.57	14.8
B. mori Silk*	0.117	12.9	24.8
Merino Wool	0.674	25.5	25.6
Polyester Filament	0.192	13.3	2.4
Nylon 6 Filament	0.235	16.2	3.1
Kevlar 29	0.215	13.8	6.1

	E _L (GPa)	E _T (GPa)	G _L (GPa)	E _L /E _T	E _L /G _L
Argiope aurentia spider silk	34.00	-	-	-	-
N. clavipe Spider Silk	12.71	0.579	2.38	21.95	5.34
B. Mori Silk	9.90	-	3.81*	-	4.93*
Merino Wool	3.50	0.93	1.31	3.76	2.67
Nylon 6 Filament	2.71	1.01	0.52	2.68	5.21
Kevlar 29	79.80	2.59	2.17	30.81	36.77

Material	Strength, σ_{\max} /GPa	Extensibility, ϵ_{\max}	Toughness/MJ m ⁻³
B. mori silk	0.6	0.18	70
A. diadematus MA silk	1.1	0.27	160
A. diadematus Flag silk	0.5	2.70	150
Nylon	0.95	0.18	80
Kevlar 49™	3.6	0.027	50
High-tensile steel	1.5	0.008	6

Δύναμη

Αναλυτικά η αντοχή σε εφελκυσμό ενός dragline μεταξιού είναι συγκρίσιμη με εκείνη του υψηλής ποιότητας κράματος χάλυβα (450 - 1970 MPa), και περίπου κατά το ήμισυ της ισχύος των νημάτων αραμιδίου , όπως το Twaron ή το Kevlar (3000 MPa).

Σκληρότητα

Ο συνδυασμός αντοχής και ολκιμότητας δίνει στα μετάξια dragline πολύ υψηλή ανθεκτικότητα, η οποία "είναι ίση με εκείνη των εμπορικών ινών πολυαραμιδίου (αρωματικό νάιλον) , που αποτελούν σημείο αναφοράς της σύγχρονης τεχνολογίας πολυμερών ινών.

Πυκνότητα

Αποτελούμενο κυρίως από πρωτεΐνη, τα μετάξια έχουν περίπου το ένα έκτο της πυκνότητας του χάλυβα (1,31 g / cm³). Ως αποτέλεσμα, ένα νήμα αρκετά μακρύ για να περιβάλει τη Γη θα ζύγιζε λιγότερο από 500 γραμμάρια (Το dragline μετάξι της αράχνης έχει μία αντοχή της τάξεως 1,3 GPa). Η εφελκυστική δύναμη του χάλυβα μπορεί να είναι ελαφρώς υψηλότερη π.χ. 1,65 GPa, αλλά το μετάξι της αράχνης είναι ένα υλικό πολύ λιγότερο πυκνό, έτσι βάρος προς βάρος το μετάξι της αράχνης είναι πέντε φορές πιο ισχυρό από το αντίστοιχο του χάλυβα.)

Ενεργειακή πυκνότητα

Η ενεργειακή πυκνότητα του μεταξιού dragline της αράχνης είναι $1.2 \times 10^8 \text{ J / m}^3$.

Επεκτασιμότητα

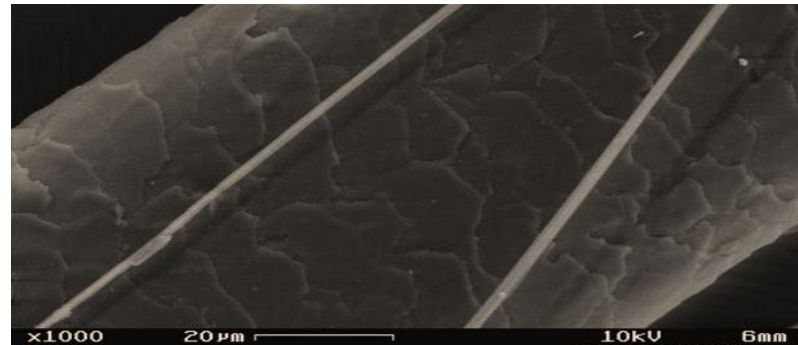
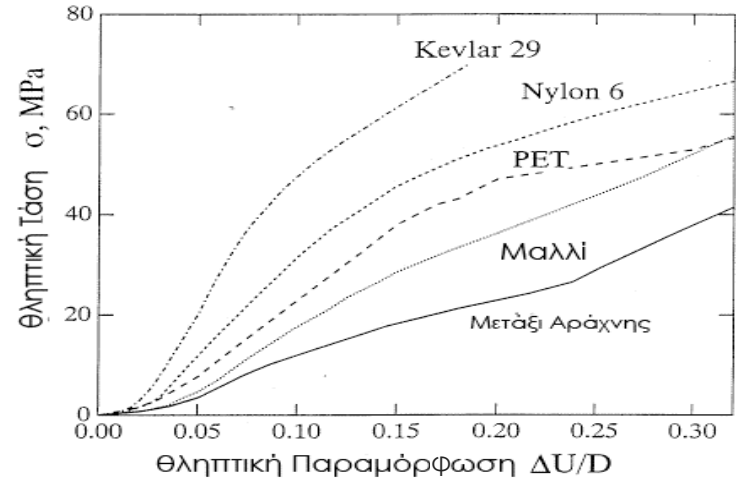
Τα μεταξωτά είναι επίσης εξαιρετικά εύπλαστα, με κάποια να έχουν τη δυνατότητα να τεντωθούν μέχρι πέντε φορές το χαλαρό μήκος τους.

Θερμοκρασία

Ενώ είναι απίθανο να βρεθούν αυτές οι τιμές στη φύση, τα μετάξια dragline κρατάνε τη δύναμη τους και κάτω από τους -40°C (-40°F) και μέχρι 220°C (428°F).

Υπερκατασκευή

Όταν εκτεθούν σε νερό, τα μεταξωτά τύπου dragline υφίστανται συρρίκνωση έως 50% σε μήκος και συμπεριφέρονται σαν ένα αδύναμο ελαστικό υπό τάση. Πολλές υποθέσεις έχουν προταθεί ως προς τη χρήση του στη φύση, με τις πιο δημοφιλείς θεωρούν ότι γίνεται ώστε να προκαλείται ένταση στους ιστούς που φτιάχτηκαν το βράδυ χρησιμοποιώντας την πρωινή δροσιά.



Λεπτομέρεια μεγέθους μιας ίνας ιστού πάνω σε μια ανθρώπινη τρίχα. Η διαφορά μεγέθους είναι τεράστια.



Εγκάρσιες Ιδιότητες

Τα τέστ συμπίεσης στην εγκάρσια κατεύθυνση της διαμέτρου της ίνας έγιναν με την τοποθέτηση μιας και μόνο ίνας μεταξύ μιας επίπεδης και μεταλλικής πλάκας και μιας καθρεπτιζόμενης τετράγωνης πλάκας συμπίεσης 0.2mm. Εξαιτίας της λεπτότητας της ίνας ,είναι αναγκαίος ένας συνδυασμός ευαίσθητων οργάνων και μηχανηστικής ανάλυσης για τη διασφάλιση ακριβούς μέτρησης των ιδιοτήτων της σε τάση και εφελκυσμό.

Οι ίνες μεταξιού της αράχνης *Nephila Clavipe* υποβλήθηκαν σε εγκάρσια κυκλική πίεση με ταχύτητα συμπίεσης 0.3cm / sec. υπό συνθήκες περιβάλλοντος και υγρές συνθήκες. Το μέτρο συμπίεσεως της ίνας που δοκιμάστηκε σε συνθήκες περιβάλλοντος ήταν 0,58 GPa. και η ίνα παρουσίασε υψηλό βαθμό μόνιμης παραμόρφωσης (~ 20%). Η ικανότητα του μεταξιού της αράχνης να αντισταθεί στην εγκάρσια συμπίεση είναι μικρότερη από όλες τις άλλες υφαντικές ίνες .

Η αντοχή, η εκτατότητα και η σκληρότητα των μεταξωτών αυτών σε συνδυασμό με το γεγονός ότι τα αραχνο-υφάσματα δεν προκαλούν ανοσοαπόκριση, έχουν προσελκύσει μεγάλο ενδιαφέρον για τη χρήση τους σε βιοϊατρικές εφαρμογές, για παράδειγμα, ως συστατικό τεχνητών τενόντων, Που χρησιμεύουν ως οδηγοί για την αναγέννηση νεύρων, και για ικρίωματα για ανάπτυξη ιστών.

3. γ. Παραγωγή του υλικού

Παρά την δυσκολία παραγωγής του υλικού του ιστού μέσω καλλιέργειας ή προσπάθειας εισχώρησης του DNA της αράχνης που ευθύνεται για την παραγωγή του σε άλλα ζώα όπως προαναφέρθηκε θα ήταν ίσως πιθανή , αν δεν είναι ήδη, η δημιουργία του υλικού με τη χρήση της τεχνολογίας 3d printing που αποκτά με τον καιρό φοβερές δυνατότητες που ίσως δεν φανταζόμασταν ότι θα μπορούσαν να υπάρξουν μερικά χρόνια πριν. Η μέθοδος του 3d printing έχει εξελιχθεί τόσο πολύ που έχουμε καταφέρει να εκτυπώσουμε ανθρώπινα όργανα με το μηχάνημα να χρησιμοποιεί αντί για κάποιο υλικό , κύτταρα του οργανισμού για τον οποίο προορίζεται το εκάστοτε όργανο. Ο εκτυπωτής παράγει επίσης τρόφιμα και αναπλάθει κατεστραμμένους ιστούς . Με αυτές τις δυνατότητες λοιπόν ίσως θα είναι κάποια στιγμή αρκετά εύκολο να παραχθεί το υλικό του ιστού μέσω της τεχνικής αυτής μιμούμενο τον τρόπο κατασκευής του στο εσωτερικό της αράχνης ,απλά με την χρήση αλληλουχίας των αναγκαίων πρωτεϊνών και στοιχείων για την παραγωγή του. Μια τέτοια εκτύπωση επίσης θα μπορούσε να γίνει σε πραγματικό χρόνο με την κατασκευή του εκάστοτε έργου σε ελάχιστο χρόνο και με τη δυνατότητα επέμβασης εγκαίρως σε τυχών λάθη ή αποκλείσεις . Η κατασκευή κτιρίων με τη μέθοδο αυτή έχει ήδη εφαρμοστεί με επιτυχία με τη χρήση υλικών που είναι διαθέσιμα τώρα , έχει όμως τεράστια δυνατότητα εξέλιξης





Το πρώτο ύφασμα φτιαγμένο από ιστό αράχνης . Χρειάστηκαν πάνω από 1 εκατομμύριο αράχνες Μαδαγασκάρης.



3. 6. Εφαρμογές ιστού αράχνης

Ισχυρότερο από το ατσάλι και πιο ελαστικό από λάστιχο, το μετάξι της αράχνης έχει δεκάδες πιθανές εφαρμογές στον τομέα των κατασκευών, της ιατρικής και του στρατού. Τα τελευταία χρόνια, οι επιστήμονες πρότειναν τη χρήση μεταξιού αράχνης για την κατασκευή προϊόντων διαφορετικών όπως οι βιοαποδομήσιμες φιάλες νερού, τα εύκαμπτα καλώδια ανάρτησης γέφυρας και το άθραυστο χαρτί γραφής.

Ο ερευνητής Randy Lewis από το Πανεπιστήμιο του Utah State University λέει ότι «σχεδόν κανείς δεν είχε επαρκή ποσότητα υλικού από μετάξι αράχνης για να κάνει μια δοκιμή πλήρους κλίμακας για αυτές τις ιδέες προϊόντων». Το πρόβλημα είναι ότι οι αράχνες τείνουν να είναι δολοφονικές και κανιβαλιστικές μεταξύ τους - δεν είναι ακριβώς αυτό που θα μπορούσατε να ονομάσετε αγροτικά ζώα. Αυτό καθιστά το μετάξι δύσκολο να παραχθεί μαζικά, και η συγκομιδή του από το φυσικό περιβάλλον μπορεί να διαρκέσει χρόνια.»

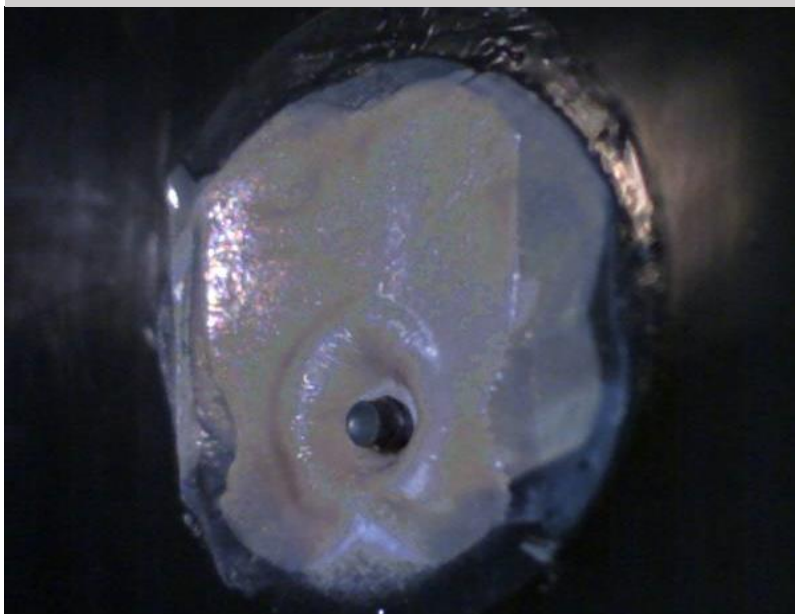
«Με τους νέους μεταξοσκώληκες μας, θα μπορέσουμε να το αλλάξουμε εντελώς», λέει ο Lewis. Είναι μέλος μιας ομάδας που χρησιμοποίησε πρόσφατα κάμπιες για να δημιουργήσει το μετάξι της αράχνης. Οι ερευνητές πρόσθεσαν γονίδια που κωδικοποιούν τις πρωτεΐνες μεταξιού της αράχνης στο DNA των μεταξοσκωλήκων και τα διαγονιδιακά σκουλήκια περιστρέφουν τις πρωτεΐνες αράχνης στο δικό τους μετάξι.

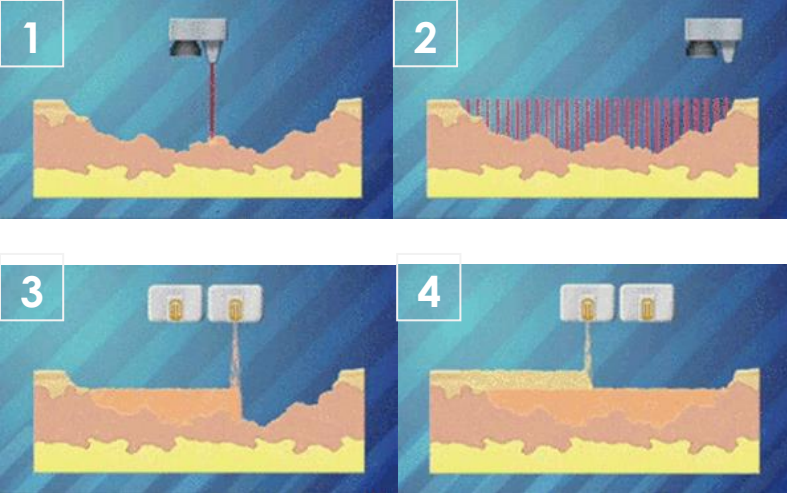
Αυτή η νέα προσέγγιση εξομαλύνει την παραγωγή, δεδομένου ότι οι μεταξοσκώληκες κάνουν το ίδιο. Οι προκύπτουσες ίνες είναι διπλάσιες σε αντοχή και ελαστικότητα από το κανονικό μετάξι του μεταξοσκώληκα, όχι όμως αρκετά δυνατές σε σχέση με της αράχνης. Παρόλα αυτά επειδή οι μεταξοσκώληκες είναι χορτοφάγοι, είναι εξαιρετικά «γεωργικοί» και έχουν ήδη αποδείξει την ικανότητά τους να κάνουν μετάξι σε βιομηχανική κλίμακα.

Οι ερευνητές επίσης μετέτρεψαν το μετάξι της αράχνης και το ανθρώπινο δέρμα σε «πανοπλία» σώματος τύπου Spiderman. Για να το κάνουν, οι επιστήμονες εξήγαγαν τις πρωτεΐνες από το γάλα γενετικά τροποποιημένων κασικιών και συνέθεσαν αυτές τις πρωτεΐνες σε τεχνητές ίνες μεταξιού. Μετά το μόσχευμα των ινών μεταξιού στην ανθρώπινη επιδερμίδα, το υβριδικό δέρμα ήταν σε θέση να αποκρούσει μια αργά-κινούμενη σφαίρα που εκτοξεύτηκε με ένα τουφέκι .22-διαμετρήματος. Το υλικό δεν ήταν αλεξίσφαιρο σε κανονικές ταχύτητες σφαίρας, αλλά οι ερευνητές χρησιμοποίησαν μόνο τέσσερα στρώματα υλικού. Τα απλά αλεξίσφαιρα γιλέκα από Kevlar είναι κατασκευασμένα από 33 στρώματα. Εάν προστεθούν στρώματα, η στολή από τον αραχνούφαντο μετάξι θα μπορούσε να είναι τρεις φορές ισχυρότερη από εκείνη με Kevlar.



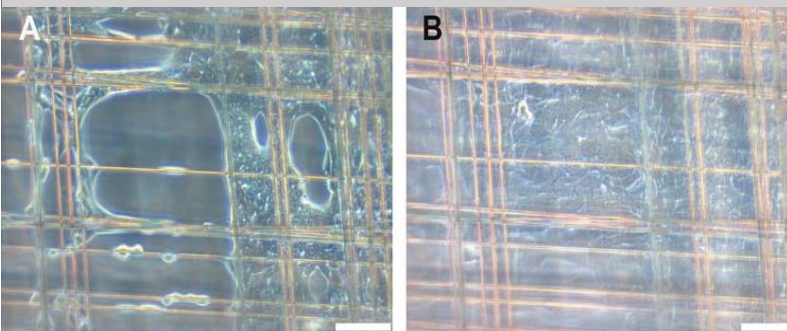
Πάνω. Λεπτομέρεια από γάντια φτιαγμένα από συνθετικό ιστό διαγονιδιακού μεταξοσκώληκα. Κάτω .Λεπτομέρεια αλεξίσφαιρου





Πάνω. 1. Το μηχάνημα lazer σκανάρει την υπάρχουσα πληγή, 2. δημιουργεί το προφίλ της πληγής του ασθενή, 3. Ειδικός 3d printer «εκτυπώνει» απευθείας πάνω στην ουλή μια στιβάδα δέρματος, 4. Δεύτερος 3d printer εκτυπώνει την τελευταία στιβάδα του δέρματος για να κλείσει τελείως το χτύπημα.

Κάτω. Λεπτομέρεια του ιστού του δέρματος πριν Α και μετά Β την χρήση 3d printer για την επούλωση του κατεστραμμένου δέρματος



Η καλλιέργεια τεχνητού δέρματος για τα θύματα πυρκαγιάς είναι ένα δύσκολο έργο. Χρειάζεται ένα συγκεκριμένο είδος «σκαλωσιάς» πάνω στην οποία θα φτιαχτεί υγιής δερματικός ιστός που μπορεί να συγχωνευτεί με το σώμα. Τα κολλαγόνα ή οι συνθετικές ίνες χρησιμοποιούνται συνήθως για να παρέχουν υποστήριξη για τον αναπτυσσόμενο ιστό του δέρματος, αλλά αυτά τα υλικά είναι αδύναμα και δεν βιοαποικοδομούνται αρκετά γρήγορα ώστε να αφήνουν τα τραύματα να θεραπεύονται σωστά, σύμφωνα με ερευνητές της Ιατρικής Σχολής του Ανόβερου στη Γερμανία.

Σε ένα πείραμα, οι επιστήμονες συνέλαβαν το μεταξύ από τη αράχνη χρυσού ιστού και έβαλαν τις ίνες του σε ένα διασταυρωμένο πλέγμα πάνω σε χαλύβδινο πλαίσιο. Στη συνέχεια έσπειραν το πλέγμα με κύτταρα και θρεπτικά συστατικά που δημιουργούσαν το δέρμα και ένα υγιές στρώμα δέρματος αναπτύχθηκε στο πλέγμα, όπως φαίνεται στις εικόνες Α και Β. Η δύναμη, η ευελιξία και η βιοαποικοδομησιμότητα του μεταξιού μπορεί να το καταστήσει ιδανική μήτρα για την ανάπτυξη του δέρματος και την επούλωση πληγών, ανέφεραν οι ερευνητές.

Τα μεταξωτά αράχνης έχουν χρησιμοποιηθεί ως επίδεσμοι για αιώνες. Εκτός από την παροχή ενός καλού ικριώματος για την κατασκευή του δέρματος, το αραχνούφασμα φαίνεται να βοηθά στην αναγέννηση άλλων ιστών, όπως νευρώνες και αιμοφόρα αγγεία.

Ορισμένοι τύποι μεταξιού αράχνης μπορεί ακόμη να έχουν αντιμικροβιακές ιδιότητες, οι οποίες θα μπορούσαν να βοηθήσουν τις πληγές να επουλωθούν γρηγορότερα. Επίσης ορισμένες εταιρείες εξέφρασαν το ενδιαφέρον τους για τη δημιουργία αερόσακων από σύνθετα υλικά αράχνης, λέει ο Lewis. "Αντί να εκτιναχθείς πίσω στο κάθισμά από τη σύγκρουση, ένας αερόσακος από αυτό το υλικό θα μπορούσε να περιβάλλει τον επιβάτη με τον ίδιο τρόπο που κάνει ένας ιστός και το μετάξι θα μπορούσε να απορροφήσει τη δύναμη". Ο Lewis πιστεύει επίσης ότι το αραχνούφαντο μετάξι μπορεί να προσφέρει λύση και στο πρόβλημα τραυματισμών των τενόντων. "Μπορούμε να κάνουμε κάτι που μιμείται το μέγεθος, το σχήμα και την ελαστικότητα [ενός συνδέσμου] χωρίς κανένα πρόβλημα", λέει. Τους επόμενους μήνες, η ερευνητική του ομάδα ελπίζει να μετασχηματίσει τις πρωτεΐνες μεταξιού από αιγοειδή σε τεχνητούς συνδέσμους. Εάν η βιοσυμβατότητα και οι δοκιμές σε ζώα επιτύχουν, ο Lewis ελπίζει να τα δοκιμάσει σε ανθρώπους μέσα σε λίγα χρόνια.

Μια άλλη εφαρμογή νέων υπερ-υλικών όπως αυτό του ιστού θα μπορούσε να είναι ο σκελετός οχημάτων και μέσων μεταφοράς, από πιο ελαφριά και ανθεκτικά αμάξια μέχρι σκελετούς αεροπλάνων ελάχιστου βάρους και τεράστιας αντοχής άρα μεγαλύτερης ασφάλειας και καλύτερης μεταφοράς των επιβατών.

- <http://www.popularmechanics.com/science/health/g741/6-spider-silk-superpowers/?>



Πάνω. Τένοντας που μπορεί να αντικατασταθεί από ιστό αράχνης. Κάτω . **BAC Mono Graphene Supercar**. Το πρώτο αυτοκίνητο από Γραφένιο

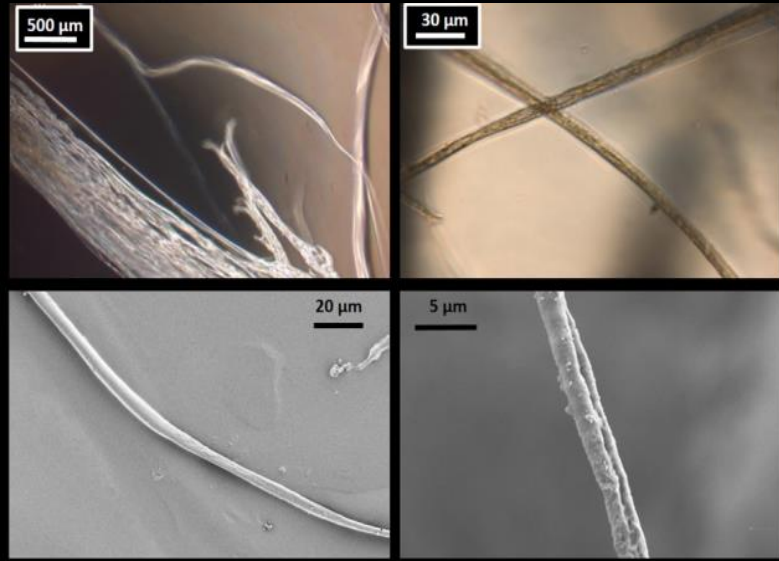


Εφαρμογές των υλικών στο χώρο της Αρχιτεκτονικής

4. Εφαρμογές των υλικών στο χώρο της Αρχιτεκτονικής

Τα παραπάνω υλικά είναι υλικά με τεράστιες δυνατότητες ,όχι μόνο στον χώρο της ιατρικής και του στρατού με τις εφαρμογές που προαναφέρθηκαν αλλά ανοίγουν τεράστιους ορίζοντες και στον χώρο της Αρχιτεκτονικής και της κατασκευής . Είτε με την χρήση του ίδιου υλικού είτε με τον συνδυασμό τους με άλλα υλικά (για την ενίσχυση των δυνατοτήτων τους)το αραχνούφασμα και το γραφένιο δίνουν τεράστιες δυνατότητες στην αντοχή των κατασκευών καθώς και την μορφή τους .

Ο Markus Buehler, αναπληρωτής καθηγητής αστικής και περιβαλλοντικής μηχανικής (CEE) στο MIT, ανέλυσε τη σύνθετη, ιεραρχική δομή του μεταξιού και την εκπληκτική του δύναμη –βάρους προς βάρος. Ο καθηγητής και οι συνάδελφοί του έχουν εφαρμόσει την ανάλυσή τους στη δομή των ίδιων των ιστών, βρίσκοντας αποδείξεις για τις βασικές ιδιότητες που καθιστούν τους ιστούς τόσο ανθεκτικούς συνδέοντας αυτές τις ιδιότητες με τη μοριακή δομή των μεταξωτών ινών. Η έρευνα συμπεραίνει ότι η ισχυρή απόδοση του μεταξιού στους ιστούς δεν οφείλεται μόνο στην εξαιρετική μέγιστη αντοχή και μέγιστη καταπόνηση του, αλλά προκύπτει από τη μη γραμμική απόκριση των νημάτων μεταξιού στην καταπόνηση και τη γεωμετρική τους διάταξη στον ιστό. Στην ασυνήθιστη ανταπόκριση του μεταξιού, για παράδειγμα - αρχικά



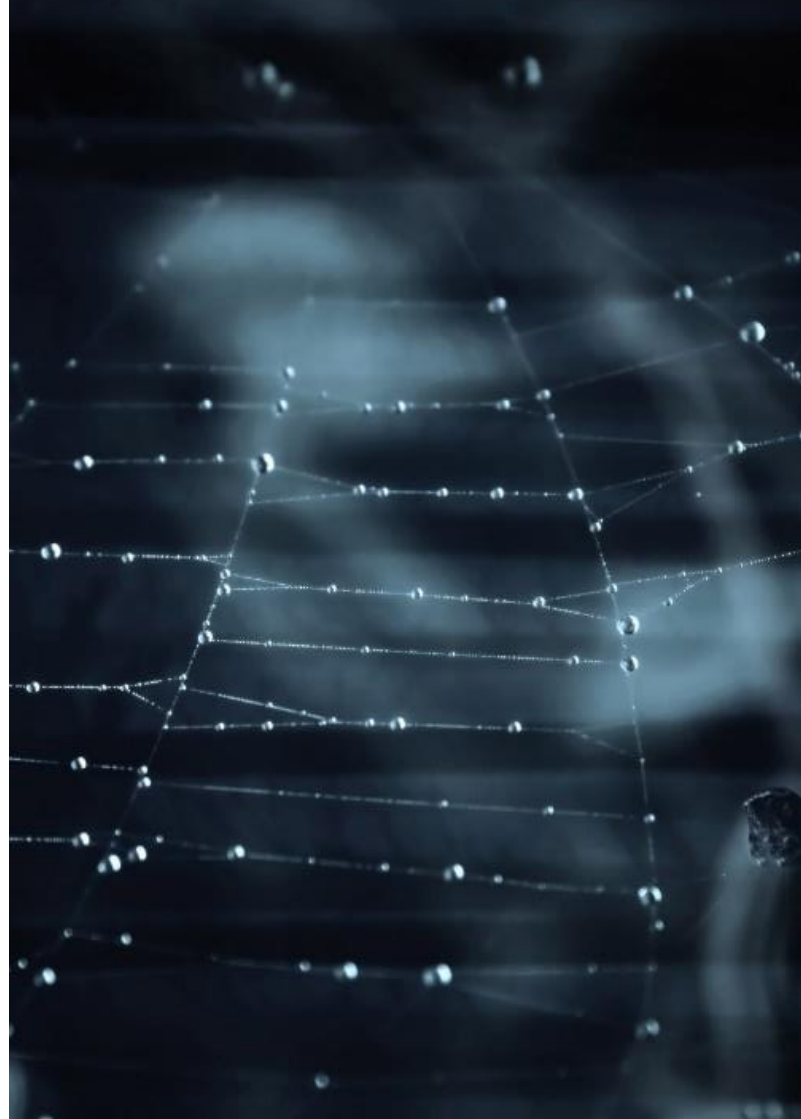
Εικόνες μικροσκοπίου από ίνες που παράγονται στο εργαστήριο επιβεβαιώνουν τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων των ερευνητών του MIT για το αραχνούφαντο μετάξι. Στην κορυφή υπάρχουν εικόνες οπτικού μικροσκοπίου και, στο κάτω μέρος, εικόνες ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης.

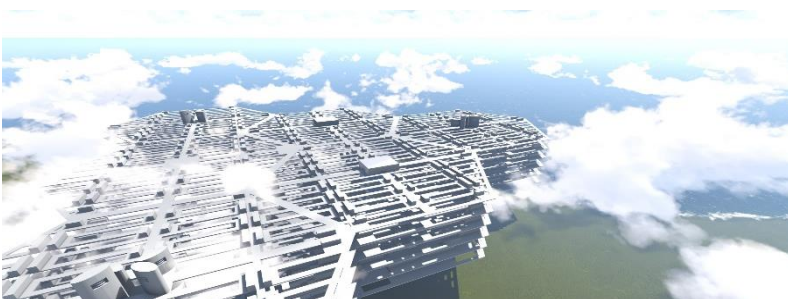
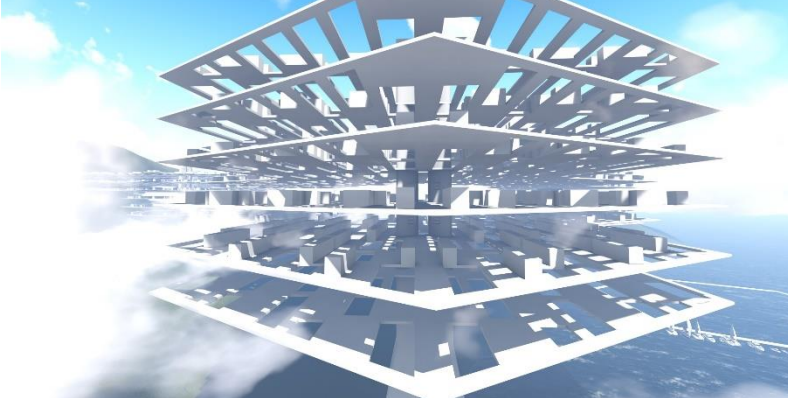
άκαμπτο, μετά ελαστικό και στη συνέχεια άκαμπτο πάλι - "κάθε μικρό κομμάτι αυτής της περιέργης συμπεριφοράς παίζει βασικό ρόλο" στο να κάνει τον ιστό τόσο ισχυρό, όπως αναφέρει. Τα υλικά με την ίδια αντοχή, όπως μετράται από το σημείο θραύσης τους, συχνά ανταποκρίνονται πολύ διαφορετικά στις πραγματικές εφαρμογές τους. "Η πραγματική δύναμη δεν είναι τόσο σημαντική, είναι πως φτάνεις εκεί".

Η βασική αρχή του να επιτρέπεται η τοπική βλάβη έτσι ώστε να μπορέσει να επιβιώσει η συνολική κατασκευή λέει ο Buehler, θα μπορούσε να καθοδηγεί τους μηχανικούς που ασχολούνται με το δομικό κομμάτι της κατασκευής. Για παράδειγμα, τα κτίρια που είναι ανθεκτικά στο σεισμό γενικά έχουν σχεδιαστεί για να προστατεύουν ολόκληρο το κτίριο με τη διασπορά ενέργειας, μειώνοντας το φορτίο στο κτίσμα. Όταν αποτυγχάνουν, τείνουν να το κάνουν στο σύνολό τους.

Ένα νέο σχέδιο μπορεί να επιτρέψει στο κτίριο να κάμπτεται μέχρι ένα σημείο, αλλά στη συνέχεια ορισμένα συγκεκριμένα δομικά στοιχεία θα μπορούσαν να αποτύχουν πρώτα, επιτρέποντας στην υπόλοιπη δομή να επιβιώσει. Αυτό θα μπορούσε τελικά να επιτρέψει την επισκευή του κτιρίου αποτρέποντας την κατεδάφιση του. Παρόμοιες αρχές μπορεί να ισχύουν για το σχεδιασμό αεροπλάνων ή τεθωρακισμένων οχημάτων που θα μπορούσαν να αντισταθούν σε τοπικές βλάβες και να λειτουργούν.

- <https://www.sciencedaily.com/releases/2015/05/150515102042.htm>





Απεικονίσεις από διπλωματική εργασία με θέμα την δημιουργία ενός νέου τύπου κατασκευής πόλης καθ' ύψος με περιοχή μελέτης τη φαβέλα Rocinha στο Ρίο ντε Τζανέιρο της Βραζιλίας . Η μεγακατασκευή χρησιμοποιεί το γραφένιο και το μετάξι της αράχνης (όταν πλέον θα έχουν παραχθεί μαζικά και θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κατασκευές) λόγω της δυνατότητας των υλικών αυτών να γεφυρώσουν ,όπως αναφέρθηκε, πολύ μεγαλύτερα ανοίγματα σε σχέση με τα σημερινά υλικά και με πολύ μικρότερες διατομές .

Η τεράστια αντοχή των υλικών σε εφελκυσμό και η ελαστικότητα τους θα μπορούσε να αποτελέσει εξέλιξη στον τρόπο κατασκευής στοιχείων όπως μιας γέφυρας και στον τρόπο που αυτή στηρίζεται . Από τα σύρματα που κρατούν το κτίσμα μέχρι και τον σκελετό του ίδιου .Σύρματα φτιαγμένα από ιστό αράχνης στην ίδια διατομή θα ήταν πέντε φορές πιο δυνατά από τα σιδερένια που χρησιμοποιούνται σήμερα γεγονός που θα επηρέαζε τόσο την στήριξη της κατασκευής ,την ασφάλεια , καθώς και την τελική μορφή της αφού περισσότερη δύναμη σημαίνει λιγότερα σύρματα άρα απλούστευση μορφής . Επίσης η εφαρμογή τους στον σκελετό θα μπορούσε να αλλάξει τελείως την εικόνα που έχουμε για τις γέφυρες και τον τρόπο που αυτές κατασκευάζονται καθώς υλικά τέτοιας αντοχής μπορούν να γεφυρώσουν μεγαλύτερα ανοίγματα με μικρότερες διατομές και λιγότερες πρόσθετες στηρίξεις.

Αντίστοιχη εφαρμογή μπορούμε να δούμε και στον χώρο της κατοικίας και των κτηρίων γενικότερα. Με τη χρήση νέων υλικών με τις δυνατότητες του μεταξιού της αράχνης ή του γραφενίου , η μορφή και η αντοχή των κτηρίων θα αλλάξει τελείως σε σχέση με τα σημερινά δεδομένα. Σημαντική επίσης είναι η επίδραση αυτών των υλικών και στην ενεργειακή απόδοση των μελλοντικών κτιρίων καθώς θα μπορούσαν να αντικαταστήσουν τα σημερινά υλικά μόνωσης στις τοιχοποιίες αλλά και να δημιουργήσουν φωτοβολταϊκά πάνελ με τεράστια χωρητικότητα και καλύτερη δυνατότητα μετατροπής του ηλιακού φωτός σε ενέργεια για το κτίριο.

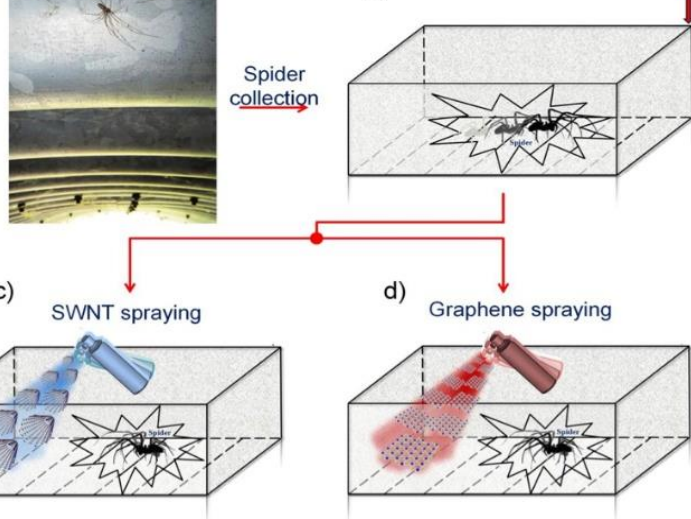
Σε αντίθεση με τα υλικά που χρησιμοποιούμε ως τώρα στην κατασκευή των αρχιτεκτονημάτων ,τσιμέντο, πέτρα, μέταλλο, γυαλί κλπ. τα μελλοντικά υλικά μπορούν να αλλάξουν τελείως τον τρόπο στήριξης ,τον σκελετό και τελικά την μορφή των κτηρίων. Με τις δυνατότητες που προσφέρονται μπορούν πλέον να υπάρξουν τεράστια ανοίγματα με ευκολία γεγονός που δίνει μεγάλη δύναμη στον αρχιτέκτονα και κατασκευαστικά και σχεδιαστικά .

5. Ενίσχυση των υλικών

Ο Έντεν Στίβεν, φυσικός στο εργαστήριο MagLab του Florida State University, ανακάλυψε ότι οι απλές μέθοδοι μπορούν να οδηγήσουν σε εκπληκτικά και φιλικά προς το περιβάλλον αποτελέσματα υψηλής τεχνολογίας κατά τη διάρκεια των πειραμάτων του με το αραχνούφαντο μετάξι και τους νανοσωλήνες άνθρακα.

"Αν κατανοήσουμε τη βασική επιστήμη και πώς λειτουργεί η φύση, το μόνο που πρέπει να κάνουμε είναι να βρούμε έναν τρόπο να το εκμεταλλευτούμε", δήλωσε ο Στίβεν. "Αν βρούμε έναν έξυπνο τρόπο για να το εκμεταλλευτούμε, τότε μπορούμε να το χρησιμοποιήσουμε για να δημιουργήσουμε μια νέα, καθαρότερη τεχνολογία".





Οι ερευνητές συλλέγουν τυχαία 15 αράχνες Pholcidae (αρσενικά και θηλυκά διαφορετικών ηλικιών) από την Torrente Chisone, η οποία βρίσκεται μεταξύ του Macello και της Garzigliana, μιας επαρχίας του Τορίνο της Ιταλίας. Κάθε αράχνη χωρίστηκε απαλά και ατομικά σε ένα κιβώτιο που μετρά 19 x 12,5 x 7,5 cm με τέσσερις εισόδους αέρα, μια διαφανή κορυφή, λευκό πάτο και διάφανες πλευρές. Οι αράχνες μεταφέρθηκαν εντός τριών ημερών από τη σύλληψη και διατηρήθηκαν στο κουτί κατά τη διάρκεια ολόκληρης της πειραματικής διαδικασίας. Μετά από πέντε ημέρες, συλλέχθηκαν δείγματα από dragline μετάξι. Ακολούθως, οι αράχνες εκτέθηκαν σε υδατικές διασπορές γραφενίου και νανοσωλήνες άνθρακα μονού τοιχώματος (SWNTs). Μετά από 42 ημέρες συλλέχθηκε για δεύτερη φορά το μετάξι. Το μετάξι έχει τη μορφή μιας ενιαίας ίνας αποτελούμενης από πολλαπλά νήματα. Πολλαπλά δείγματα ελήφθησαν με κοπή της ίνας σε κλώνους μήκους 20 mm για δοκιμή εφελκυσμού.

Ο Στίβεν είναι ο επικεφαλής ερευνητής στους νανοσωλήνες άνθρακα πάνω στη δομή του μεταξιού αράχνης. Το πείραμα μπορεί να οδηγήσει σε πρακτικές εφαρμογές στην ηλεκτρική αγωγιμότητα και πολλά άλλα.

Ο νανοσωλήνας είναι ένα φύλλο άνθρακα πάχους ενός ατόμου που έχει τυλιχτεί σε ένα απείρωσ μικρό σωλήνα. Η διάμετρος του νανοσωλήνα είναι τουλάχιστον 10.000 φορές μικρότερη από μια ίνα ανθρώπινης τρίχας. Οι ερευνητές παγκοσμίως ενδιαφέρονται για τις ιδιότητες των νανοσωλήνων άνθρακα, συμπεριλαμβανομένης της εκπληκτικής ισχύος και της ικανότητάς τους να άγουν ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα.

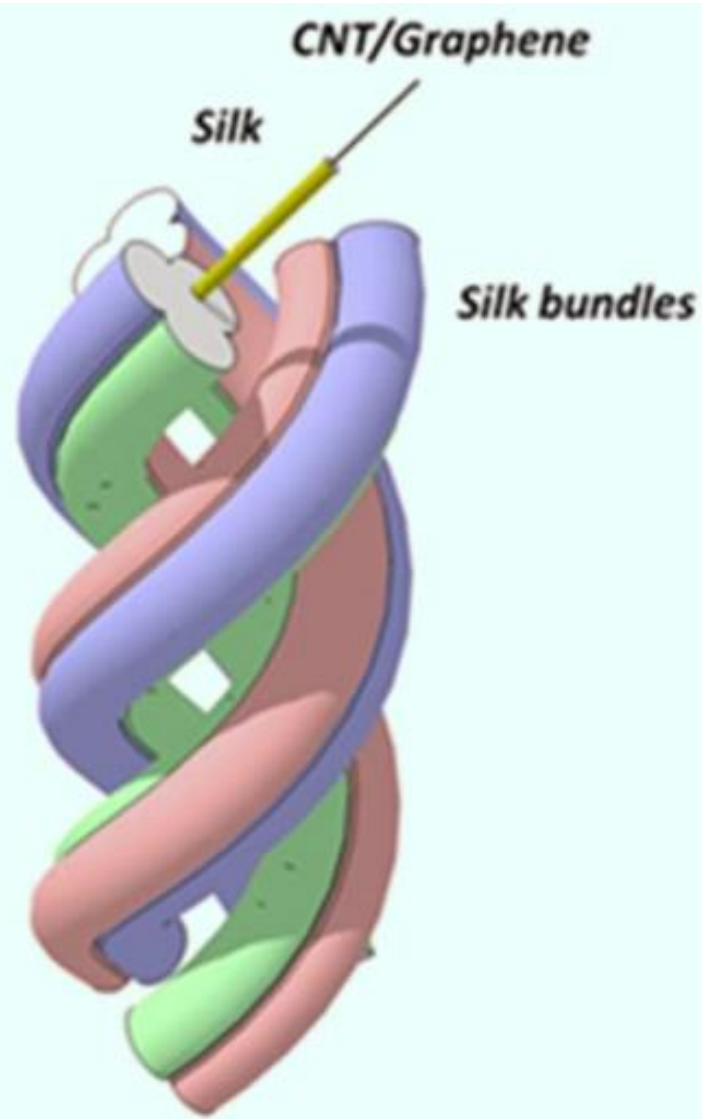
Ο Στίβεν ήθελε να δει τι θα συνέβαινε όταν τα νήματα μεταξιού της αράχνης ήταν επικαλυμμένα με νανοσωλήνες άνθρακα. Παραμένοντας στο θέμα της απλότητας, συγκέντρωσε το μετάξι αράχνης ο ίδιος.

«Αποδεικνύεται ότι αυτό το αξιολογο υλικό έχει πολλές λειτουργίες», είπε ο Steven για το μεταξωτό επίστρωμα σε νανοσωλήνες άνθρακα. "Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αισθητήρας υγρασίας, αισθητήρας τάσης, ενεργοποιητής (συσκευή που λειτουργεί ως τεχνητός μυς, για ανύψωση βαρών και άλλα) και ως ηλεκτρικό καλώδιο."

Αντί να προσθέσει στην ήδη τεράστια ποσότητα τοξικών στοιχείων και σύνθετων, μη βιοδιασπώμενων πλαστικών που βρίσκονται στις σημερινές ηλεκτρονικές συσκευές και έχουν ως αποτέλεσμα τη ρύπανση στο περιβάλλον μας, ο Στίβεν ήθελε να διερευνήσει υλικά φιλικά προς το περιβάλλον. Ενδιαφερόταν ιδιαίτερα για υλικά που θα μπορούσαν να αντιμετωπίσουν την υγρασία χωρίς πολύπλοκες επεξεργασίες και χημικά πρόσθετα κάτι που το αραχνούφασμα καταφέρει .

"Η κατανόηση της συμβατότητας μεταξύ του μεταξιού αράχνης και των αγώγιμων υλικών είναι απαραίτητη για την προώθηση της χρήσης του μεταξιού σε ηλεκτρονικές εφαρμογές", γράφει ο Στίβεν στο έγγραφο Nature Communications. "Το συγκεκριμένο υλικό είναι σκληρό, αλλά μαλακώνει όταν εκτίθεται στο νερό .Οι νανοσωλήνες προσκολλώνται ομοιόμορφα και συνδέονται με την επιφάνεια των ινών μεταξιού για να παράγουν σκληρές, προσαρμόσιμες, εύκαμπτες και ηλεκτρικά αγώγιμες ίνες μετά από ξήρανση και συστολή".

Ο Στίβεν συνεργάστηκε με έξι άλλους επιστήμονες για το ερευνητικό έργο, όπως ο Πρόεδρος του Τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου της Φλόριντα Τζέιμς Μπρουκς και ο μελετητής της Fulbright και ο Ιρακινός φυσικός Wasan Saleh. Ο Saleh συνεργάστηκε με τον Steven και τον Brooks στο MagLab το 2011 ως ένας από τους 10 Ιρακινούς μελετητές της Fulbright.





Πειράματα σε εργαστήρια της Siemens για συνδυασμό υλικών με σκοπό την παραγωγή νέων δυνατότερων , ελαφρύτερων και ωθηνότερων υλικών



Η ικανότητα συνδυασμού υπερ-υλικών μεταξύ τους δίνει ακόμα μεγαλύτερες δυνατότητες στην αρχιτεκτονική καθώς με αυτό τον τρόπο τα υλικά αποκτούν ιδιότητες που από μόνα τους δεν θα μπορούσαν να έχουν και έτσι καλύπτονται οι αδυναμίες τους και ενισχύονται οι δυνάμεις τους. Ένα βιοϋλικό σαν το μετάξι της αράχνης είναι ,παρά τα εξαιρετικά χαρακτηριστικά του, ευάλωτο στη φυσική φθορά ,στο νερό, στη φωτιά κλπ . Παρόλα αυτά αυτό δεν μας εμποδίζει στο να το χρησιμοποιήσουμε χάρης στην ικανότητα μας πλέον να συνδυάζουμε υλικά με απίστευτες ιδιότητες .

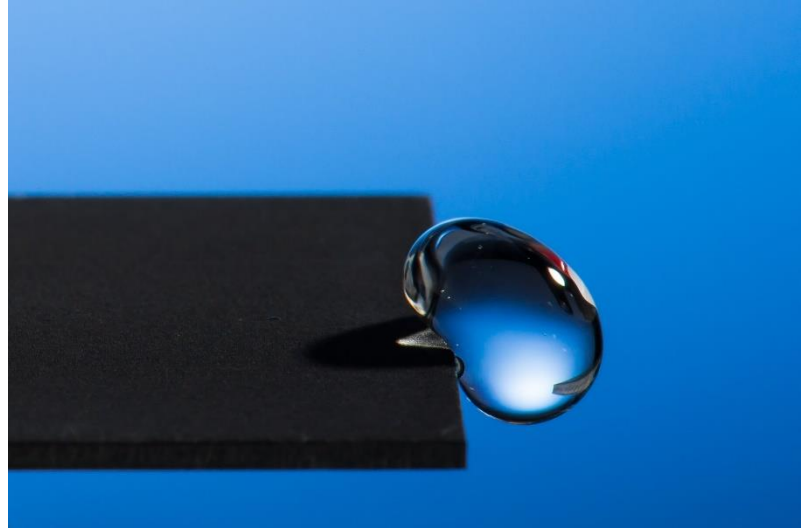
Όντας ύφασμα μπορεί να συνδυαστεί επίσης με άλλα υλικά-υφάσματα όπως το Kevlar σε σημεία που είναι απαραίτητη μεγαλύτερη αντοχή , γεγονός που μπορεί να αφαιρεί την 100% φιλική προς το περιβάλλον φύση του υλικού αλλά σίγουρα είναι πολύ λιγότερη η παραγωγή επιβαρυντικών ουσιών αν τα επιβλαβή υλικά περιορίζονται μόνο στην ενίσχυση και όχι για την ίδια την κατασκευή. Ένας άλλος τρόπος ενίσχυσης των δυνατοτήτων του υλικού είναι ο συνδυασμός του με ίνες γυαλιού . Με αυτό τον τρόπο το υλικό αποκτά μεγαλύτερη αντοχή και ταυτόχρονα το γυαλί δίνει τη δυνατότητα της διαφάνειας που είναι πολύ σημαντικό στοιχείο στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό.

- <https://phys.org/news/2015-05-spiders-carbon-nanotubes-superstrong-webs.html>
- <https://www.sciencedaily.com/releases/2013/09/130913185845.htm>

Οι αδυναμίες του μεταξιού ως προς τις φυσικές φθορές μπορούν επίσης εύκολα πλέον με τη βοήθεια της τεχνολογίας να μειωθούν ή και να εξαλειφθούν τελείως. Η χαμηλή αντοχή του στο νερό θα μπορούσε να αντιμετωπιστεί είτε με τον συνδυασμό του υλικού όπως προ-αναφέρθηκε με άλλα ισχυρότερα ως προς το νερό ή με τη χρήση του ψεκασμού ή «βάπτισης» των ινών σε υδροφοβικά διαλλείματα.

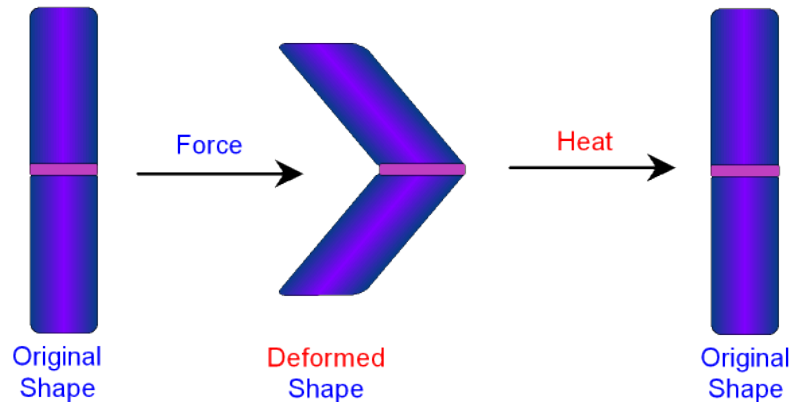
Αντίστοιχα όσον αφορά την φωτιά και γενικά τις υψηλές θερμοκρασίες (ο ιστός αντέχει θερμοκρασίες έως 200-300 C) οι ίνες θα μπορούσαν να προστατευτούν με ίδιες τεχνικές με υλικά που προσθέτουν θερμική αντίσταση αρκετή για να μην αποτύχει το υλικό ή τόση όση χρειάζεται ώστε να αποτύχει μετά από όσο χρονικό περιθώριο χρειάζεται για την ασφάλεια των ανθρώπων που αλληλοεπιδρούν με αυτό.

Εκτός όμως από ενίσχυση των δυνάμεων και αντοχών του υλικού του μεταξιού με το συνδυασμό άλλων υπερ-υλικών, είναι δυνατή και η προσθήκη νέων δυνατοτήτων με την πλέξη του με memory alloys. Έτσι μπορεί να αποκτήσει την «μνημονική» ιδιότητα των κραμάτων παρέχοντας τους τις εκπληκτικές του ιδιότητες δημιουργώντας υλικά που πλέον θα έχουν τη δυνατότητα «μεταμόρφωσης» σε πραγματικό χρόνο πχ την μορφοποίηση ενός στεγάστρου, κτηρίου κλπ βάσει των αναγκών και της εποχής παρέχοντας καλύτερο σκιασμό και δροσιά το καλοκαίρι ή την αλλαγή της αεροδυναμικής της κατασκευής σε κάποια κατάσταση δυνατού αέρα.



Πάνω .Αντικείμενο ψεκασμένο με υδροφοβικό διάλλειμα .

Κάτω . Η ικανότητα των memory alloys να επανέρχονται στην αρχική τους φυσική κατάσταση με τη χρήση θερμότητας



Συμπεράσματα

Συμπεράσματα

Η αρχιτεκτονική έχει υποστεί συνεχείς αλλαγές από χρόνο σε χρόνο ,αλλαγές που έχουν πολλαπλασιαστεί κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα . Πληθώρα από αρχιτεκτονικά και καλλιτεχνικά στυλ , μόνες και προσεγγίσεις έχουν έρθει και φύγει κατά καιρούς.

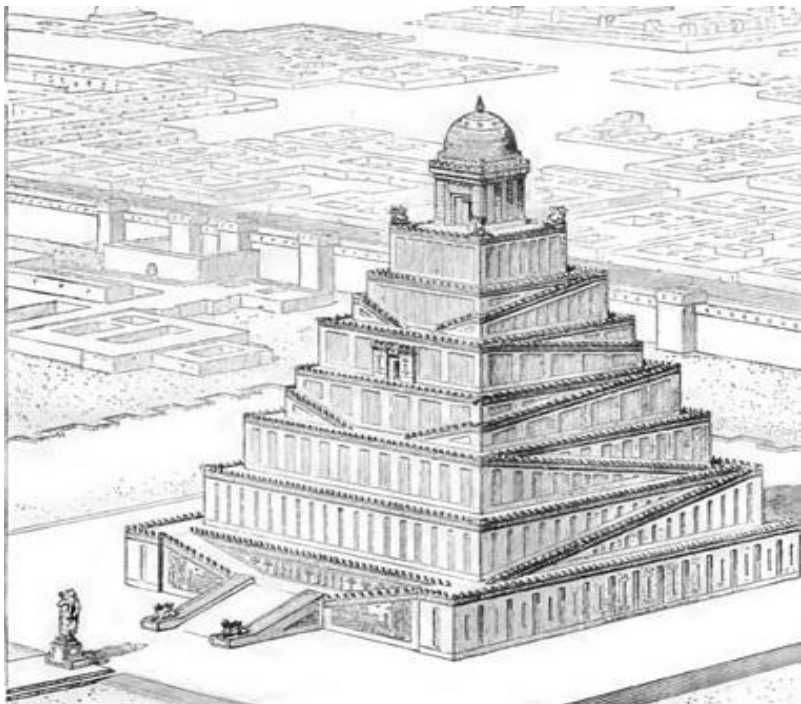
Παρόλα αυτά όπως είπε ο Mies van der Rohe « ένας δεν μπορεί να έχει μια καινούρια αρχιτεκτονική κάθε Δευτέρα πρωί ». Έχουμε φτάσει σε ένα σημείο όπου μπορούμε να αναγνωρίσουμε ορισμένα χαρακτηριστικά της νέας αρχιτεκτονικής αλλά δεν υπάρχει προς το παρόν κάποια κυρίαρχη - επικρατούσα. Η νέα (μελλοντική και μοντέρνα) αρχιτεκτονική έχει διατηρήσει αρκετούς από τους ιστορικούς προγόνους της ,αλλά κατά το πέρασμα των χρόνων απέκτησε κάποια ενθουσιώδη νέα στοιχεία . Ένα από αυτά είναι η επίδραση της μοντέρνας τεχνολογίας. Αυτό από μόνο του έχει δύο πτυχές : οι τεχνολογικές αλλαγές στους τομείς των πελατών και χρηστών των κτισμάτων και τις αλλαγές στην κατασκευαστική διαδικασία συμπεριλαμβανομένων αλλαγών σε σχεδιασμό και εκτέλεση. Η πρώτη από αυτές τις δύο αλλαγές είχε ως αποτέλεσμα νέες ανάγκες για κτίρια . Τα νέα υλικά και σύνθετα που εμφανίστηκαν, όπως τα σιδερένια και αλουμινένια κράματα ,το πτίανιο , το τσιμέντο υψηλής απόδοσης και τα πλαστικά είναι πανίσχυρα νέα σύνθετα υλικά του σημερινού σχεδιασμού.



J. Ultzon, Όπερα του Σύδνεϋ, Αυστραλία, 1956-74

Τα κτίρια αποτελούσαν πάντα ιδιαίτερες προκλήσεις για κάθε είδους δημιουργική σκέψη - τόσο τεχνική όσο και καλλιτεχνική. Ωστόσο, πρέπει να αναφερθεί ότι όλα όσα σχετίζονταν με την τέχνη και την αρχιτεκτονική βασίζονταν συνήθως σε αυτόχθονα υλικά και σε μικρότερο βαθμό σε εισαγόμενα.

Ως αποτέλεσμα, οι διαδικασίες και οι μέθοδοι απόκτησης και επεξεργασίας ποικιλίας υλικών που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή προσδιορίζουν κάθε εφαρμοσμένη δομή. Έτσι, οι άνθρωποι που ζουν σε διαφορετικές γωνιές του κόσμου επεξεργάζονται τα προφανή και σχετικά φθηνά υλικά που έχουν στη διάθεσή τους άμεσα - όπως ξύλο, πέτρα, χώμα (πηλός, άμμος), διάφορα ορυκτά κτλ. Χρησιμοποιώντας τα ,δημιούργησαν έργα τέχνης - συχνά συμπεριλαμβανομένων των κτιρίων - τα οποία ακόμη και σήμερα « φωτίζουν » τη φαντασία μας, προκαλώντας περιέργεια και δικαιολογημένη απόλαυση. Η δημιουργική εφευρετικότητα των καλλιτεχνών κατασκευής βασίστηκε πολύ συγκεκριμένα σε μια ποικιλία υλικών - ποικίλων όσον αφορά την ποιότητα, την ανθεκτικότητα (αντίσταση στους φυσικούς παράγοντες), το βάρος (σημαντικό για τη δομική ανάλυση), την ευκολία επεξεργασίας, αλλά και την καλλιτεχνική αξία Π.χ. υφή, αντανάκλαση χρώματος κ.λπ.).



Ζιγγουράτ Ετεμενάνκι, Βαβυλώνα, κατεδαφίσθηκε τον 7^ο αι. π.Χ.
Ο θρύλος του πύργου της Βαβέλ, σύμβολο της ασέβειας των ανθρώπων που θέλησαν να φτάσουν τον ουρανό.





Ο τάφος του Τατζ Μαχάλ στην Αγκρά, Ινδία, 1631-1648

Ως εκ τούτου, ήταν σημαντικό για τον καλλιτέχνη ή τον οικοδόμο εάν είχε ξύλο τριανταφυλλιάς ή έβενο, ασβεστόλιθο, βασάλτη ή γρανίτη στη διάθεσή του. Το είδος της καθολικότητας λύσεων και αρχιτεκτονικών μορφών που εφαρμόζονται από ανθρώπους από διαφορετικές ηπείρους μπορεί να έχει εκπληκτικά αποτελέσματα. Οι επαφές τους ήταν πολύ περιορισμένες και οι πληροφορίες από τα ταξίδια μάλλον λιγοστές και διαθέσιμες μόνο σε επιλεγμένους αποδέκτες. Επιπλέον, οι κάτοικοι της Ευρώπης και της Αμερικής παρέμειναν εντελώς άγνωστοι ο ένας για τον άλλο μέχρι τον Κολόμβο και τους κατακτητές. Ωστόσο, κτίρια παρόμοιας χρήσης κατασκευάστηκαν εκεί περίπου στο ίδιο χρονικό διάστημα, ενώ οι τοπικοί οικοδόμοι χρησιμοποίησαν παρόμοια δομικά υλικά με φυσική προέλευση.

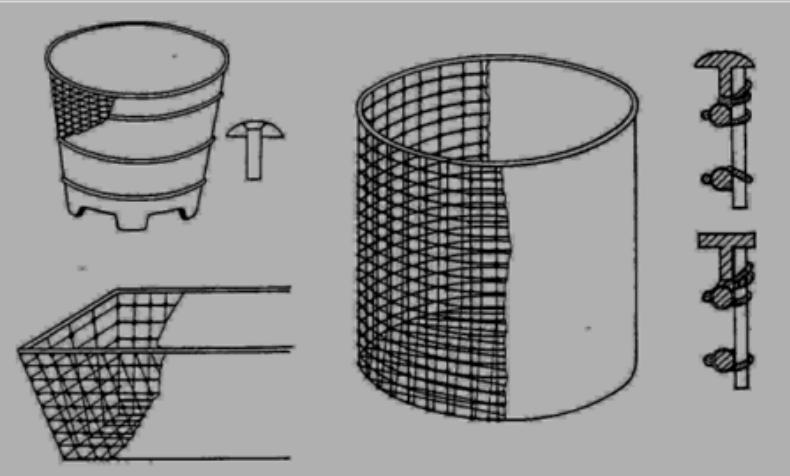
Αυτές οι συνθήκες είναι τόσο διαφορετικές όσο οι ανθρώπινες αξίες και τα προσωπικά κίνητρα, καθώς και οι οικονομικές δυνατότητες των επενδυτών (διευθυντών) ή των υποστηρικτών των κτιρίων. Μερικές φορές, η επιλογή του έργου επηρεάζεται από φαινομενικά απλά και υπαρξιακά επιχειρήματα όπως η αγάπη ενός αγαπημένου προσώπου (ο τάφος του Τατζ Μαχάλ στην Αγκρά, Ινδία, 1631-1648) ή την επιθυμία να αποκτήσει κάποιος έναν μεγαλοπρεπή τάφο (όχι μόνο με τη μορφή πυραμίδων, παραδείγματα μπορούν να βρεθούν στο νεκροταφείο της Βαρσοβίας Powązki ή στο νεκροταφείο Lychakiv στο Lνίν και σε πολλά άλλα).

Η πρόθεση να ξεχωρίσει τον εαυτό του, να αποδείξει. Το κύρος, και πολύ συχνά η μεγαλομανία ή απλώς μια ιδιότυπη ιδιοτροπία - π.χ. Το περίφημο κάστρο στις Άλπεις, το οποίο ανέδειξε ο βασιλιάς Λούντβιχ Β της Βαυαρίας.

Ακόμη και σήμερα, αυτά τα κίνητρα και προσδοκίες παρουσιάζουν αρχιτέκτονες και μηχανικούς με ολοένα και νέες προκλήσεις που σχετίζονται με το οικοδομικό υλικό, τις νέες τεχνολογίες, τη στατική δομή, τη λειτουργία και την πρωτοτυπία του αρχιτεκτονικού οράματος.

Μερικές φορές συμβαίνει ότι ο παράγοντας της τύχης καθίσταται καθοριστικός σε αυτούς τους τομείς, όπως συνέβη στην περίπτωση της πρωτοφανούς εφεύρεσης του οπλισμένου σκυροδέματος από τον Γάλλο κηπουρό Joseph Monier ο οποίος την κατοχύρωσε το 1867 ως ... ανθοδοχείο από οπλισμένο σκυρόδεμα ή την ανακάλυψη του γραφενίου όπως προ αναφέρθηκε και άλλων απίστευτων υλικών.

Σήμερα γνωρίζουμε και χρησιμοποιούμε αρκετές εκατοντάδες τύπους σκυροδέματος, πορομπετόν και οπλισμένο σκυρόδεμα, αλλά και εκατοντάδες τύπους δομικών και διακοσμητικών γυαλιών, μια σειρά εξαιρετικά ανθεκτικών και εύκαμπτων δομικών μεταλλικών κραμάτων, αυτοσυνδεδεμένων καρβιδίων, πολλαπλών ειδών τούβλα, λαμαρίνες και διακοσμητικές πέτρες κλπ.



Πάνω. Η πρώτη χρήση του οπλισμένου σκυροδέματος από τον Joseph Monier.

Κάτω. Η πρώτη κατοικία από τσιμέντο.





Ο Διεθνής Διαστημικός Σταθμός (ΔΔΣ) (αγγλ. International Space Station - ISS) είναι ένας ερευνητικός διαστημικός σταθμός σε τροχιά γύρω από τη Γη. Η συναρμολόγησή του ξεκίνησε τον Νοέμβριο του 1998 ενώ το πρώτο του πλήρωμα εγκαταστάθηκε τον Νοέμβριο του 2000. Ο ΔΔΣ εξακολουθεί και σήμερα να βρίσκεται σε φάση ανάπτυξης.



Η τεχνολογία και η διαστημική τεχνολογία προσφέρουν νέες υλικές λύσεις κάθε μέρα. Η επιστήμη εξελίσσεται με κβαντικά άλματα για να παρέχει ευκαιρίες για υποθαλάσσιες ή υπόγειες κατασκευές και κατασκευές στο διάστημα. Υπό το πρίσμα των σύγχρονων υλικών δυνατοτήτων, από την άποψη της καλλιτεχνικής έκφρασης, και ακόμη και διαφορετικών «ιδιοτροπιών», η αρχιτεκτονική δεν γνωρίζει όρια.

Με την ανακάλυψη του γραφενίου και την χρήση φυσικών υλικών με δυνάμεις που δεν φανταζόμασταν, όπως ο ιστός της αράχνης, μπαίνουμε σε μία νέα εποχή υλικών, υφών και αρχιτεκτονικής εμπειρίας. Ως το ισχυρότερο και ένα από τα ελαφρύτερα υλικά που έχει ανακαλυφθεί από τον άνθρωπο μέχρι σήμερα, το γραφένιο προδιαγράφει ένα μέλλον τεράστιων δυνατοτήτων και στον τομέα της τεχνολογίας αλλά και της αρχιτεκτονικής δημιουργίας.

Η δυνατότητα παραγωγής του Γραφενίου, με την απολέπιση των φύλλων άνθρακα από το γραφίτη είναι δύσκολη σαν διαδικασία αλλά είναι εφικτή και αυτό σημαίνει ότι όσο η τεχνολογία αναπτύσσεται θα πλησιάσουμε ολοένα και περισσότερο στην μαζική παραγωγή και εμπορευματοποίηση του υλικού.

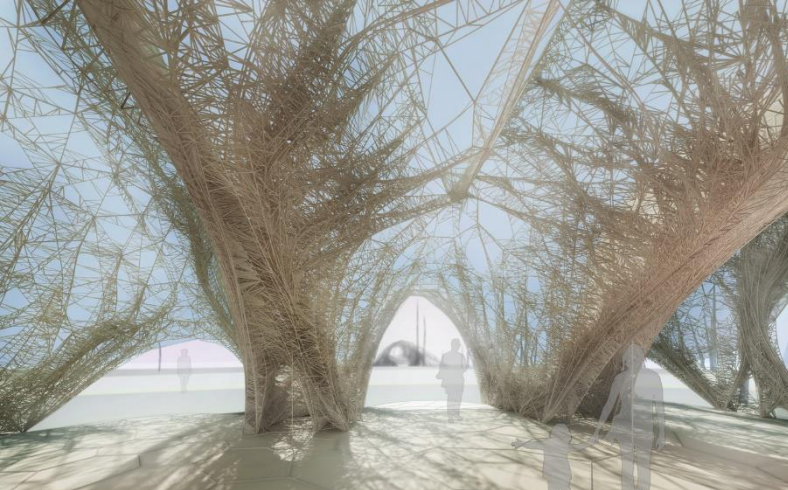
Η αντοχή του ξεπερνά την αντοχή των υλικών που έχουμε καταφέρει να παράγουμε μέχρι σήμερα, ακόμα και του Kevlar.

Η ιδιότητα αυτή σε συνδυασμό με το ελάχιστο βάρος του υλικού ,ακόμα και σε τεράστιες ποσότητες του , (καθώς είναι δισδιάστατο) αποτελεί τεράστιο πλεονέκτημα και προκαλεί ενθουσιασμό για τις πιθανές εφαρμογές ενός υλικού με τέτοιες ικανότητες. Αξιοθαύμαστη επίσης είναι η ενεργειακή χωρητικότητα του γραφενίου ,που θα μπορούσε να χρησιμεύσει στη δημιουργία ενεργειακών πανέλων και γενικά στοιχείων με δυνατότητα απορρόφησης μεγάλου μέρους ενέργειας και την μετέπειτα χρήση της όπου κρίνεται αναγκαίο.

Σε αυτό το μέλλον σπουδαίο ρόλο θα παίξουν και τα υλικά που η ίδια η φύση παρέχει και που αν καταφέρουμε να αναπαράγουμε φυσικά μπορούμε να δημιουργήσουμε μια «καθαρότερη» τεχνολογία .Υλικά όπως ο ιστός της αράχνης παρέχουν δυνάμεις που ξεπερνούν ακόμα και τα ισχυρότερα υλικά σήμερα χωρίς να υστερούν σε ιδιότητες και με το πλεονέκτημα ότι είναι «φιλικά» προς το περιβάλλον .



Ιδέα για έναν νέο τύπο κατασκευής πόλης καθ' ύψος που γίνεται εφικτή με τη χρήση γραφενίου και ιστού αράχνης σε προσπάθεια επίλυσης του προβλήματος του υπερπληθυσμού του πλανήτη με περιοχή μελέτης τη φαβέλα Rocinha στο Ρίο ντε Τζανέιρο της Βραζιλίας. Διπλωματική εργασία Δημήτρη Πασά.



Το πρόγραμμα DRL Masters της Σχολής Αρχιτεκτόνων ΑΑ έχει αναπτύξει ένα έργο διατριβής με τίτλο Growing Systems, το οποίο διερευνά προσαρμοσίμα συστήματα κτιρίων χρησιμοποιώντας μεθόδους ρομποτικής κατασκευής και γενετικής ειδικής εκτύπωσης στο πλαίσιο της στέγασης.



Ό ιστός αράχνης δεν έχει φτάσει ακόμα να παράγεται μαζικά ,σε ποσότητες που θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν σε κατασκευές , λόγω της κανιβαλιστικής συμπεριφοράς των αραχνών που εμποδίζει την καλλιέργεια τους . Έτσι είμαστε ακόμα μακριά από το να δούμε ένα κτίριο ή ένα αμάξι φτιαγμένο από αυτό το υλικό , αλλά η τεχνολογία του 3d printing ίσως επιταχύνει την διαδικασία.

Το μετάξι που παράγουν οι αράχνες έχει μεγάλη εφελκυστική αντοχή και αρκετά μεγάλη ελαστικότητα σε συνδυασμό με ελάχιστο βάρος ανά μέτρο σε σχέση με αντίστοιχα μη φυσικά ισχυρά υλικά . Θα μπορούσε λοιπόν να αντικαταστήσει τωρινά υλικά που χρησιμοποιούνται ως κύρια ή δευτερεύοντα σε κατασκευές, προσδίδοντας νέες καλύτερες ιδιότητες.

Επίσης η δυνατότητα πλέον να συνδυάζουμε υλικά μεταξύ τους μας δίνει την δύναμη να δημιουργήσουμε νέα ολοένα ισχυρότερα υλικά αλλά και να αντιμετωπίσουμε τα μειονεκτήματα που μπορεί να έχει το εκάστοτε υλικό (όπως πχ ο συνδυασμός υδροφοβικών υλικών με το μετάξι της αράχνης που είναι ευάλωτο στο νερό)

Όταν υλικά σαν αυτά εισχωρήσουν στον χώρο της αρχιτεκτονικής θα δώσουν την δυνατότητα στον δημιουργό να κάνει πράξη την φαντασία του χωρίς τους φυσικούς ή στατικούς περιορισμούς που είχε μέχρι σήμερα .

Μπορούν πλέον να γεφυρωθούν ανοίγματα πολύ μεγάλου μήκους αλλά παράλληλα ελαχίστου βάρους και πολύ μικρής διατομής .

Αυτά τα στοιχεία ίσως δημιουργήσουν μια απλούστευση της μορφής των αρχιτεκτονημάτων καθώς θα χρειάζονται πλέον λιγότερα στατικά στοιχεία.

Η τεχνολογία ήταν και θα είναι συνδεδεμένη με την αρχιτεκτονική δημιουργία και τα υλικά, οι υφές που ανακαλύπτονται καθώς και οι τεχνοτροπίες με το πέρασμα των χρόνων έδωσαν και θα δίνουν την ευκολία στον αρχιτέκτονα να δημιουργήσει καταστάσεις και εμπειρίες πιο κοντά σε αυτό που έχει οραματιστεί ή να είναι το έναυσμα για νέες ιδέες.

- Glancey, J., Ιστορία της αρχιτεκτονικής, Εκδόσεις Arcade, Βαρσοβία 2002.
- Kozlowski, D., Ανάμεσα στο φως και το σκοτάδι (αρχιτεκτονική) [στο:] Καθορισμός αρχιτεκτονικού χώρου, Κρακοβία Νοέμβρης 23 - 24 2001.
- Borngasser, B, T Rolf, Η ιστορία της αρχιτεκτονικής από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα. Parragon, Νέα Υόρκη, Σιγκαπούρη, Χονγκ Κονγκ, Κολωνία, Δελχί, Μελβούρνη 2000.



Η Softkill Design διερεύνησε το αρχιτεκτονικό δυναμικό των τελευταίων τεχνολογιών Selective Laser Sintering, εξετάζοντας τα όρια της μεγάλης κλίμακας 3D εκτύπωσης, σχεδιάζοντας με αλγόριθμους υπολογιστών που οργανώνουν μικρογραφικά το ίδιο το έντυπο υλικό.



- Μια συνθετική κόλλα εμπνευσμένη από τις κολλώδεις πρωτεΐνες που παράγονται από τα μύδια μπορεί να δεσμεύσει τις υγρές επιφάνειες πιο σφιχτά από ό, τι ακόμη και τα ζωντανά μύδια. Προηγούμενες συγκολλητικές ουσίες που μιμούνται εκείνη των μυδιών ήταν ισχυρές όταν ήταν ξηρές, αλλά λιγότερο αποτελεσματικές στο νερό. Ο Jonathan Wilker και οι συνεργάτες του στο Πανεπιστήμιο Purdue της West Lafayette της Ιντιάνα δημιούργησαν ένα πολυμερές με μερικά από τα ίδια δομικά στοιχεία όπως τα κολλώδη πρωτεϊνικά νήματα που κάνουν τα μύδια να προσκολληθούν σε βράχους και άλλες επιφάνειες.
- <http://www.nature.com/nature/journal/v543/n7643/full/543009a.html>
- Οι ερευνητές δανείζονται ιδέες από κοχύλια και μαργαριτάρια για να δημιουργήσουν υποκατάστατα για τα ανθρώπινα οστά και να αναπτύξουν μια νέα γενιά προστατευτικής ενδυμασίας. Οι πλάκες θωράκισης που έχουν τα ψάρια και τα armadillos είναι μοντέλα υλικών που είναι εύκαμπτα, ανθεκτικά στη διάτρηση και ανθεκτικά στο νερό. Έρευνες που ανακοινώθηκαν τον Φεβρουάριο του 2015 υποδηλώνουν ότι τα δόντια των πεταλίδων, που είναι προικισμένα με ίνες κλίμακας νανομετρίας που είναι συνυφασμένες με ορυκτά, μπορεί να είναι το ισχυρότερο υλικό που έχει δημιουργήσει η φύση.
- http://www.nature.com/nature/journal/v519/n7544_suppl/full/519S14a.html
- Η χιτοζάνη παρασκευάζεται με κατεργασία των κελυφών χιτίνης της γαρίδας και άλλων καρκινοειδών με μια αλκαλική ουσία, όπως το υδροξείδιο του νατρίου. Οι επιστήμονες στράφηκαν στη χιτοζάνη που είναι το δεύτερο πιο άφθονο οργανικό υλικό στον πλανήτη - απομονωμένο από κοχύλια καρκινοειδών, ενώ βρίσκεται επίσης σε φτερά πεταλούδας και σε εξωσκελετούς εντόμων για την αντικατάσταση των πλαστικών και τη δημιουργία βιο-αποικοδομήσιμων υλικών.
- <http://www.eppm.com/materials/harvard-scientists-develop-spider-and-shrimp-bioplastics/>
- Τα Geckos (ένα είδος σαύρας.) μπορούν να αναρριχηθούν σε γυάλινους τοίχους και να κρεμαστούν από οροφές χωρίς ορατή μέθοδο κολλήματος. Οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι τα geckos μπορούν να προσκολληθούν σε επιφάνειες που αντιστρέφουν τη βαρύτητα λόγω της ηλεκτροστατικής αλληλεπίδρασης μεταξύ των μορίων στα πόδια τους και των μορίων σε μια επιφάνεια. Τα πόδια τους είναι τόσο κολλώδη που, θεωρητικά, θα μπορούσαν να στηρίξουν το βάρος ενός ατόμου 130 κιλών που κρέμεται από την οροφή.
- http://www.nature.com/nature/journal/v519/n7544_suppl/full/519S2a.html

Άλλα υπερ-υλικά

- Το μεταλλικό γυαλί, ένα μικρό κράμα από παλλάδιο, έχει χημική δομή που εξουδετερώνει την εγγενή ευθραυστότητα του γυαλιού, αλλά διατηρεί τη δύναμή του. Δεν είναι πολύ πυκνό και είναι πιο ελαφρύ από το χάλυβα, με συγκρίσιμη πρόσφυση με κράματα αλουμινίου ή τιτανίου. Στο μεταλλικό γυαλί, η θωράκιση μιας αρχικά αιχμηρής ρωγμής επιτυγχάνεται μέσω του σχηματισμού πολλαπλών ταινιών διάτμησης που αμβλύνουν το άκρο της ρωγμής.

- <https://www.lousycv.com/the-top-10-toughest-materials-the-last-one-is-not-what-you-think/3/>

- Το aerogel είναι ένα συνθετικό πορώδες υπεριώδες υλικό που προέρχεται από ένα πήκτωμα, στο οποίο το υγρό συστατικό του gel έχει αντικατασταθεί με ένα αέριο. Το αποτέλεσμα είναι ένα στερεό με εξαιρετικά χαμηλή πυκνότητα και χαμηλή θερμική αγωγιμότητα. Το Aerogel είναι ένα υλικό που αποτελείται 98,2% από αέρα. Διαθέτει ένα πορώδες στερεό δίκτυο που περιέχει θήκες αέρα, με αυτές να καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος του χώρου μέσα στο υλικό. Η έλλειψη στερεού υλικού επιτρέπει στο aerogel να είναι σχεδόν αβαρές.

- <https://en.wikipedia.org/wiki/Aerogel>

- Το μεταλλικό microlattice είναι το ελαφρύτερο μέταλλο του κόσμου και ένα από τα ελαφρύτερα δομικά υλικά. Αυτό το συνθετικό πορώδες υλικό που κατασκευάζεται από σωληνές φωσφόρου νικελίου έχει πυκνότητα μόλις 0,9 χιλιοστόγραμμα ανά κυβικό εκατοστό. Οι πιθανές χρήσεις περιλαμβάνουν εφαρμογές στην αυτοκινητοβιομηχανία, την αεροναυπηγική μηχανική και πολλά άλλα.

- <http://inhabitat.com/6-of-the-lightest-and-strongest-materials-on-earth/>

- Τα κράματα μνήμης σχήματος είναι κράματα που "θυμούνται" το αρχικό τους σχήμα και όταν παραμορφώνονται μπορούν να επιστρέφουν στο προ-παραμορφωμένο σχήμα τους όταν θερμαίνονται. Αυτό το υλικό είναι μια ελαφριά, στερεάς κατάστασης εναλλακτική λύση σε συμβατικούς ενεργοποιητές όπως υδραυλικά, πνευματικά και μηχανοκίνητα συστήματα. Τα κράματα μνήμης έχουν εφαρμογές στη ρομποτική και στην αυτοκινητοβιομηχανία, την αεροδιαστημική και τη βιοϊατρική βιομηχανία.

- https://en.wikipedia.org/wiki/Shape-memory_alloy

βιβλιογραφία

- Agnarsson, I. 2004. Morphological phylogeny of cobweb spiders and their relatives (Araneae, Araneoidea, Theridiidae). Zool. J. Linn. Soc. 141:447–626.
- Arnedo, M. A., J. Coddington, I. Agnarsson, and R. G. Gillespie. 2004. From a comb to a tree: phylogenetic relationships of the comb-footed spiders (Araneae, Theridiidae) inferred from nuclear and mitochondrial genes. Mol. Phylogenet. Evol. 31: 225–245.
- Barlow, G. W. 1968. Ethological units of behavior. Pp. 217–232 in D. Ingle, ed. The central nervous system and fish behavior. Univ. of Chicago Press, Chicago.
- Blackledge, T. A., J. A. Coddington, and R. G. Gillespie. 2003. Are three-dimensional spider webs defensive adaptations? Ecol.Lett. 6:13–18.
- Blackledge, T. A., J. E. Swindeman, and C. Y. Hayashi. 2005a.
- Quasistatic and continuous dynamic characterization of the mechanical properties of silk from the cobweb of the black widow spider *Latrodectus hesperus*. J. Exp. Biol. 208:1937–1949.
- Blackledge, T. A., and C. Y. Hayashi. 2006. Silken toolkits: biomechanics of silk fibers spun by the orb web spider *Argiope argentata* (Fabricius 1775). J. Exp. Biol. 209:2452–2461.

- Carmichael, S., J. Y. J. Barghout, and C. Viney. 1999. The effect of post-spin drawing on spider silk microstructure: a birefringence model. *Int. J. Biol. Macromol.* 24:219–226.
- Coddington, J. A. 1989. Spinneret silk spigot morphology: evidence for the monophyly of orb-weaving spiders, Cyrtophorinae (Araneidae), and the group Theridiidae-Nesticidae. *J. Arachnol.* 17(1):71–95.
- Coddington, J. A., and H. W. Levi. 1991. Systematics and evolution of spiders (Araneae). *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 22:565–592.
- Glancey, J., Ιστορία της αρχιτεκτονικής, Εκδόσεις Arcade, Βαρσοβία 2002.
- Kozlowski, D., Ανάμεσα στο φως και το σκοτάδι (αρχιτεκτονική) [στο:] Καθορισμός αρχιτεκτονικού χώρου, Κρακοβία Νοέμβρης 23 - 24 2001.
- Borngasser, B, T Rolf, Η ιστορία της αρχιτεκτονικής από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα. Parragon, Νέα Υόρκη, Σγκαπούρη, Χονγκ Κονγκ, Κολωνία, Δελχί, Μελβούρνη, 2000.

διαδίκτυακές πηγές

- <https://timeguide.wordpress.com/2013/02/22/super-tall-30km-carbon-structures-graphene-and-nanotube-mesh/>
- <https://www.graphenea.com/pages/graphene-properties#.WTIZyOvyi03>
- https://www.ted.com/talks/cheryl_hayashi_the_magnificence_of_spider_silk/transcript?language=en
- <http://www.greatachievements.org/?id=3817>
- <http://materialseducation.org/resources/types-of-materials/>
- <https://cleantechnica.com/2013/10/10/carbyne-strongest-material-yet-known-possesses-number-useful-properties-research-finds/>
- <https://www.nature.com/am/journal/v9/n4/full/am2016128a.html>
- <http://www.autoracing1.com/rumors.asp?tid=23411>
- <http://www.greatachievements.org/?id=3817>
- <https://www.nextbigfuture.com/2010/10/large-diameter-graphene-nanotubes.html>
- <https://www.cfn.kit.edu/593.php>
- <http://www2.lbl.gov/publicinfo/newscenter/pr/2008/ALS-graphene-electrons.html>
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Graphene>
- <https://phys.org/news/2015-05-spiders-carbon-nanotubes-superstrong-webs.html>

πηγές εικόνων

πηγές εικόνων

- https://www.ted.com/talks/cheryl_hayashi_the_magnificence_of_spider_silk/transcript?language=en#t-435623
- <http://news.mit.edu/2012/spider-web-strength-0202>
- <https://i.ytimg.com/vi/F8Nxvkwkhil/maxresdefault.jpg>
- http://news.mit.edu/sites/mit.edu.newsoffice/files/styles/news_article_image_top_slideshow/public/images/2015/MIT-Silk-1.jpg?itok=vs5aPlh8
- <http://images.iop.org/objects/ntw/news/14/5/10/pic1.jpg>
- http://marcaespana.es/sites/default/files/actualidad/galerias/grafeno_0.jpg
- <http://www.autoracing1.com/rumors.asp?tid=23411>
- <http://www.greatachievements.org/?id=3817>

Ευχαριστώ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΧΑΝΙΑ 2017

Γραφένιο

&

Μετάξι αράχνης

Γνωριμία με τα δύο
ισχυρότερα υλικά
σήμερα

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΔΙΔΑΣΚΩΝ :
ΠΡΟΒΙΔΑΚΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

