



Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης  
Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών – Τμήμα Μηχανολογίας

Πτυχιακή Εργασία

**Μελέτη, 3D σχεδιασμός –  
συναρμολόγηση, κίνηση και αρχή  
λειτουργίας μηχανών μηχανικών  
δοκιμασιών**

Φοιτητής: Τσαλίκης Νικόλας

Επιβλέποντες καθηγητές: Βιδάκης Νεκτάριος, Πετούσης Μάρκος, Μανιάδη  
Αθηνά





## Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της παρούσας πτυχιακής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τους Δρ. Βιδάκη Νεκτάριο, μόνιμο ακαδημαϊκό καθηγητή του Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης, Δρ. Πετούση Μάρκο επίκουρο καθηγητή του Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης καθώς και την επιστημονική συνεργάτιδα Μανιάδη Αθηνά Μηχανολόγο Μηχανικό – MSc για την εμπιστοσύνη και την πολύτιμη καθοδήγηση τους αναθέτοντας μου τη μελέτη και τη διεκπεραίωση της πτυχιακής αυτής εργασίας, που ήταν σημαντική καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης της.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την αμέριστη συμπαράσταση καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου και κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας εργασίας όπως επίσης τους συμφοιτητές και φίλους μου που στάθηκαν συνοδοιπόροι στο ταξίδι της μάθησης και της φοίτησης όλα αυτά τα χρόνια με στήριξαν με τις πολύτιμες συμβουλές και γνώσεις τους.



## Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	2
Περιεχόμενα εικόνων .....	5
Πρόλογος.....	6
Abstract.....	7
1. Εισαγωγή.....	8
1.1 Ιστορική αναδρομή μηχανικών ιδιοτήτων ανά το χρόνο.....	8
1.2 Ανασκόπηση στην Ιστορία των πρώτων εργαλείων .....	9
1.3 Βασικές αρχές της επιστήμης των υλικών.....	10
1.3.1 Νανοδομή.....	11
1.3.2 Μικροδομή .....	11
1.3.4 Βιοϋλικά .....	12
1.4 Ιδιότητες υλικών.....	13
1.4.1 Μηχανικές Ιδιότητες.....	13
1.5 Λογισμικό τρισδιάστατης σχεδίασης Creo Parametric .....	15
1.5.1 Βασικά πλεονεκτήματα του Creo Parametric .....	15
2. Ορισμοί - Ανάλυση πεδίου και χρήσης εφαρμογής.....	16
2.1 Εφελκυσμός.....	16
2.1.1 Καμπύλη τάσης – παραμόρφωσης στα υλικά.....	17
2.1.2 Δοκιμές.....	19
2.2 Θλίψη.....	20
2.2.1 Ανάλυση δοκιμής θλίψης .....	20
2.3 Κρούση.....	22
2.3.1 Κεντρική ή μετωπική κρούση.....	24
2.3.2 Έκκεντρη κρούση .....	24
2.3.3 Πλάγια κρούση.....	24
2.3.4 Ανελαστική κρούση.....	25
2.4 Κάμψη τριών σημείων .....	27
2.4.1 Διαδικασία δοκιμής .....	27
2.5 Εφαρμογές μηχανικών ιδιοτήτων.....	30
2.5.1 Εφαρμογή υλικών στον τομέα των μεταφορών.....	30
2.5.2 Αυτοκινητοβιομηχανία.....	30
2.5.3 Ναυσιπλοΐα.....	31
2.5.4 Σιδηρόδρομος.....	31
3. Στάθμη γνώσεων .....	32
3.1 Διεθνή πρότυπα προσδιορισμού μηχανικών ιδιοτήτων .....	32
3.1.1 Ευρωκώδικες - κανονισμοί.....	32
3.2 Πρότυπο ISO .....	33
3.2.1 Μοντέλο προτύπων του ISO .....	34
3.3 Πρότυπο ASTM.....	36



3.4 Διάφορα διεθνή πρότυπα.....	37
3.4.1 Ευρωπαϊκά πρότυπα.....	37
3.4.2 Ευρωπαϊκοί οργανισμοί τυποποίησης.....	37
3.4.3 Εθνικά πρότυπα.....	38
4. Σύγχρονες μηχανές προσδιορισμού μηχανικών ιδιοτήτων.....	39
4.1 MT3016 Impact Tester (Charpy) για την κρούση .....	39
4.2 Imada Force Measurement για τον εφελκυσμό και την κάμψη .....	40
4.2.1 Μετρητές δύναμης.....	40
4.2.2 Μηχανικοί μετρητές δύναμης.....	40
4.2.3 Ψηφιακοί μετρητές δύναμης.....	40
4.2.4 Χειροκίνητες δοκιμές.....	41
4.2.5 Μηχανοκίνητες δοκιμών.....	41
4.2.6 Ανάκτηση δεδομένων δύναμης.....	41
4.2.7 Συνημμένα.....	41
4.3 Μηχανή Α.Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ για θλίψη .....	42
5.1 Σχεδιασμός μηχανών μηχανικών δοκιμασιών .....	43
5.2.1 Μέρη μηχανής MT 3016 Impact Tester (Charpy).....	45
5.2.2 Μέρη μηχανής Imada Force Measurement.....	49
5.2.3 Μέρη μηχανής σε διάταξη θλίψης / Α.Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ .....	55
5.3 Αρχή λειτουργίας μηχανών MT3016 Charpy και Imada Force Measurement – 3D Animation .....	58
5.3.1 Animation - Τύποι Animation .....	58
5.3.1.1 Animation τριών διαστάσεων (3D animation).....	58
5.3.2 Περιγραφή διαδικασίας – 3D Animation Imada Force Measurement .....	61
5.3.3 Περιγραφή διαδικασίας - 3D Animation MT 3016 Charpy Tester.....	62
6. Προβλήματα συγγραφής – σχεδίασης.....	64
7. Συμπεράσματα – Παρατηρήσεις.....	65
8. Παράρτημα User Manual.....	66
8.1 User Manual MT3016 Impact Tester (Charpy) .....	66
8.1.1 Διαδικασία λειτουργίας μηχανήματος.....	66
8.1.2 Παραδείγματα πειραμάτων.....	67
8.1.3 Τεχνικά δεδομένα.....	67
8.2 User Manual Imada Force Measurement .....	68
8.2.1 Χειροκίνητη έκδοση.....	70
8.2.2 Κυκλική διαδικασία.....	70
9. Βιβλιογραφία.....	72
9.1 Ξενόγλωσση βιβλιογραφία.....	72
9.2 Ιστοσελίδες.....	73



## Περιεχόμενα εικόνων

Εικόνα 1: Διεπιστημονικότητα της επιστήμης και τεχνολογίας των υλικών .....	8
Εικόνα 2: Ξίφος ή λεπίδα ξίφους της ύστερης εποχής του χαλκού.....	9
Εικόνα 3: Εικόνα ηλεκτρονικού μικροσκοπίου κυβοκτάεδρου διαμαντιού όπου φαίνονται μερικά κρυσταλλογραφικά επίπεδα.....	10
Εικόνα 4: Νανοδομή φουλερενίου .....	11
Εικόνα 5: Μικροδομή περλίτη.....	12
Εικόνα 6: Ιριδίζων μάργαρο στο εσωτερικό του όστρακου ενός ναυτίλου.....	14
Εικόνα 7: Καμπύλη τάσης - παραμόρφωσης (σ-ε) τυπική για αλουμίνιο 1. Απόλυτη αντοχή 2. Αντοχή απόδοσης 3. Αναλογική οριακή καταπόνηση 4. Κάταγμα 5. Σταθερή μετατόπιση (συνήθως 0.2%) .....	18
Εικόνα 8: Μηχανική (κόκκινη) και αληθινή (μπλε) καμπύλη τάσης- παραμόρφωσης χαρακτηριστική του δομικού χάλυβα. 1: Απόλυτη αντοχή 2: Αντοχή σε απόδοση (σημείο απόδοσης) 3: Ροπή 4: Περιοχή σκλήρυνσης στέλεχος 5: Περιοχή αστάθειας A: Φαινομενική τάση (F/A) .....	18
Εικόνα 9 :Πίνακας 1: Τυπικές τιμές αντοχές εφελκυσμού για διάφορα υλικά.....	19
Εικόνα 10: Δοκιμή θλιπτικής αντοχής σε θλίψη σε κύβο σκυροδέματος.....	20
Εικόνα 11: Προσδιορισμός της αντοχής και της δύναμης σε δοκιμή κρούσης .....	22
Εικόνα 12: Το εκκρεμές του Νεύτωνα ως παράδειγμα κρούσης, διατήρησης ορμής και ενέργειας .....	23
Εικόνα 13: Κρούση ενός σωματίου α με αρχικά ακίνητο πυρήνα.....	23
Εικόνα 14 :Κεντρική και ελαστική κρούση μεταξύ δύο σφαιρών.....	24
Εικόνα 15: (α) έκκεντρη κρούση (β) πλάγια κρούση.....	25
Εικόνα 16: Η κρούση ανάμεσα στα αυτοκίνητα της εικόνας είναι σχεδόν πλαστική.....	26
Εικόνα 17: Μηχανή Imada σε διάταξη δοκιμής κάμψης τριών σημείων με πλαστικό δοκίμιο.....	27
Εικόνα 18 : Δοκιμαστικό εξάρτημα για μηχανή καθολικής δοκιμής για δοκιμή κάμψης τριών σημείων .....	28
Εικόνα 19: Μονωτικό δείγμα κάμψης μονής ακμής που ονομάζεται επίσης δείγμα κάμψης τριών σημείων για δοκιμή αντοχής σε κάμψη.....	29
Εικόνα 20: MT3016 Impact Tester για δοκιμή κρούσης .....	39
Εικόνα 21: Imada Force Measurement για δοκιμή εφελκυσμού και κάμψης τριών σημείων.....	40
Εικόνα 22 : Μηχανή σε διάταξη θλίψης Α.Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ .....	42
Εικόνα 23 : Περιβάλλον εργασίας Part Creo Parametrics 3.0.....	43
Εικόνα 24: Δημιουργία κύριου μέρους - βάσης μηχανής Charpy .....	45
Εικόνα 25: Δημιουργία κρουστικού μέρους μηχανής Charpy .....	46
Εικόνα 26 : Αναλυτική παρουσίαση των εξαρτημάτων της μηχανής Charpy .....	46
Εικόνα 27 : Τελική συναρμολόγηση των εξαρτημάτων χωρίς δοκίμιο – τελικό αποτέλεσμα.....	47
Εικόνα 28: Συναρμολόγηση MT Charpy 3016 με δοκίμιο .....	48
Εικόνα 29 : Σχεδιασμός σιβαρού μέρους μηχανής Imada Force Measurement–Βάση μηχανής.....	49
Εικόνα 30: Σχεδιασμός κινητού μέρους μηχανής Imada Force Measurement – Οργάνου μέτρησης δύναμης σε Nt50	
Εικόνα 31: Δάγκανα εφελκυσμού μηχανής Imada Force Measurement .....	50
Εικόνα 32: Συναρμολόγηση με δοκίμιο Imada Force Measurement.....	51
Εικόνα 33: Συναρμολόγηση Imada Force Measurement χωρίς δοκίμιο.....	52
Εικόνα 34: Μηχανή Imada Force Measurement σε διάταξη κάμψης με δοκίμιο.....	53
Εικόνα 35: Μηχανή Imada Force Measurement σε διάταξη κάμψης χωρίς δοκίμιο .....	54
Εικόνα 36: Παρουσίαση εξαρτημάτων μηχανής Α.Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ.....	55
Εικόνα 37: Μηχανή συναρμολογημένη από το Α.Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ .....	56
Εικόνα 38: Μικρός αισθητήρας μέτρησης μηχανής Α.Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ.....	56
Εικόνα 39: Συναρμολόγηση μηχανής με δοκίμιο .....	57
Εικόνα 40: Περιβάλλον δημιουργίας 3D animation και αρχής λειτουργίας για την Imada Force Measurement.....	62
Εικόνα 41: Περιβάλλον δημιουργίας 3D animation και αρχής λειτουργίας για την Charpy.....	63
Εικόνα 42 : Δομή δειγμάτων και διαμόρφωση φόρτωσης για δοκιμή πρόσκρουσης.....	67
Εικόνα 43: Πίνακας λειτουργίας Imada Force Measurement.....	68
Εικόνα 44: Οθόνη λειτουργίας και μπουτόν Imada Force Measurement.....	69



## Πρόλογος

Ο σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι ο τρισδιάστατος σχεδιασμός των μηχανών μηχανικών δοκιμασιών όπως είναι η MT3016 ImpactTester (Charpy) για τη διαδικασία της κρούσης, τη μηχανή Imada Force Measurement για τις διαδικασίες του εφελκυσμού και της κάμψης τριών σημείων καθώς και τη μηχανή που είναι τοποθετημένη στο εργαστήριο ΕΜΤΤΥ του Α.Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ για τη διαδικασία της θλίψης με τη βοήθεια του προγράμματος Creo Parametrics 3.0.

Επιπρόσθετα, σχεδιάζεται το καθένα εξάρτημα ξεχωριστά με σκοπό την τελική συναρμολόγηση τους και την τρισδιάστατη απεικόνιση της αρχής λειτουργίας (3D Animation).

Πιο αναλυτικά, στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια γενική εισαγωγή που αφορά την πορεία των μηχανικών δοκιμασιών στον χρόνο και πως αυτή εξελίχθηκε με τον καιρό, γίνεται μια ιστορική ανάδρομη για την εξέλιξη των δοκιμασιών και των συνθηκών υπό τις οποίες υποβάλλονται.

Στο δεύτερο κεφάλαιο δίνονται ορισμοί, αναλύεται το πεδίο και η χρήση εφαρμογής τους σε καθεμία διαδικασία ξεχωριστά.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται και αναλύεται το στάδιο που βρίσκεται η σημερινή εποχή σχετικά με τις μηχανικές ιδιότητες των υλικών και τις διαδικασίες μετρήσεις αποτελεσμάτων, ενώ επίσης αναλύονται διάφορα διεθνή πρότυπα εύρεσης μηχανικών ιδιοτήτων, πιο συγκεκριμένα το American Society for Testing and Material (ASTM) και το πρότυπο International Organization for Standardization (ISO) όπου γίνεται και σύγκριση μεταξύ τους.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται μια εκτενής αναφορά στις σύγχρονες μηχανές εύρεσης μηχανικών ιδιοτήτων και ειδικότερα στις μηχανές που σχεδιαστήκαν για τις διαδικασίες της εφελκυσμού, της θλίψης, της κρούσης και της κάμψης τριών σημείων.

Στο δεύτερο μέρος της πτυχιακής εργασίας παρουσιάζονται κυρίως τα σχέδια των μηχανών και πιο συγκεκριμένα στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται η διαστασιολόγηση δίνονται φωτογραφίες των μηχανών, επίσης αναφέρεται επί γραμματικά το κάθε εξάρτημα ξεχωριστά και παρουσιάζεται η διαδικασία της τρισδιάστατης απεικόνισης.

Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται ορισμένα προβλήματα που παρουσιάστηκαν κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της πτυχιακής εργασίας κατά τη συγγραφή της αλλά και κατά τον σχεδιασμό των μηχανών. Τέλος στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα τελικά συμπεράσματα της πτυχιακής εργασίας.

### ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:

Τρισδιάστατος σχεδιασμός, μηχανικές ιδιότητες, μηχανές μηχανικών δοκιμασιών, εφελκυσμός, θλίψη, κρούση, κάμψη τριών σημείων, διεθνή πρότυπα προσδιορισμού μηχανικών ιδιοτήτων, αρχή λειτουργίας

## Abstract

The aim of this thesis is the three-dimensional design of mechanical testing machines such as the Impact Tester (Charpy) for the impact process, the Imada Force Measurement for the three-point tensile and bending processes and the machine which is located at Technical Educational Institute of Crete for the sorrow process with the help of Creo Parametrics 3.0.

Additionally, each component was individually designed for final assembly and 3D animation. More analytically in the first chapter is a general introduction concerning the course of mechanical tests in time and how it evolved over time, it becomes a historical retrograde for the evolution of the tests and the conditions under where they are subjected.

The second chapter gives definitions, analyzes the field and their application in each process separately.

The third chapter presents and analyzes the current stage of mechanical properties of materials and processes of measurement of results, as well as various international standards for finding mechanical properties, in particular the American Society for Testing and Material (ASTM) standard International Organization for Standardization (ISO) where they are compared.

In the fourth chapter there is an extensive reference to modern machines for finding mechanical properties and especially machines designed for the processes of tension, compression, impact and three-point bending.

In the second part of the dissertation are presented mainly the designs of the machines and more specifically in the fifth chapter the dimensioning is given of photographs of the machines, the individual parts are grammatically mentioned, and the process of three-dimensional representation is presented.

The sixth chapter presents some problems that were presented during the elaboration of the thesis during its writing and during the design of the machines.

Finally, the seventh chapter presents the final conclusions of the dissertation.

### KEYWORDS:

Mechanical properties, mechanical testing machines, Creo Parametrics, tensile strength, compressive, impact, three-point bending, international standards for mechanical properties determination, working principle, animation



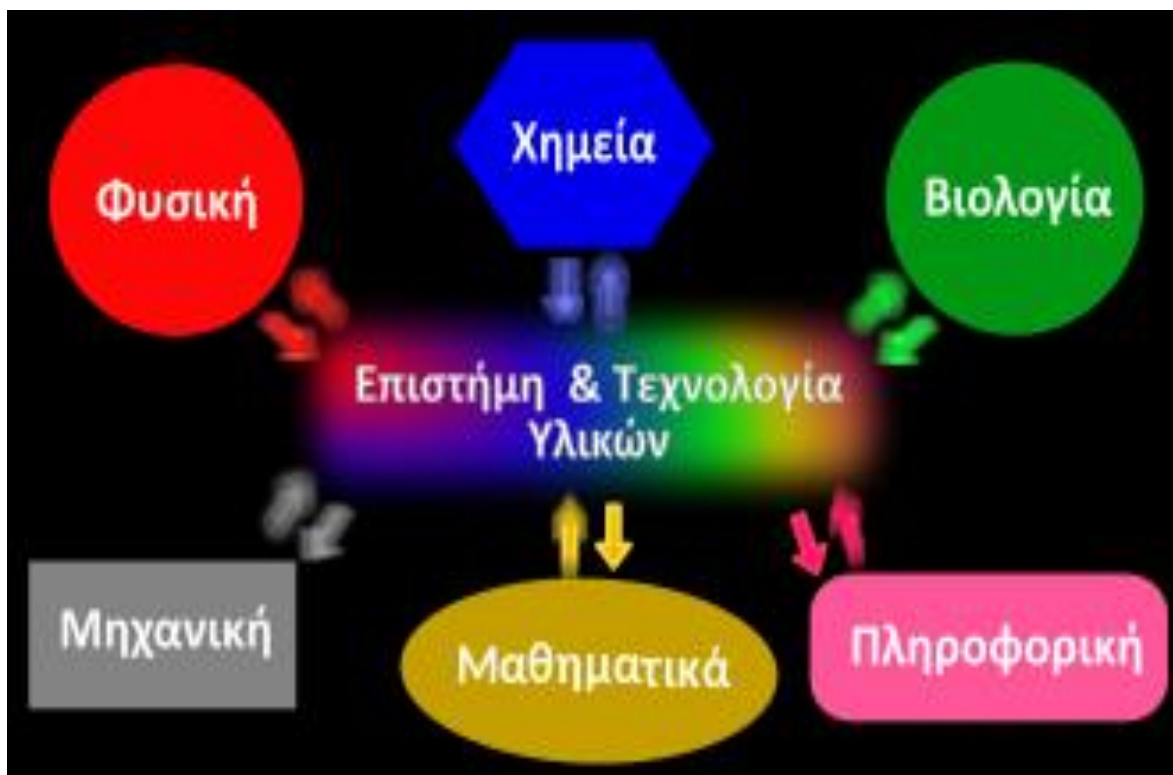
## 1. Εισαγωγή

### 1.1 Ιστορική αναδρομή μηχανικών ιδιοτήτων ανά το χρόνο

Το διεπιστημονικό πεδίο της επιστήμης των υλικών ή όπως είναι επίσης γνωστό επιστήμης και τεχνολογίας υλικών συμπεριλαμβάνει την μελέτη, τον σχεδιασμό και την ανακάλυψη νέων υλικών με βελτιωμένες ιδιότητες που δεν υπάρχουν στην φύση.

Αναλυτικότερα ο όρος επιστήμη των υλικών αναφέρεται στην διερεύνηση των σχέσεων που υπάρχουν μεταξύ της δομής και των ιδιοτήτων των υλικών ενώ ο όρος τεχνολογία των υλικών, αναφέρεται στη σχεδίαση ή την τεχνολογία σχεδίασης της δομής του υλικού (βασιζόμενη στην σχέση δομής-ιδιότητας), ώστε να παραχθεί ένα προκαθορισμένο σύνολο ιδιοτήτων. Η επιστήμη των υλικών πρωτοεμφανίζεται στην περίοδο του Διαφωτισμού, όπου συνδυάζοντας γνώσεις χημείας, φυσικής και μηχανικής γίνεται μια προσπάθεια κατανόησης παλαιότερων φαινομενολογικών παρατηρήσεων κυρίως στην μεταλλουργία και την ορυκτολογία.

Η σύγχρονη επιστήμη των υλικών ακόμη συμπεριλαμβάνει στοιχεία από την φυσική, την χημεία και την μηχανική αλλά και στοιχεία από βιολογία, μαθηματικά και πληροφορική με αποτέλεσμα να διαμορφώνεται πια ως ανεξάρτητο πεδίο στην επιστήμη και τεχνολογία.



Εικόνα 1: Διεπιστημονικότητα της επιστήμης και τεχνολογίας των υλικών

Πολλά από τα σύγχρονα τεχνολογικά προβλήματα οφείλονται σε περιορισμούς των διαθέσιμων υλικών έτσι η πρόοδος στο πεδίο της επιστήμης και τεχνολογίας των υλικών μπορεί να έχει σημαντική επίδραση στην συνολική εξέλιξη της τεχνολογίας. Οι μηχανικοί υλικών εστιάζουν στο να κατανοήσουν πως η επεξεργασία και η σύνθεση ενός υλικού επηρεάζουν την δομή του και πως αυτό συνδέεται με τις ιδιότητες του υλικού και τις επιδόσεις του. Η προσέγγιση αυτή προωθεί την γνώση σε ένα ευρύ πεδίο ερευνητικών περιοχών που συμπεριλαμβάνουν την νανοτεχνολογία, τα βιοϋλικά και την μεταλλουργία. Η επιστήμη των υλικών ασχολείται επίσης με την αστοχία των υλικών και την κατανόηση των φυσικών μηχανισμών που οδηγούν σε αυτή.



## 1.2 Ανασκόπηση στην Ιστορία των πρώτων εργαλείων

Οι διάφορες ιστορικές περίοδοι συχνά χωρίζονται με βάση το κύριο υλικό που τις χαρακτηρίζει. Για παράδειγμα λέμε λίθινη εποχή, εποχή του χαλκού, εποχή του σιδήρου, και εποχή του ατσαλιού. Ξεκινώντας από την κατασκευή κεραμικών και την επακόλουθη ανάπτυξη της μεταλλουργίας, η επιστήμη των υλικών μπορεί να θεωρηθεί ως μια από τις αρχικές μορφές της μηχανικής και της εφαρμοσμένης επιστήμης.

Η σύγχρονη επιστήμη των υλικών εξελίχθηκε από την μεταλλουργία, που είναι εξέλιξη της εξόρυξης και πιθανόν της κεραμικής και της χρήσης της φωτιάς. Μια σημαντική εξέλιξη στη κατανόηση των υλικών έγινε στο τέλος του 19ου αιώνα, όπου ο Αμερικανός επιστήμονας Josiah Willard Gibbs έδειξε την σύνδεση μεταξύ των φυσικών ιδιοτήτων ενός υλικού, των θερμοδυναμικών ιδιοτήτων και της ατομικής δομής.

Οι σημαντικές εξελίξεις στην σύγχρονη επιστήμη των υλικών αφορούν την κατανόηση και την παρασκευή μεταλλικών κραμάτων. Η επιστήμη των υλικών έχει επίσης προωθήσει, αλλά και έχει προωθηθεί, από την ανάπτυξη τεχνολογιών όπως τα πλαστικά, οι ημιαγωγοί και τα βιοϋλικά. Πριν την δεκαετία του '60 (αλλά και σε μερικές περιπτώσεις μερικές δεκαετίες αργότερα), πολλά πανεπιστημιακά τμήματα επιστήμης υλικών ονομάζονταν τμήματα μεταλλουργίας αντανακλώντας την έμφαση που δίνονταν στον 19ο και 20ο αιώνα στα μέταλλα.

Στις Η.Π.Α η τεχνολογία της επιστήμης των υλικών άρχισε να αναπτύσσεται γρήγορα στις αρχές τις δεκαετίας του '60 μέσω του οργανισμού προωθημένων ερευνητικών έργων που χρηματοδότησε τα εργαστήρια των πανεπιστημίων με σκοπό την έρευνα της επιστήμης των υλικών.

Στην Ελλάδα υπάρχουν πανεπιστημιακά τμήματα που καλύπτουν την θεματική περιοχή της επιστήμης των υλικών. Το τμήμα επιστήμης και τεχνολογίας υλικών του πανεπιστημίου Κρήτης, το τμήμα επιστήμης των υλικών του πανεπιστημίου Πατρών και το τμήμα μηχανικών επιστήμης υλικών του πανεπιστημίου Ιωαννίνων είναι μερικά από αυτά.



Εικόνα 2: Ξίφος ή λεπίδα ξίφους της ύστερης εποχής του χαλκού

### 1.3 Βασικές αρχές της επιστήμης των υλικών

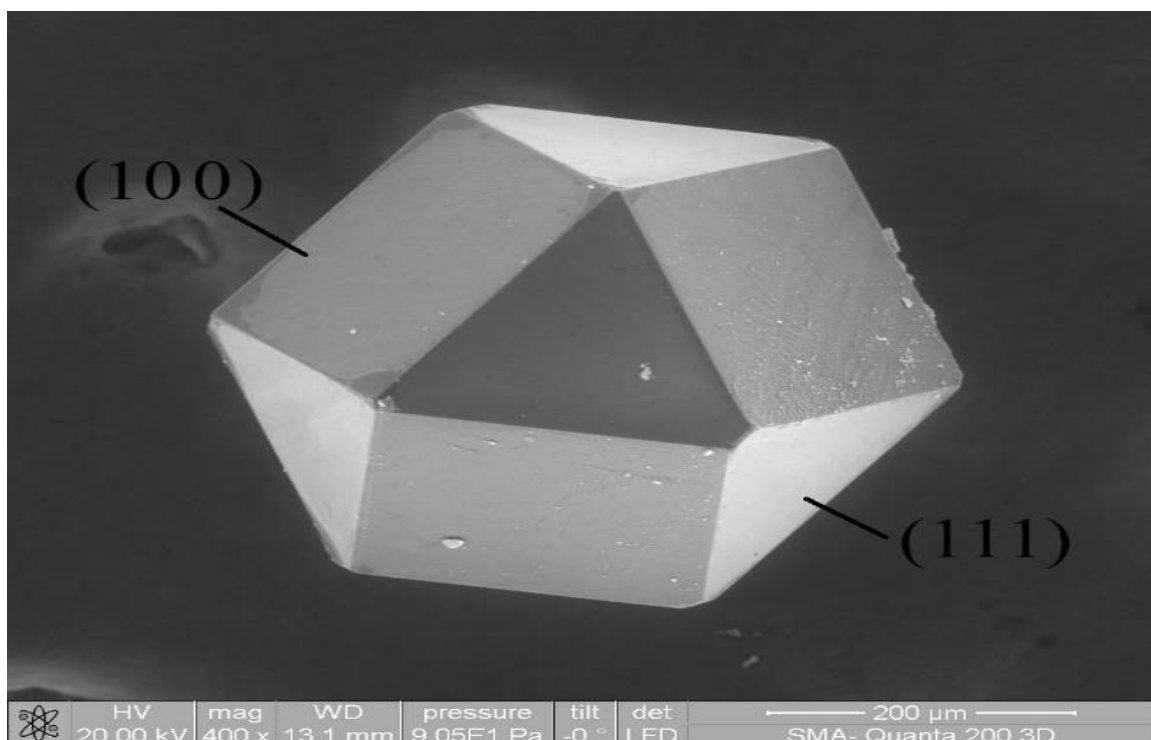
Ως υλικό ορίζουμε με χαρακτηριστικές ιδιότητες μια ουσία συνήθως στερεή, που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε συγκεκριμένες εφαρμογές για να κατασκευαστεί οτιδήποτε. Υπάρχουν αμέτρητα υλικά γύρω μας που μπορούμε να τα βρούμε παντού, από το έδαφος μέχρι έναν διαστημικό σταθμό. Τα υλικά χωρίζονται γενικά σε δύο κατηγορίες τα κρυσταλλικά και τα άμορφα. Τυπικά παραδείγματα υλικών είναι τα μέταλλα, οι ημιαγωγοί, τα κεραμικά και τα πολυμερή.

Καθοριστική παράμετρος για την δομή ενός υλικού και κατά συνέπεια για τις ιδιότητες του είναι τα χημικά συστατικά του και η επεξεργασία που έχει υποστεί για να φτάσει στην τελική του μορφή. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά σε συνδυασμό με τους βασικούς νόμους της θερμοδυναμικής και της φυσικής, καθορίζουν την μικροδομή ενός υλικού και κατά συνέπεια τις ιδιότητες του.

#### Δομή

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η δομή είναι ένα από τα βασικά συστατικά του πεδίου της επιστήμης των υλικών. Η επιστήμη των υλικών μελετά την δομή των υλικών από το ατομικό επίπεδο έως τις μακροσκοπικές διαστάσεις.

Ο χαρακτηρισμός είναι η μεθοδολογία με την οποία οι επιστήμονες των υλικών μελετούν την δομή ενός υλικού. Αυτό συμπεριλαμβάνει τεχνικές όπως η περιθλαση με ακτίνες Χ, ηλεκτρόνια ή νετρόνια, διάφορες μορφές φασματοσκοπίας και χημικής ανάλυσης, φασματοσκοπία Ράμαν, φασματοσκοπία ακτίνων Χ (EDS), χρωματογραφία, θερμική ανάλυση, ηλεκτρονική μικροσκοπία κτλ. Η δομή μελετάται σε διάφορα επίπεδα, όπως αναφέρεται αναλυτικά παρακάτω.



Εικόνα 3: Εικόνα ηλεκτρονικού μικροσκοπίου κυβοκτάεδρου διαμαντιού όπου φαίνονται μερικά κρυσταλλογραφικά επίπεδα.

#### Ατομική δομή

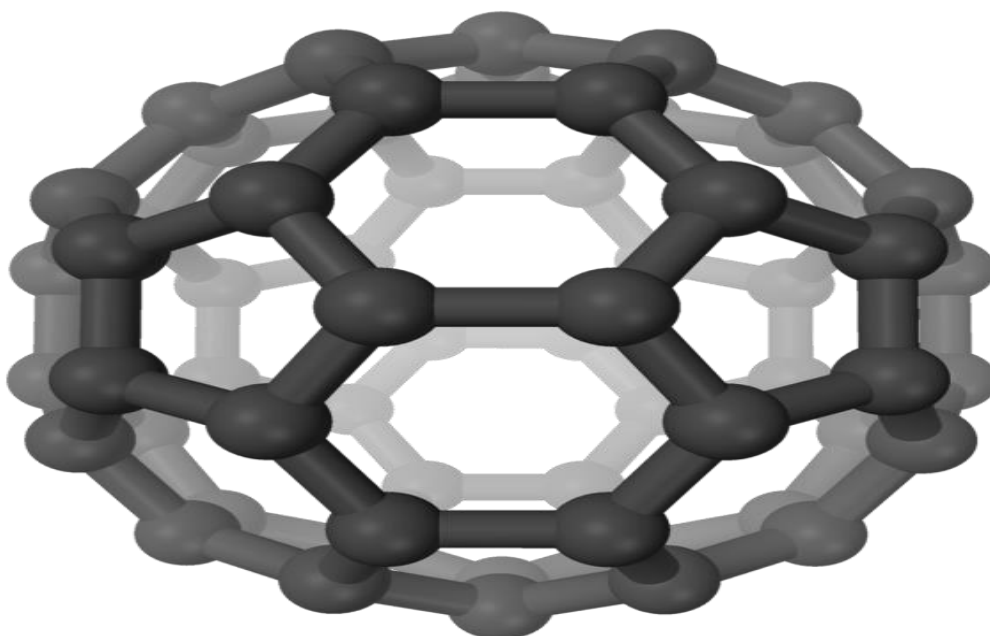
Αυτή αφορά τα άτομα από τα οποία αποτελούνται τα υλικά και το πώς διατάσσονται για να σχηματίσουν μόρια, κρυστάλλους κτλ. Οι περισσότερες ηλεκτρικές, μαγνητικές και χημικές ιδιότητες των υλικών προκύπτουν από αυτό το επίπεδο της δομής. Η κλίμακα μεγέθους είναι στην περιοχή

των Άνγκστρομ ενώ ο τρόπος με τον οποίο τα άτομα και τα μόρια διατάσσονται στον χώρο και δημιουργούν δεσμούς είναι θεμελιώδης για την μελέτη των ιδιοτήτων και της συμπεριφοράς των υλικών.

### 1.3.1 Νανοδομή

Οι νανοδομές αναφέρονται σε αντικείμενα και δομές όπου οι διαστάσεις του κυμαίνονται από 1 έως 100 νανόμετρα. Σε πολλά υλικά τα άτομα ή τα μόρια συνενώνονται σχηματίζοντας αντικείμενα στην κλίμακα των νανομέτρων. Αυτό οδηγεί σε ενδιαφέρουσες ηλεκτρικές, μαγνητικές, οπτικές και μηχανικές ιδιότητες. Στην περιγραφή των νανοδομών είναι καλό να γίνει διάκριση μεταξύ του αριθμού των διαστάσεων στην νανοκλίμακα.

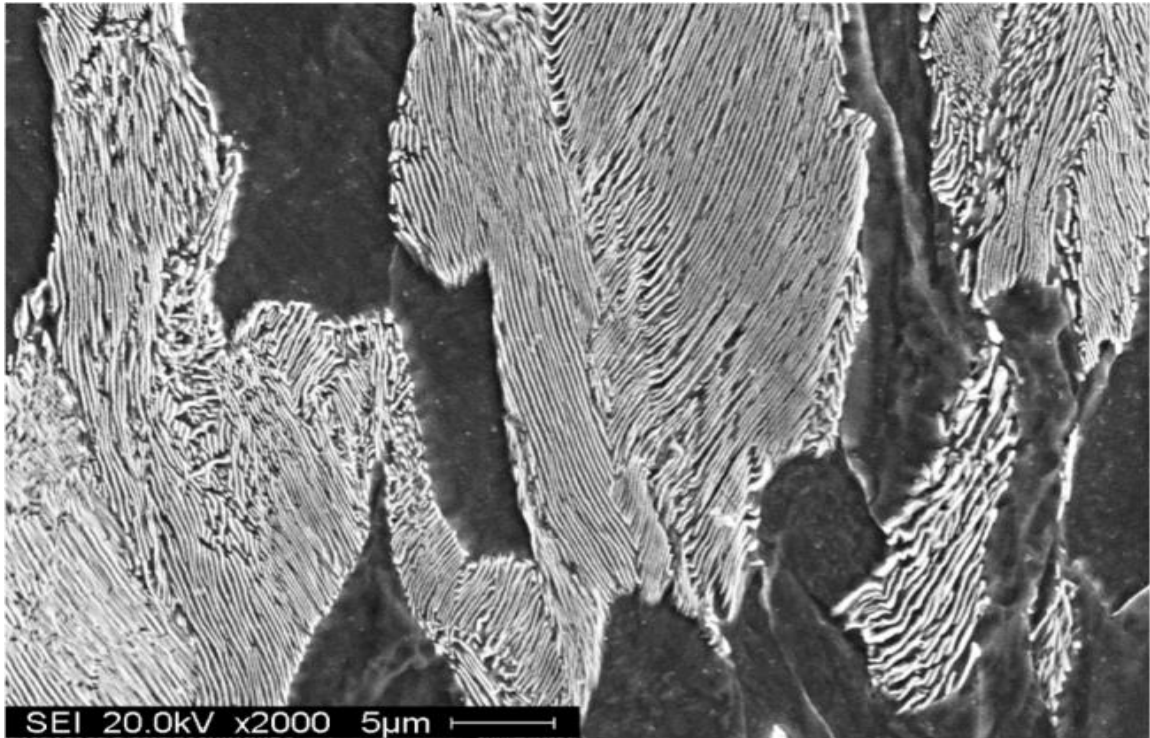
Τα υλικά των οποίων τα άτομα ή τα μόρια σχηματίζουν συστατικά στην νανοκλίμακα ονομάζονται νανοϋλικά. Τα νανοϋλικά αποτελούν σημαντικό αντικείμενο έρευνας της επιστήμης των υλικών λόγω των μοναδικών ιδιοτήτων που παρουσιάζουν .



Εικόνα 4: Νανοδομή φουλερενίου

### 1.3.2 Μικροδομή

Η μικροδομή αναφέρεται σε αντικείμενα ή δομές που οι διαστάσεις τους κυμαίνονται από 0.1 έως 1000 μικρόμετρα. Συχνά η μικροδομή ενός υλικού μπορεί να παρατηρηθεί με την χρήση ενός μικροσκοπίου. Η μικροδομή ενός υλικού μπορεί να επηρεάσει ισχυρά τις φυσικές του ιδιότητες, όπως η μηχανική αντοχή, η δυσθραυστότητα, η ολκιμότητα, η σκληρότητα, η αντίσταση στην διάβρωση, θερμικές ιδιότητες ή αντίσταση στην φθορά κ.τ.λ. Τα περισσότερα παραδοσιακά υλικά, όπως τα μέταλλα και τα κεραμικά έχουν μικροδομή.



Εικόνα 5: Μικροδομή περλίτη

### Μακροδομή

Η μακροδομή αναφέρεται στην αντικείμενα ή δομές που οι διαστάσεις τους είναι μεγαλύτερες από 1 χιλιοστό ενώ μπορεί να παρατηρηθεί με γυμνό οφθαλμό.

### 1.3.3 Νανοϋλικά

Τα νανοϋλικά αναφέρονται σε υλικά που οι διαστάσεις των δομικών του μονάδων κυμαίνονται από 1 έως 100 νανόμετρα. Η έρευνα στα νανοϋλικά αφορά μια προσέγγιση της επιστήμης των υλικών στην νανοτεχνολογία, συνδυάζοντας την πρόοδο στην μετρολογία και τη σύνθεση των υλικών όπως αυτές που αναπτύχθηκαν για να υποστηρίξουν την εφαρμοσμένη έρευνα στην μικροηλεκτρονική.

### 1.3.4 Βιοϋλικά

Ως βιοϋλικό ονομάζουμε κάθε υλικό, επιφάνεια ή κατασκευή που αλληλεπιδρά με βιολογικά συστήματα. Η μελέτη των βιοϋλικών ονομάζεται επιστήμη των βιοϋλικών και παρουσιάζει σταθερή και ισχυρή ανάπτυξη με έντονο επενδυτικό ενδιαφέρον. Η επιστήμη των βιοϋλικών συμπεριλαμβάνει στοιχεία ιατρικής, βιολογίας, χημείας, μηχανικής ιστών και επιστήμης των υλικών.

Τα βιοϋλικά μπορούν να εξαχθούν από φυσικές πηγές ή να παρασκευαστούν στο εργαστήριο χρησιμοποιώντας ένα ευρύ φάσμα χημικών τεχνικών που αξιοποιούν μεταλλικά στοιχεία, πολυμερή, κεραμικά ή σύνθετα υλικά.



## 1.4 Ιδιότητες υλικών

Όλα τα υλικά κατά τη χρήση τους εκτίθενται σε εξωτερικές διαταραχές οι οποίες τους προκαλούν κάποιου είδους ανταπόκριση. Η ιδιότητα αποτελεί ένα από τα πιο χαρακτηριστικά γνωρίσματα του υλικού και εκφράζει το είδος και το μέγεθος της ανταπόκρισής του σε κάποια συγκεκριμένη διαταραχή. Οι ιδιότητες ενός υλικού ορίζουν στην ουσία αν είναι χρήσιμο ή όχι ένα υλικό για μια συγκεκριμένη χρήση και επομένως αν το πεδίο εφαρμογών μπορεί να είναι το επιθυμητό. Οι ιδιότητες ενός υλικού είναι ανεξάρτητες από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά τους.

Όλες οι σημαντικές ιδιότητες των υλικών μπορούν να διακριθούν στις εξής κατηγορίες:

- μηχανικές
- ηλεκτρικές
- θερμικές
- μαγνητικές

Για κάθε μία υπάρχει ένα διαφορετικό είδος διέγερσης ικανό να προκαλέσει διαφορετικές ανταποδόσεις και συνεπώς άλλη συμπεριφορά του υλικού.

### 1.4.1 Μηχανικές Ιδιότητες

Οι μηχανικές ιδιότητες συσχετίζουν την παραμόρφωση με ένα ασκούμενο φορτίο ή δύναμη. Σαν παραδείγματα αναφέρονται το μέτρο ελαστικότητας και η αντοχή.

- Ηλεκτρικές Ιδιότητες

Στις ηλεκτρικές ιδιότητες, όπως είναι η ηλεκτρική ειδική αγωγιμότητα και η διηλεκτρική σταθερά, το ερέθισμα είναι ένα ηλεκτρικό πεδίο.

- Θερμικές Ιδιότητες

Η θερμική συμπεριφορά των στερεών μπορεί να παρουσιαστεί βάσει της θερμοχωρητικότητας και της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας.

- Μαγνητικές Ιδιότητες

Οι μαγνητικές ιδιότητες δείχνουν την συμπεριφορά ενός υλικού στην εφαρμογή μαγνητικού πεδίου.

- Οπτικές Ιδιότητες

Για τις οπτικές ιδιότητες, το ερέθισμα είναι η ηλεκτρομαγνητική (ή φωτεινή) ακτινοβολία. Ο δείκτης διάθλασης και η ανακλαστικότητα είναι αντιπροσωπευτικές οπτικές ιδιότητες.

- Χημικές Ιδιότητες

Τέλος, τα χαρακτηριστικά της χημικής υποβάθμισης υποδηλώνουν τη χημική δραστικότητα των υλικών ή το πώς το χημικό περιβάλλον στο οποίο το υλικό εκτίθεται προκαλεί την μεταβολή των χαρακτηριστικών του.



Εικόνα 6: *Ιριδίζων μάργαρο στο εσωτερικό του όστρακου ενός ναυτίλου*



## 1.5 Λογισμικό τρισδιάστατης σχεδίασης Creo Parametric

Το Creo Parametric ανήκει στην οικογένεια εφαρμογών σχεδιασμού με τη βοήθεια υπολογιστή (CAD) που υποστηρίζουν το σχεδιασμό προϊόντων για διάφορες μηχανολογικές και όχι μόνο κατασκευές.

Το Creo Parametric μπορεί να εγκατασταθεί στα Microsoft Windows και παρέχει εφαρμογές για 3D μοντέλα CAD, 3D άμεση μοντελοποίηση, 2D σχεδίαση, εισαγωγή της γεωμετρίας για ανάλυση σε πεπερασμένα στοιχεία όπως το πρόγραμμα ANSYS.

Το Creo είναι διαθέσιμο σε διάφορες γλώσσες όπως: Γερμανικά, Αγγλικά, Ρώσικα, Γαλλικά, Ιταλικά, Ισπανικά και Κινέζικα.

### 1.5.1 Βασικά πλεονεκτήματα του Creo Parametric

- Υποστήριξη σε 10 Διαφορετικές γλώσσες
- Command finder features
- Αυξάνει την παραγωγικότητα με πιο αποτελεσματικές και ευέλικτες δυνατότητες 3D σχεδίασης
- Δημιουργεί γρήγορα και εύκολα τρισδιάστατα μοντέλα οποιουδήποτε τμήματος ή συναρμολόγησης
- Αφιερώνει σύνολο εργαλείων για εργασία με μεγάλα συγκροτήματα
- Δημιουργεί αυτόματα σχέδια κατασκευής
- Βελτιώνει την αισθητική του σχεδιασμού με ολοκληρωμένες δυνατότητες επίστρωσης
- Επανατοποθετεί δεδομένα ουδέτερου και μη PTC CAD εύκολα, αποφεύγοντας την ανάγκη μετατροπής αρχείων ή αναδημιουργίας τρισδιάστατων μοντέλων από το μηδέν
- Άμεση πρόσβαση σε βιβλιοθήκη εργαλείων





## 2. Ορισμοί - Ανάλυση πεδίου και χρήσης εφαρμογής

### 2.1 Εφελκυσμός

Η τελική αντοχή εφελκυσμού (Ultimate Tensile Strength, UTS), συχνά συντομευμένη σε αντοχή εφελκυσμού (TS), τελική αντοχή ή  $F_{tu}$ , είναι η ικανότητα ενός υλικού ή δομής να αντέχει φορτία που τείνουν να επιμηκυνθούν, ακολουθώντας αντίθετη φορά από το φαινόμενο της θλίψης. Με άλλα λόγια, η αντοχή σε εφελκυσμό αντιστέκεται στην τάση (αποσύρεται), ενώ η αντοχή σε θλίψη αντιστέκεται στη συμπίεση (πιέζεται μαζί). Η τελική αντοχή σε εφελκυσμό μετράται από τη μέγιστη τάση που μπορεί να αντέξει ένα υλικό ή ένα δοκίμιο ενώ τεντώνεται ή τραβιέται πριν σπάσει.

Στη μελέτη της αντοχής των υλικών, η αντοχή σε εφελκυσμό, η αντοχή σε θλίψη ή η κάμψη μπορούν να αναλυθούν ανεξάρτητα. Ορισμένα υλικά σπάνε πολύ απότομα, χωρίς πλαστική παραμόρφωση, με αποτέλεσμα αυτό που ονομάζεται εύθραυστη αποτυχία. Άλλα, τα οποία είναι πιο όλκιμα, συμπεριλαμβανομένων των περισσότερων μετάλλων, υφίστανται κάποια πλαστική παραμόρφωση και ενδεχομένη επιμετάλλωση πριν από το κάταγμα.

Η αντοχή εφελκυσμού συνήθως εντοπίζεται με τη διεξαγωγή δοκιμής εφελκυσμού και την καταγραφή του μηχανικής πίεσης έναντι της καταπόνησης. Το υψηλότερο σημείο της καμπύλης τάσης - καταπόνησης είναι η τελική αντοχή εφελκυσμού. Η τιμή του δεν εξαρτάται από το μέγεθος του δείγματος δοκιμής, ωστόσο, εξαρτάται από άλλους παράγοντες, όπως η προετοιμασία του δείγματος, η παρουσία ή όχι των επιφανειακών ελαττωμάτων και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος δοκιμής και του υλικού.

Οι αντοχές εφελκυσμού σπάνια χρησιμοποιούνται στο σχεδιασμό όλκιμων μελών, αλλά είναι σημαντικές στα εύθραυστα μέλη. Διατίθενται για κοινά υλικά όπως κράματα, σύνθετα υλικά, κεραμικά, πλαστικά υλικά και ξύλο. Η αντοχή εφελκυσμού μπορεί να οριστεί για υγρά καθώς και για στερεά υπό ορισμένες συνθήκες. Για παράδειγμα, η πίεση του αέρα, η ωσμωτική πίεση και η τριχοειδής τάση παίζουν επίσης ένα μικρό ρόλο στο κομμάτι της ικανότητας ενός δέντρου να αντλεί νερό, αλλά αυτό αρκεί για να ωθήσει τη στήλη του νερού σε ύψος μικρότερο από δέκα μέτρα και τα δέντρα να μεγαλώνουν πολύ υψηλότερα (πάνω από 100 μ.).

Η αντοχή εφελκυσμού ορίζεται ως τάση, η οποία μετράται ως δύναμη ανά μονάδα επιφάνειας. Για ορισμένα μη ομοιογενή υλικά μπορεί να αναφερθεί ακριβώς ως δύναμη ή ως δύναμη ανά μονάδα πλάτους. Στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (SI), η μονάδα είναι το Pascal (Pa) (ή ένα πολλαπλάσιο αυτών, συχνά Megapascals (MPa), χρησιμοποιώντας το πρόθεμα mega ή, ισοδύναμα με Pascals, Newton ανά τετραγωνικό μέτρο ( $N / m^2$ )).

Μια συνήθης μονάδα των Ηνωμένων Πολιτειών είναι λίβρες ανά τετραγωνική ίντσα ( $lb / in^2$  ή psi) ή κίλο - λίβρες ανά τετραγωνική ίντσα (ksi, ή μερικές φορές kpsi), η οποία ισούται με 1000 psi. Τα κίλα ανά τετραγωνική ίντσα χρησιμοποιούνται συνήθως σε μία χώρα (ΗΠΑ), όταν μετρούν τις αντοχές εφελκυσμού.



Εικόνα 7: Δύο εσοχές εφελκύνουν ένα δοκίμιο τραβώντας το μέχρι να καταστραφεί

### 2.1.1 Καμπύλη τάσης – παραμόρφωσης στα υλικά

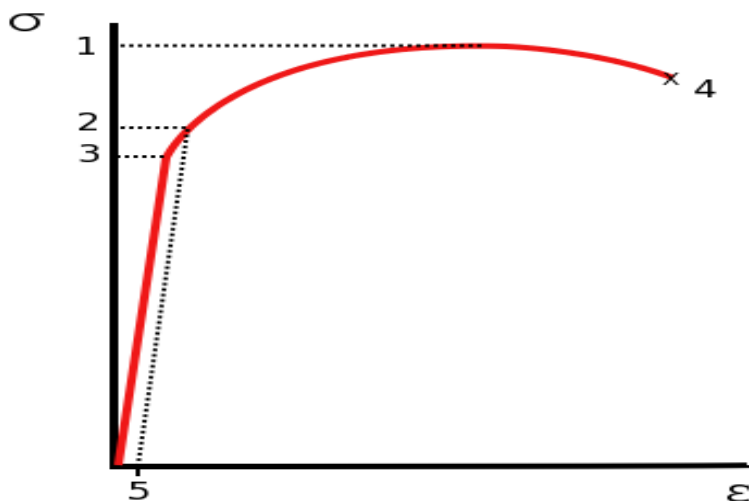
Πολλά υλικά μπορούν να παρουσιάσουν ελαστική συμπεριφορά, που ορίζεται από μια γραμμική σχέση τάσης - καταπόνησης, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.2 έως το σημείο 3. Η ελαστική συμπεριφορά των υλικών εκτείνεται συχνά σε μια μη γραμμική περιοχή, που απεικονίζεται στο σχήμα 2.2 από το σημείο 2 μέχρι το οποίο οι παραμορφώσεις να είναι πλήρως ανακτήσιμες μετά την αφαίρεση του φορτίου.

Δηλαδή, ένα δείγμα φορτωμένο ελαστικά σε τάση μπορεί να επιμηκυνθεί, αλλά θα επιστρέψει στο αρχικό του σχήμα και μέγεθος όταν εκφορτωθεί. Πέρα από αυτή την ελαστική περιοχή, για όλκιμα υλικά όπως ο χάλυβας, οι παραμορφώσεις είναι πλαστικές. Ένα πλαστικώς παραμορφωμένο δείγμα δεν επιστρέφει πλήρως στο αρχικό του μέγεθος και σχήμα όταν εκφορτωθεί. Για πολλές εφαρμογές, η πλαστική παραμόρφωση δεν είναι αποδεκτή και χρησιμοποιείται ως περιορισμός.

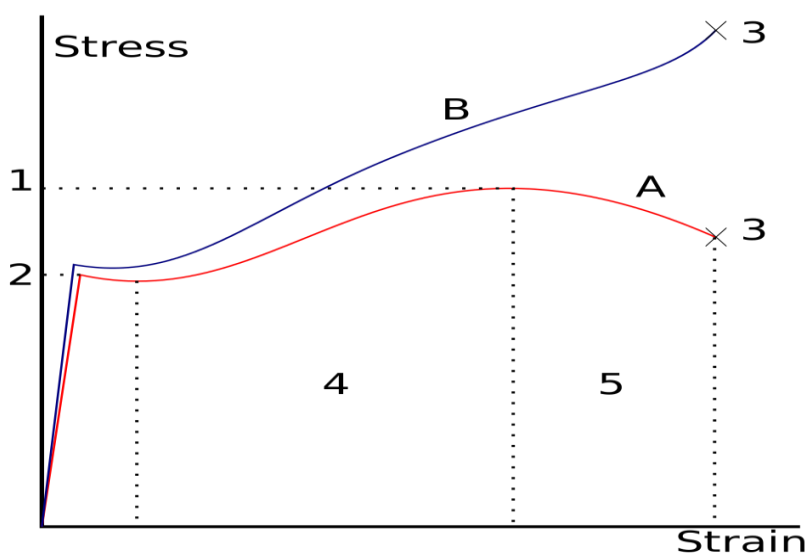
Μετά το σημείο απόδοσης, τα όλκιμα μέταλλα υφίστανται μια διαδικασία σκλήρυνσης του στελέχους, κατά την οποία η τάση αυξάνεται καθώς η περιοχή εγκάρσιας διατομής του δείγματος μειώνεται λόγω της πλαστικής ροής. Σε ένα επαρκώς όλκιμο υλικό, όταν το στρίψιμο είναι αρκετό, προκαλείται αναστροφή της καμπύλης μηχανικής τάσης - καταπόνησης (καμπύλη A). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η τεχνική τάση υπολογίζεται λαμβάνοντας την αρχική περιοχή διατομής.

Το σημείο αναστροφής είναι η μέγιστη τάση στην καμπύλη μηχανικής τάσης -καταπόνησης και η απόλυτη τιμή μηχανικής τάσης αυτού του σημείου είναι η τελική αντοχή εφελκυσμού που δίνεται στο σημείο 1.

Ο εφελκυσμός δεν χρησιμοποιείται στο σχεδιασμό των όλκιμων στατικών μελών, επειδή οι πρακτικές σχεδιασμού υπαγορεύουν τη χρήση της τάσης - απόδοσης. Χρησιμοποιείται, ωστόσο, για τον ποιοτικό έλεγχο, λόγω της ευκολίας των δοκιμών. Επίσης χρησιμοποιείται για τον ομαλό προσδιορισμό των τύπων υλικού για άγνωστα δείγματα. Η τελική αντοχή εφελκυσμού είναι μια κοινή τεχνική για το σχεδιασμό μελών, κατασκευασμένων από εύθραυστο υλικό.



Εικόνα 7: Καμπύλη τάσης - παραμόρφωσης ( $\sigma$ - $\epsilon$ ) τυπική για αλουμίνιο 1. Απόλυτη αντοχή 2. Αντοχή απόδοσης 3. Αναλογική οριακή καταπόνηση 4. Κάταγμα 5. Σταθερή μετατόπιση (συνήθως 0.2%)



Εικόνα 8: Μηχανική (κόκκινη) και αληθινή (μπλε) καμπύλη τάσης- παραμόρφωσης χαρακτηριστική του δομικού χάλυβα. 1: Απόλυτη αντοχή 2: Αντοχή σε απόδοση (σημείο απόδοσης) 3: Ροπή 4: Περιοχή σκλήρυνσης στέλεχος 5: Περιοχή αστάθειας A: Φαινομενική τάση ( $F/A$ )



### 2.1.2 Δοκιμές

Συνήθως, η δοκιμή περιλαμβάνει τη σταθερή περιοχή εγκάρσιας διατομής ενός δείγματος ή δοκιμίου και στη συνέχεια το τράβηγμα του με έναν μετρητή τάσης έως ότου το δείγμα σπάσει. Κατά τη δοκιμή μερικών μετάλλων, η σκληρότητα της εισχώρησης συσχετίζεται γραμμικά με την αντοχή εφελκυσμού.

Αυτός ο πρακτικός συσχετισμός βοηθά τη διασφάλιση της ποιότητας στις βιομηχανίες μεταλλουργίας να επεκταθεί πολύ πέρα από τα εργαστήρια και τις μηχανές καθολικής δοκιμής. Ενώ οι περισσότερες μεταλλικές μορφές, όπως φύλλο, ράβδος, σωλήνας και σύρμα, μπορούν να παρουσιάσουν τη δοκιμή εφελκυσμού, οι ίνες, όπως οι ίνες άνθρακα, έχουν διαμέτρου μόνο 2 / 10.000 της ίντσας και καθίσταται δύσκολη η διαδικασία τους.

Όπως φαίνεται στο παρακάτω πίνακα 1 ενώ η αντοχή ενός υλικού σε εφελκυσμό είναι πολύ υψηλή, στα 6.370 MPa, η αντοχή σε εφελκυσμό ενός προερχόμενου σύνθετου υλικού είναι 3.040 MPa, λιγότερο από το ήμισυ της ισχύος της ίνας.

Στον παρακάτω πίνακα 1 φαίνονται οι τυπικές αντοχές εφελκυσμού για διάφορα υλικά:

Υλικό	Αντοχή διαρροής (MPa)	Αντοχή εφελκυσμού (MPa)	Πυκνότητα (gr/cm <sup>3</sup> )
Οικοδομικός Χάλυβας ASTM A36	250	400-500	7.8
Χάλυβας 1090	247	841	7.58
Χρώμιο-βανάδιο χάλυβας AISI 6150	620	940	7.8
Ανθρώπινο δέρμα	15	20	2
Ακρυλικό φύλλο	72	87	1.15
Πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας	26-33	37	0.85
Πολυπροπυλένιο	12-43	19.7-80	0.91
Χυτοσίδηρος 4.5% C, ASTM A-46	130	200	7.3
Βηρύλλιο	345	448	1.84
Κράμα αλουμινίου 2014-T6	414	483	2.8
Πολυεστερική ρητίνη (χωρίς ενίσχυση)	55	55	
Μικτός εποξικός υαλοβάμβακας	2358	2358	
Κράμα αλουμινίου 6061-T6	270	310	2.7
Χαλκός	69	220	8.92
Χαλκονικέλιο 10% Ni, 1.6% Fe, 1% Μαγγάνιο	130	350	8.94
Ορείχαλκος	200+	500	8.73
Βολφράμιο	941	1510	19.25
Γυαλί		33	2.53

Εικόνα 9 : Πίνακας 1: Τυπικές τιμές αντοχές εφελκυσμού για διάφορα υλικά

## 2.2 Θλίψη

Η αντοχή σε θλίψη είναι η ικανότητα ενός υλικού ή δομής να αντέχει φορτία που τείνουν να μειώσουν το μέγεθος, σε αντίθεση με την αντοχή σε εφελκυσμό, η οποία επιδρά σε φορτία που τείνουν να επιμηκυνθούν. Με άλλα λόγια, η αντοχή στη θλίψη αντιστέκεται στη συμπίεση, ενώ η αντοχή σε εφελκυσμό αντιστέκεται στην τάση. Στη μελέτη της αντοχής των υλικών, η αντοχή σε εφελκυσμό, η αντοχή σε θλίψη και η κάμψη μπορούν να αναλυθούν ανεξάρτητα και ως ξεχωριστές δοκιμές.

Ορισμένα υλικά θραύονται στο όριο της αντοχής τους σε θλίψη, άλλα παραμορφώνονται μη αναστρέψιμα, με αποτέλεσμα μια δεδομένη ποσότητα παραμόρφωσης να μπορεί να θεωρηθεί ως το όριο για το θλιπτικό φορτίο. Η αντοχή σε θλίψη αποτελεί βασική διαδικασία για το σχεδιασμό δομών.

Η αντοχή σε θλίψη συχνά μετριέται με μηχανές καθολικής δοκιμής. Αυτές κυμαίνονται από πολύ μικρά συστήματα επιτραπέζιου τύπου έως εκείνες με χωρητικότητα άνω των 53 MN. Οι μετρήσεις της αντοχής σε θλίψη επηρεάζονται από τη συγκεκριμένη μέθοδο δοκιμής και τις συνθήκες μέτρησης. Οι αντοχές σε θλίψη αναφέρονται συνήθως σε σχέση με ένα συγκεκριμένο τεχνικό πρότυπο.



Εικόνα 10: Δοκιμή θλιπτικής αντοχής σε θλίψη σε κύβο σκυροδέματος

### 2.2.1 Ανάλυση δοκιμής θλίψης

Όταν ένα δείγμα υλικού δέχεται δύναμη με τέτοιο τρόπο ώστε να εκτείνεται, λέγεται ότι βρίσκεται σε εφελκυσμό. Από την άλλη πλευρά, αν το υλικό συμπιέζεται και συντομεύεται, λέγεται ότι υπόκειται σε διαδικασία θλίψης. Σε ένα ατομικό επίπεδο, τα μόρια ή τα άτομα εξαναγκάζονται να διαχωριστούν όταν βρίσκονται σε τάση, ενώ κατά τη συμπίεση έρχονται πιο κοντά το ένα στο άλλο.

Δεδομένου ότι τα στερεά άτομα προσπαθούν πάντα να βρουν μια θέση ισορροπίας και την απόσταση μεταξύ άλλων ατόμων, προκύπτουν δυνάμεις σε όλο το υλικό που αντιτίθενται τόσο στην



ένταση όσο και στην συμπίεση. Τα φαινόμενα που επικρατούν σε ατομικό επίπεδο είναι επομένως παρόμοια. Η τάση τείνει να τραβάει μικρές πλευρικές εκτροπές πίσω στην ευθυγράμμιση, ενώ η συμπίεση τείνει να ενισχύσει αυτή την εκτροπή σε λυγισμό. Εξ' ορισμού, η τελική τιμή αντοχής σε θλίψη ενός υλικού είναι εκείνη η τιμή μονοαξονικής θλίψεως που επιτυγχάνεται όταν το υλικό αποτύχει εντελώς.

Η αντοχή σε θλίψη λαμβάνει χώρα συνήθως πειραματικά με τη βοήθεια δοκιμασίας συμπίεσης. Η συσκευή που χρησιμοποιείται για αυτό το πείραμα είναι η ίδια με αυτή που χρησιμοποιείται σε μια δοκιμή εφελκυσμού. Ωστόσο, αντί να εφαρμόζεται ένα μονοαξονικό φορτίο εφελκυσμού, εφαρμόζεται μονοαξονικό φορτίο θλίψης.

Το δείγμα ή δοκίμιο (συνήθως κυλινδρικό) μικραίνει και διογκώνεται πλευρικά. Μια καμπύλη τάσης - παραμόρφωσης σχεδιάζεται από το όργανο και φαίνεται παρόμοια με τα ακόλουθα: Η αντοχή σε θλίψη του υλικού αντιστοιχεί στην τάση στο κόκκινο σημείο που φαίνεται στην καμπύλη. Σε μια δοκιμασία συμπίεσης, υπάρχει μια γραμμική περιοχή όπου το υλικό ακολουθεί τον νόμο του Hooke.

Επομένως, για αυτή την περιοχή, ο νόμος του Hooke,  $\sigma = E \cdot \epsilon$  ισχύει καθώς το «E» αναφέρεται στο Modulus Young για συμπίεση.

Σε αυτή την περιοχή, το υλικό παραμορφώνεται ελαστικά και επιστρέφει στο αρχικό του μήκος όταν αφαιρεθεί η τάση. Αυτή η γραμμική περιοχή καταλήγει σε αυτό που είναι γνωστό ως σημείο απόδοσης. Μετά από αυτό το σημείο το υλικό συμπεριφέρεται πλαστικά και δεν θα επιστρέψει στο αρχικό του μήκος μόλις αφαιρεθεί το φορτίο. Υπάρχει μια διαφορά μεταξύ της μηχανικής πίεσης και της πραγματικής. Με τον βασικό της ορισμό η μονοαξονική πίεση δίνεται από:

$$\sigma = F/A$$

όπου,

F = Εφαρμοσμένο φορτίο [N],

A = Περιοχή [m<sup>2</sup>]

Όπως αναφέρθηκε, η περιοχή του δείγματος ποικίλλει κατά τη συμπίεση. Στην πραγματικότητα η περιοχή είναι μια συνάρτηση του εφαρμοζόμενου φορτίου, δηλαδή  $A = f(F)$ . Πράγματι, η πίεση ορίζεται ως η δύναμη που διαιρείται από την περιοχή στην αρχή του πειράματος. Αυτό είναι γνωστό ως μηχανική πίεση και ορίζεται από,

$$\Sigma_{\epsilon} = F/A_0$$

A<sub>0</sub> = Περιοχή πρωτότυπου δείγματος [m<sup>2</sup>]

## 2.3 Κρούση

Όταν δύο σώματα συγκρούονται, η κινητική κατάστασή τους ή τουλάχιστον του ενός από αυτά μεταβάλλεται απότομα. Οι απότομες αυτές αλλαγές της κίνησης προκαλούνται από τις ισχυρές δυνάμεις που αναπτύσσονται ανάμεσα στα σώματα που συγκρούονται, κατά τη διάρκεια της επαφής τους.

Η έννοια της κρούσης έχει επεκταθεί και στο μικρόκοσμο όπου συμπεριλαμβάνει φαινόμενα όπου τα συγκρουόμενα σωματίδια δεν έρχονται σε επαφή. Για παράδειγμα όταν ένα σωματίδιο «α» κινείται προς ένα άλλο «β», οι αλληλεπιδράσεις τους που είναι πολύ ασθενείς όταν βρίσκονται μακριά, γίνονται πολύ ισχυρές όταν τα σωματίδια πλησιάσουν με αποτέλεσμα την απότομη αλλαγή στην κινητική τους κατάσταση. Η χρονική διάρκεια μεταβολής της κινητικής τους κατάστασης είναι πολύ μικρή.

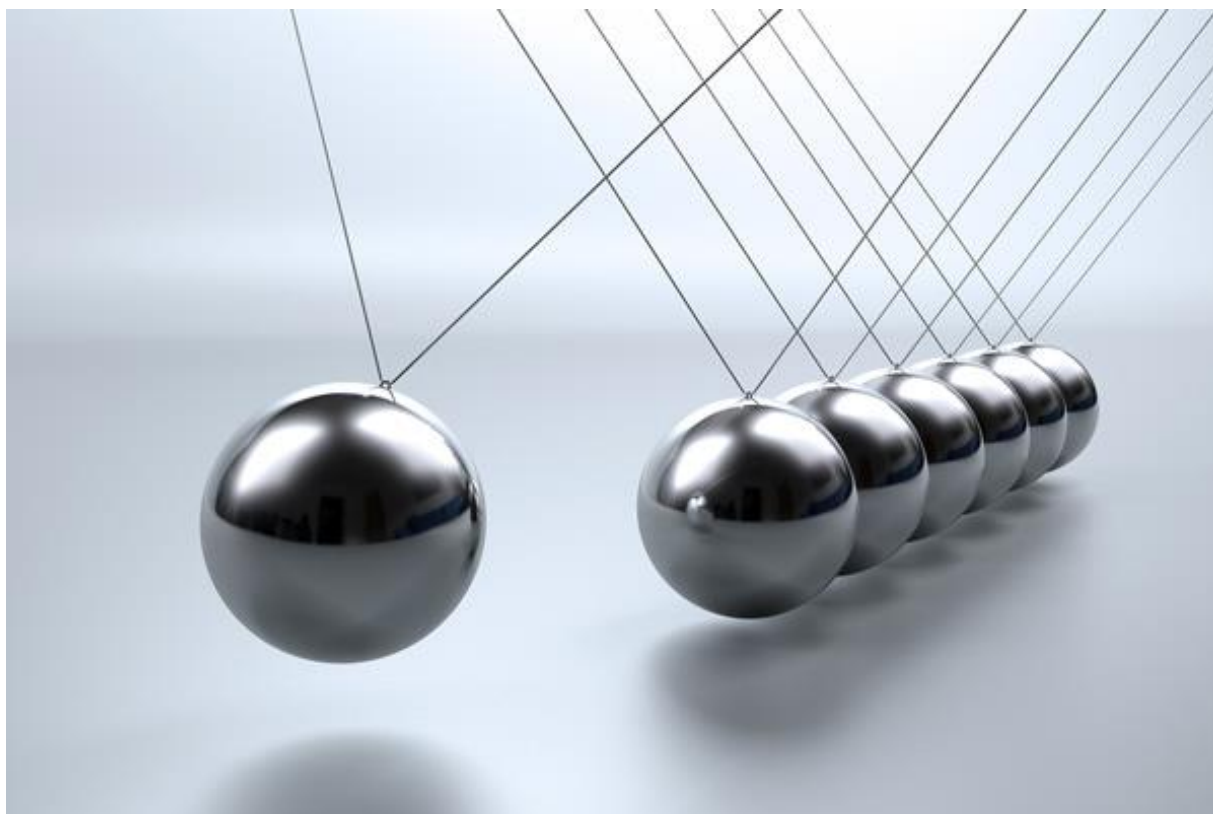
• Προσδιορισμός της αντοχής σε κρούση του υλικού :

$\alpha_k = \frac{A}{F}$  [m\*Kg /cm<sup>2</sup> ή cm\*Kg /cm<sup>2</sup>]

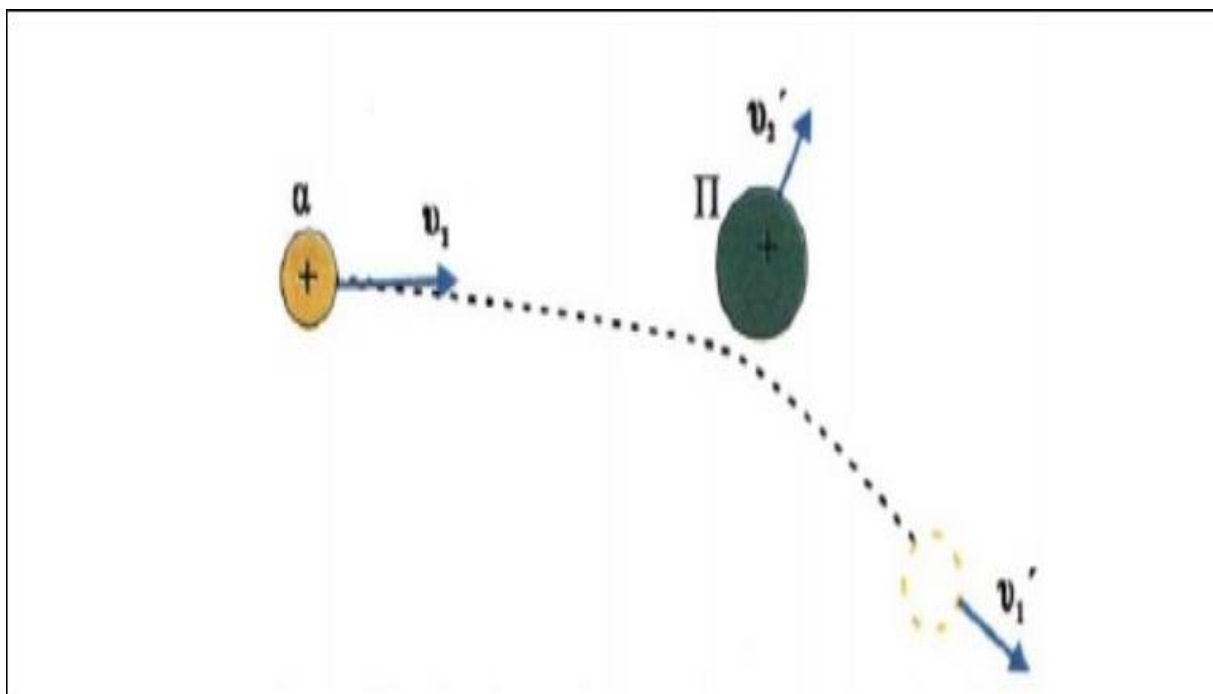
αντοχή σε κρούση      επιφάνεια διατομής δοκιμίου [cm<sup>2</sup>]      ποσότητα της ενέργειας που απορροφήθηκε για τη θραύση [Kg\*m ή Kg\*cm]

Εικόνα 11: Προσδιορισμός της αντοχής και της δύναμης σε δοκιμή κρούσης

Το φαινόμενο φαίνεται ότι μοιάζει με τη σύγκρουση δύο σωμάτων, μόνο που εδώ τα σώματα δεν έρχονται σε επαφή. Αυτό, λοιπόν ονομάζεται, κρούση στο μικρόκοσμο, στο οποίο τα συγκρουόμενα σωματίδια αλληλεπιδρούν με σχετικά μεγάλες δυνάμεις για πολύ μικρό χρόνο. Όταν μια σφαίρα στο τέλος σηκώνεται και απελευθερώνεται, χτυπάει τις στατικές σφαίρες. Η δύναμη μεταδίδεται μέσω των στατικών σφαιρών και ωθεί την τελευταία σφαίρα προς τα πάνω. Η συσκευή είναι επίσης γνωστή ως οι σφαίρες του Νεύτωνα.



Εικόνα 12: Το εκκρεμές του Νεύτωνα ως παράδειγμα κρούσης, διατήρησης ορμής και ενέργειας



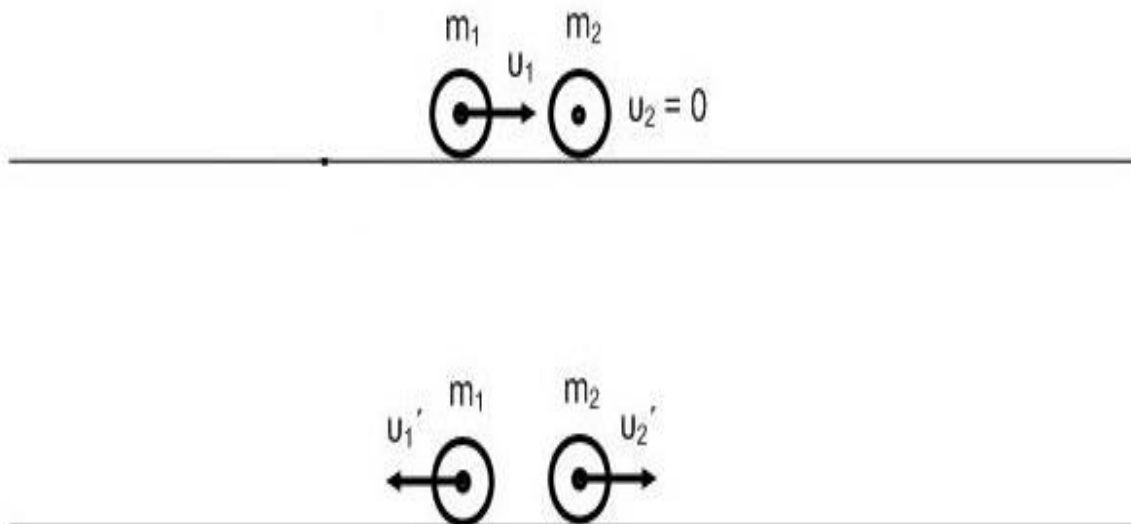
Εικόνα 13: Κρούση ενός σωματίου  $\alpha$  με αρχικά ακίνητο πυρήνα

Ανάλογα με τη διεύθυνση που κινούνται τα σώματα πριν συγκρουστούν οι κρούσεις διακρίνονται σε κεντρικές, έκκεντρες και πλάγιες.



### 2.3.1 Κεντρική ή μετωπική κρούση

Κεντρική ή μετωπική ονομάζεται η κρούση κατά την οποία τα διανύσματα των ταχυτήτων των κέντρων μάζας των σωμάτων που συγκρούονται βρίσκονται πάνω στην ίδια ευθεία. Αν τα σώματα που συγκρούονται είναι σφαίρες και η κρούση τους είναι κεντρική, οι ταχύτητές τους μετά την κρούση θα βρίσκονται επίσης στην ίδια (αρχική) διεύθυνση (Εικ. 15).



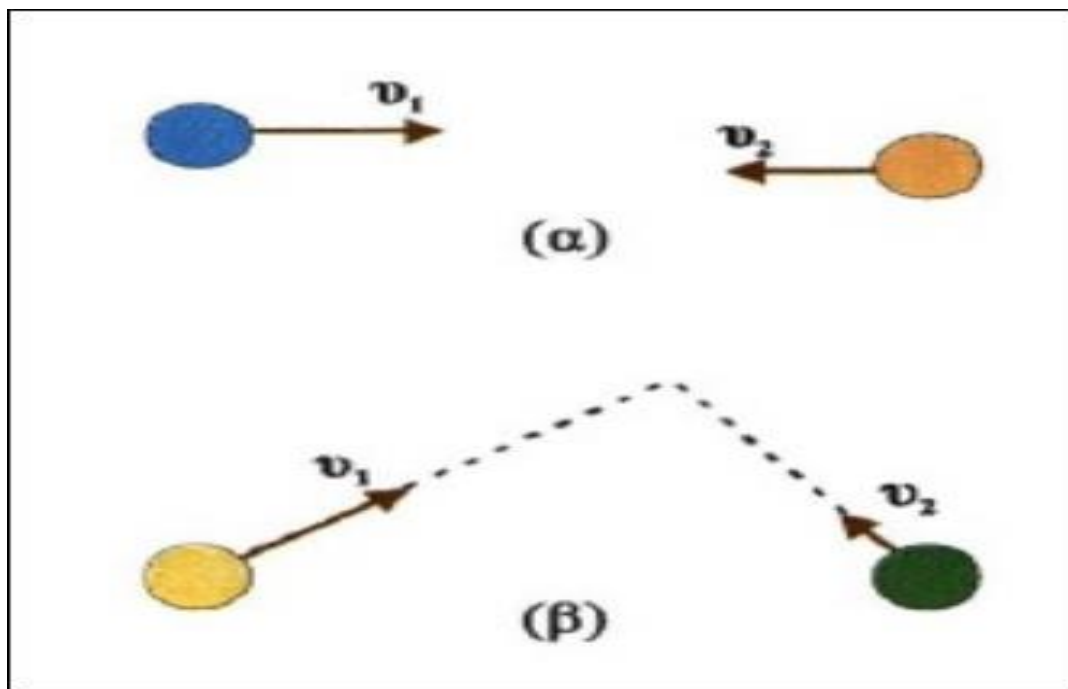
Εικόνα 14 :Κεντρική και ελαστική κρούση μεταξύ δύο σφαιρών

### 2.3.2 Έκκεντρη κρούση

Έκκεντρη ονομάζεται η κρούση στην οποία οι ταχύτητες των κέντρων μάζας των σωμάτων που συγκρούονται είναι παράλληλες (Εικ. 16 α).

### 2.3.3 Πλάγια κρούση

Πλάγια ονομάζεται η κρούση αν οι ταχύτητες των σωμάτων βρίσκονται σε τυχαίες διευθύνσεις (Εικ. 16 β).



Εικόνα 15: (α) έκκεντρη κρούση (β) πλάγια κρούση

### Η διατήρηση της ορμής στις κρούσεις:

Επειδή η κρούση είναι ένα φαινόμενο που διαρκεί για πολύ λίγο χρόνο, οι ωθήσεις των εξωτερικών δυνάμεων, αν υπάρχουν, είναι αμελητέες κατά τη διάρκεια της. Το σύστημα των σωμάτων που συγκρούονται μπορεί να θεωρηθεί μονωμένο, για τη χρονική διάρκεια της κρούσης, επομένως η ορμή του συστήματος διατηρείται. Η ορμή ενός συστήματος σωμάτων, κατά τη διάρκεια της κρούσης, επίσης διατηρείται.

Αν  $P$  πριν η ορμή του συστήματος αμέσως πριν την κρούση και  $P$  μετά η ορμή του συστήματος αμέσως μετά την κρούση, ισχύει:

$$P \text{ πριν} = P \text{ μετά}$$

### Η ενέργεια στις κρούσεις:

Κατά τη σύγκρουση δύο σωμάτων ένα μέρος της μηχανικής τους ενέργειας μετατρέπεται σε θερμότητα. Στην ιδανική περίπτωση που η μηχανική ενέργεια των σωμάτων δε μεταβάλλεται με την κρούση, η κρούση ονομάζεται ελαστική. Επειδή η κρούση είναι ένα φαινόμενο αμελητέας χρονικής διάρκειας η δυναμική ενέργεια των σωμάτων που εξαρτάται από τη θέση τους στο χώρο δε μεταβάλλεται.

Επομένως, ελαστική είναι η κρούση στην οποία διατηρείται η κινητική ενέργεια του συστήματος των συγκρουόμενων σωμάτων. Στο μακρόκοσμο η ελαστική κρούση αποτελεί μια εξιδανίκευση. Προσεγγιστικά, ελαστική μπορεί να θεωρηθεί η κρούση ανάμεσα σε δύο πολύ σκληρά σώματα, όπως ανάμεσα σε δύο μπάλες του μπιλιάρδου. Στο μικρόκοσμο όμως έχουμε κρούσεις απολύτως ελαστικές όπως αυτή που περιγράψαμε προηγουμένως ανάμεσα στο σωματίο και τον πυρήνα.

#### 2.3.4 Ανελαστική κρούση

Ανελαστική, ονομάζεται η κρούση στην οποία ένα μέρος της αρχικής κινητικής ενέργειας των σωμάτων μετατρέπεται σε θερμότητα. Μια ειδική περίπτωση ανελαστικής κρούσης είναι εκείνη που οδηγεί στη συγκόλληση των σωμάτων, στη δημιουργία συσσωματώματος. Αυτή η κρούση ονομάζεται πλαστική.



*Εικόνα 16: Η κρούση ανάμεσα στα αυτοκίνητα της εικόνας είναι σχεδόν πλαστική*

## 2.4 Κάμψη τριών σημείων

Η δοκιμή της κάμψης τριών σημείων παρέχει τιμές για το μέτρο ελαστικότητας  $E$ , την τάση κάμψης, την κάμψη  $\sigma_f$  και η απόκλιση από την τάση κάμψης - παραμόρφωσης του υλικού. Το κύριο πλεονέκτημα μιας δοκιμής κάμψης τριών σημείων είναι η ευκολία της προετοιμασίας του δείγματος και των δοκιμών.

Ωστόσο, αυτή η μέθοδος παρά την ευκολία στην προετοιμασία έχει μερικά μειονεκτήματα όπως το ότι τα αποτελέσματα της μεθόδου δοκιμής είναι ευαίσθητα στο δείγμα, στη γεωμετρία φόρτωσης και στην ταχύτητα καταπόνησης.



Εικόνα 17: Μηχανή Ιμάδα σε διάταξη δοκιμής κάμψης τριών σημείων με πλαστικό δοκίμιο

### 2.4.1 Διαδικασία δοκιμής

Η μέθοδος δοκιμής για τη διεξαγωγή της κάμψης συνήθως περιλαμβάνει ένα καθορισμένο εξάρτημα δοκιμής σε μια μηχανή καθολικής δοκιμής κάμψης. Οι λεπτομέρειες σχετικά με την προετοιμασία της δοκιμασίας και τη συμπεριφορά επηρεάζουν τα αποτελέσματα των δοκιμών. Το δείγμα τοποθετείται σε δύο ακίδες στήριξης σε απόσταση μεταξύ τους και η άνω επιφάνεια εφάπτεται με την ακίδα της μηχανής.

#### 2.4.1.1 Υπολογισμός της καμπτικής τάσης $\sigma_f$ :

$$\sigma_f = \frac{3FL}{2bd^2} \text{ , για μια ορθογώνια διατομή}$$

$$\sigma_f = \frac{FL}{\pi R^3} \text{ για κυκλική διατομή}$$

#### 2.4.1.2 Υπολογισμός της κάμψης εf:

$$\varepsilon_f = \frac{6Dd}{L^2}$$

#### 2.4.1.3 Υπολογισμός του συντελεστή κάμψης Ef:

$$E_f = \frac{L^3 m}{4bd^3}$$



Εικόνα 18 : Δοκιμαστικό εξάρτημα για μηχανή καθολικής δοκιμής για δοκιμή κάμψης τριών σημείων

**Δοκιμή ανθεκτικότητας θραύσης:**

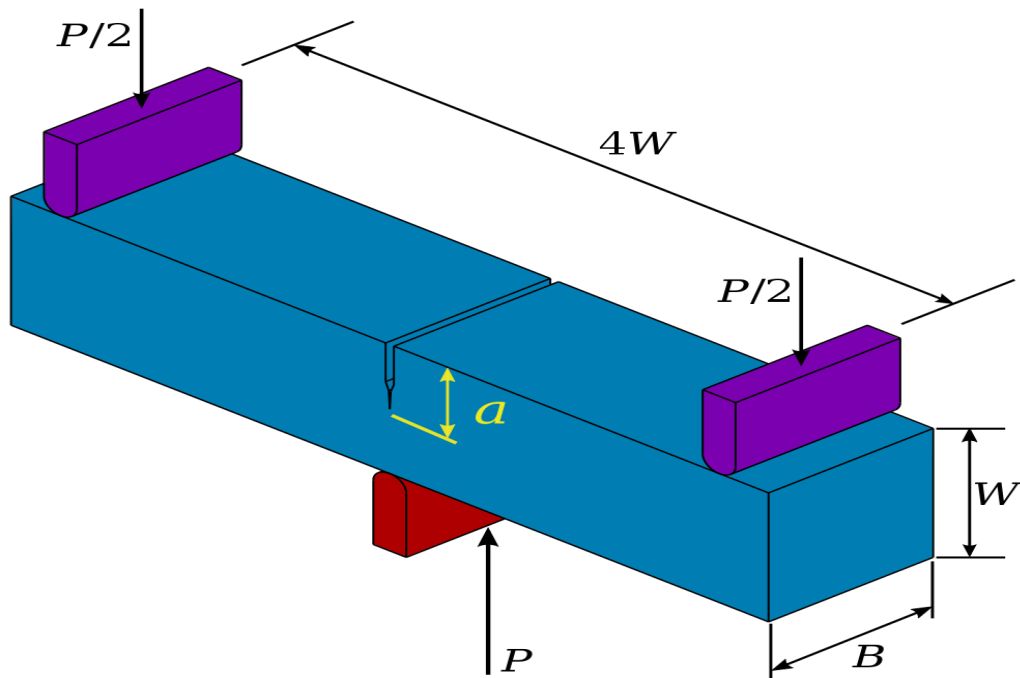
$$K_1 = \frac{4P}{B} \sqrt{\frac{\pi}{W}} \left[ 1.6 \left( \frac{\alpha}{w} \right)^{1/2} - 2.6 \left( \frac{\alpha}{w} \right)^{3/2} + 12.3 \left( \frac{\alpha}{w} \right)^{5/2} - 21.2 \left( \frac{\alpha}{w} \right)^{7/2} + 21.8 \left( \frac{\alpha}{w} \right)^{9/2} \right]$$

Όπου, P = Ασκούμενη δύναμη

Και A, B, W = Διαστάσεις δοκού

**Άρα:**

$$Y = \frac{1.99 - \alpha/W (1 - \alpha/W) (2.15 - 3.93\alpha/W + 2.7(\alpha/W)^2)}{(1 + 2\alpha/W)(1 - \alpha/W)^{3/2}}$$



Εικόνα 19: Μονωτικό δείγμα κάμψης μονής ακμής που ονομάζεται επίσης δείγμα κάμψης τριών σημείων για δοκιμή αντοχής σε κάμψη.



## 2.5 Εφαρμογές μηχανικών ιδιοτήτων

### 2.5.1 Εφαρμογή υλικών στον τομέα των μεταφορών

Στις μεταφορές, η μεγαλύτερη προσπάθεια έγκειται στην έρευνα και ανάπτυξη των έξυπνων υλικών στον κλάδο της στρατιωτικής βιομηχανίας, στην αυτοκινητοβιομηχανία και τη ναυτιλία. Επίσης, στον κλάδο των σιδηροδρόμων φαίνεται να υπάρχει μικρή εφαρμογή, ίσως λόγω της έλλειψης επενδύσεων. Οι απαιτήσεις για έξυπνα υλικά στον κλάδο των μεταφορών μπορούν να γενικευτούν.

Για παράδειγμα, υπάρχει ανάγκη για υλικά με καλύτερες λειτουργικές ιδιότητες όπως τον πιεζοηλεκτρισμό. Η συναρμολόγηση των έξυπνων υλικών για να καταστήσουν την δομή έξυπνη ή ευφυή είναι επίσης σημαντική κάτι που αποτελούσε μεγάλο εμπόδιο στη βιομηχανία επί σειρά ετών.

### 2.5.2 Αυτοκινητοβιομηχανία

Μερικά έξυπνα υλικά, ηλεκτροχρωμικά υλικά για παράδειγμα, χρησιμοποιούνται στον αυτόματο φωτισμό και τον έλεγχο της θερμοκρασίας στην αυτοκινητοβιομηχανία (π.χ. οι καθρέφτες που θαμπώνουν και τα πίσω παράθυρα σε χαμηλές θερμοκρασίες). Μια λιγότερο γνωστή εφαρμογή είναι η χρήση ενεργοποιητών ως μικρών κινητήρων, όπου τα πλεονεκτήματά τους είναι το μειωμένο βάρος και οι λιγότερες βλάβες λόγω της μειωμένης πολυπλοκότητας.

Επίσης η χρήση των έξυπνων υλικών για τη μείωση του θορύβου και της δόνησης είναι αρκετά διαδεδομένη. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την βελτιωμένη άνεση και τα οφέλη ως προς την ασφάλεια, ειδικότερα για τους επαγγελματίες οδηγούς.

Έχει υιοθετηθεί μια εξελικτική προσέγγιση, με τους ηλεκτρικούς κινητήρες να αντικαθιστούν τα μηχανικά μέσα των κινούμενων υδραυλικών συστημάτων. Ο απώτερος σκοπός είναι η πλήρης αντικατάσταση των υδραυλικών συστημάτων με συστήματα που είναι όλα ηλεκτρικά. Η χρήση των έξυπνων υλικών μπορεί να βοηθήσει σ' αυτόν τον σκοπό, όπου για παράδειγμα, θα απαιτείται έλεγχος της κατάστασης στο τακάκι του δισκόφρενου προκειμένου να καθοριστεί η αποτελεσματικότητα των φρένων.

Οι περαιτέρω εξελίξεις σ' αυτά τα υλικά, και στα συστήματα που περιλαμβάνουν πιεζοηλεκτρικά υλικά θα μπορούσαν να ωφελήσουν τον κλάδο. Οι επιστήμονες της General Motors στο κέντρο έρευνας και εξέλιξης της GM στο Warren, έχουν προχωρήσει σε τεχνολογικές εξελίξεις με «έξυπνα» υλικά, που θα είναι έτοιμα για μαζική παραγωγή σε οχήματα από το 2016 και μετά.

Με αυτά τα νέα υλικά, η λειτουργικότητα μπορεί να προγραμματιστεί εκ των έσω, επιτρέποντας σχεδιαστικές καινοτομίες, βελτιωμένη απόδοση και νέα, αναβαθμισμένα χαρακτηριστικά που θα κάνουν τα αυτοκίνητά πιο συναρπαστικά σε εμφάνιση και λειτουργία σε σχέση με αυτά του παρελθόντος.

Οι ενεργοποιητές και οι αισθητήρες μπορούν να παρέχουν σημαντικά οφέλη όταν χρησιμοποιούνται για την αντικατάσταση συμβατικών ηλεκτρικών και υδραυλικών συσκευών, μειώνοντας τη μάζα του οχήματος και την πολυπλοκότητα του εξαρτήματος, βελτιώνοντας την ευελιξία σχεδίασης, τη λειτουργικότητα και την αξιοπιστία.



### 2.5.3 Ναυσιπλοΐα

Υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός προγραμμάτων που περιλαμβάνει την εφαρμογή των έξυπνων υλικών στον κλάδο της ναυσιπλοΐας. Τα περισσότερα από αυτά έχουν σχέση με την άμυνα και είναι μετρίου μεγέθους. Περιλαμβάνουν την μέτρηση της τάνυσης σε ένα σύνθετο πηδάλιο, χρησιμοποιώντας ενσωματωμένες Bragg οπτικές ίνες σε μορφή πλέγματος (FOBG), μέτρηση της τάνυσης σε μεγάλη ίνα άνθρακα σύνθετου καταρτιού ενός γιότ (χρησιμοποιώντας έναν παρόμοιο τύπο αισθητήρα), και τη μείωση της δόνησης σε πλοίο και αποβάθρες υποβρύχιου εξοπλισμού.

Τα έξυπνα υλικά όμως δεν χρησιμοποιούνται ακόμα ευρέως σ' αυτόν τον κλάδο. Μια πιθανή μελλοντική εφαρμογή είναι η αυτόεπιδιόρθωση των κατεστραμμένων κατασκευών υποβρυχίως.

### 2.5.4 Σιδηρόδρομος

Ένας αριθμός εφαρμογών ελέγχου της κατάστασης που έχουν αναπτυχθεί μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον σιδηροδρομικό τομέα και ειδικότερα σε σιδηροδρομικό υλικό όπως τον έλεγχο στα τακάκια των φρένων, τον έλεγχο της κεραίας ρευματοληψίας της ηλεκτράμαξας, τον καθορισμό της ποιότητας της διαδρομής, την μέτρηση της ρόδας, ή τον έλεγχο της μηχανής πάνω στη γραμμή. Ο έλεγχος της κατασκευής είναι ένα άλλο εξίσου σημαντικό πεδίο, (π.χ. ο εντοπισμός των συγκρούσεων σε γέφυρες με αυτοκίνητα μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας υπέρυθρες ακτίνες ή ορισμένα όργανα που μετρούν την επιτάχυνση).

Αυτές οι εφαρμογές επί του παρόντος τείνουν να χρησιμοποιούνται σε συμβατικούς αισθητήρες, παρόλο που μπορεί να υπάρχει προοπτική για βελτίωση αυτών των τεχνικών με τη χρήση των έξυπνων υλικών. Ο έλεγχος της κατάστασης της τροχιάς (και της ράγας) είναι ένα προφανές παράδειγμα όπου τα έξυπνα υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Επίσης, έχει διεξαχθεί έρευνα για την ενεργή απόσβεση της κεραίας ρευματοληψίας της ηλεκτράμαξας και την αντικατάσταση της με πιεζοηλεκτρικά υλικά.





### 3. Στάθμη γνώσεων

#### 3.1 Διεθνή πρότυπα προσδιορισμού μηχανικών ιδιοτήτων

Χαρακτηρισμός υλικών, προϊόντων φθοράς και επεμβάσεων συντήρησης:

- NORMAL 4/80, Κατανομή πόρων σε συνάρτηση με τη διάμετρό τους, με χρήση της πορομετρίας υδραγύρου.
- NORMAL 7/81, Απορρόφηση υγρασίας με εμβάπτιση του υλικού σε νερό, συνολική ικανότητα απορρόφησης υγρασίας.
- NORMAL 8/81, Περιγραφή της μεθόδου ανάλυσης της ηλεκτρονικής μικροσκοπίας σάρωσης για τον ποιοτικό χαρακτηρισμό της φθοράς φυσικών υλικών και της αποτίμησης επεμβάσεων συντήρησης.
- NORMAL 11/82, Περιγραφή της μεθόδου προσδιορισμού της απορρόφησης ύδατος με τριχοειδή αναρρίχηση.
- NORMAL 14/83, Λεπτή τομή υλικών για την εξέταση τους σε οπτικό πολωτικό μικροσκόπιο για τον χαρακτηρισμό των υλικών και αποτίμηση επεμβάσεων συντήρησης.
- NORMAL 16/84, Φυσικό - χημικός, πετρογραφικός και μορφολογικός χαρακτηρισμός των φυσικών υλικών, και της κατάστασης διατήρησής τους, με την χρήση σειράς αναλυτικών μεθόδων.
- Normal 22/86, Μέτρηση της ταχύτητας διάδοσης του ήχου για την εφαρμογή της μη-καταστρεπτικής μεθόδου για την διαπίστωση συνεχειών στην μάζα του υλικού.
- NORMAL 29/88, Μέτρηση του συντελεστή ξήρανσης, προσδιορίζονται οι μεταβολές στο χρόνο της περιεχόμενης υγρασίας ενός υλικού.

##### 3.1.1 Ευρωκώδικες - κανονισμοί

Σχετικοί με τη συμπεριφορά τους στην κατασκευή:

- (ΕΑΚ, 2000) Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός, Ε.Α.Κ. – 2000,
- Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. – Ο.Α.Σ.Π (1999), Φ.Ε.Κ. 2184 Β' / 20.12. 1999
- ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 6 - ENV 1996 , «Design of masonry structures»
- Εθνικό Κείμενο Εφαρμογής Ευρωκώδικα 6, «Κατασκευές από Τοιχοποιία»,
- Μέρος 1-1 «Γενικοί κανόνες για κτίρια - Κανόνες για άοπλη και οπλισμένη τοιχοποιία», (ENV 1996-1-1:1995), ΦΕΚ 808/3.9.1996
- ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 8 - ENV 1998, «Design provisions for earthquakeresistance of structures»
- Εθνικό Κείμενο Εφαρμογής Ευρωκώδικα 8, «ΦΕΚ 1517/Β/27.7.99 (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β)»
- ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 5 - ENV 1995 «Design of timber structures».



### 3.2 Πρότυπο ISO

Ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης ( ISO: International Organization for Standardization) είναι μια διεθνής οργάνωση δημιουργίας και έκδοσης προτύπων που αποτελείται από αντιπροσώπους των εθνικών οργανισμών τυποποίησης. Ο οργανισμός ιδρύθηκε στις 23 Φεβρουαρίου του 1947 και παράγει τα παγκόσμια βιομηχανικά και εμπορικά πρότυπα, τα επονομαζόμενα πρότυπα ISO. Γενικός γραμματέας από τον Ιούλιο του 2017 είναι ο Χιλιανός Serjio Mujica και πρόεδρος από την 1η Ιανουαρίου 2018 ο Καναδός John Walter.

Ενώ ο διεθνής οργανισμός τυποποίησης ορίζεται από τον ίδιο ως μη κυβερνητική οργάνωση, η ικανότητα του να θέτει πρότυπα τα οποία αργότερα οι κυβερνήσεις αποφασίζουν πως πρέπει να τηρούνται δια νόμων ή συνθηκών, τον καθιστά πιο ισχυρό από άλλες μη κυβερνητικές οργανώσεις και στην πράξη λειτουργεί σαν μια κοινοπραξία με ισχυρούς συνδέσμους με κυβερνήσεις.

Μεταξύ αυτών που συμμετέχουν στον ISO, συγκαταλέγονται μεγάλες εταιρίες και τουλάχιστον ένα σωματείο τυποποίησης από κάθε κράτος μέλος. Ο διεθνής οργανισμός τυποποίησης συνεργάζεται στενά με την διεθνή ηλεκτροτεχνική επιτροπή (IEC), η οποία είναι υπεύθυνη για την τυποποίηση των ηλεκτρικών συσκευών.

Οι τρεις επίσημες γλώσσες του ISO είναι τα αγγλικά, γαλλικά, και τα ρωσικά. Η ονομασία της οργάνωσης στην γαλλική γλώσσα είναι Organisation internationale de normalisation και στα ρωσικά Международная организация по стандартизации. Σύμφωνα με το ISO, η ονομασία του σε διάφορες γλώσσες θα είχε διαφορετικές συντομογραφίες («IOS» στα αγγλικά, «OIN» στα γαλλικά, κ.λ.π), οπότε η οργάνωση υιοθέτησε το «ISO», όπως είναι συντεταγμένη ονομασία της σε σχέση με την ελληνική λέξη «ίσος».

Ωστόσο, κατά τη διάρκεια των συνεδριάσεων της σύστασης της νέας οργάνωσης και επιλογής της συντομογραφίας της, η ελληνική αυτή λέξη δεν προβλήθηκε, οπότε αυτή η εξήγηση μπορεί να είναι φανταστική και μεταγενέστερη. Τόσο το όνομα «ISO», όσο και το λογότυπο είναι σήματα κατατεθέντα και η χρήση τους είναι περιορισμένη.

Ο ISO αναπτύσσει συνεργασίες με αρκετούς οργανισμούς σε παγκόσμιο επίπεδο, των οποίων τα μέλη ενδέχεται να προσανατολίζονται προς διαφορετικά ενδιαφέροντα. Επιπλέον, σε διεθνές επίπεδο διατηρεί συνεργατικές σχέσεις με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Εμπορίου (World Trade Organization - WTO), τον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών (United Nations Organization) και με άλλους οργανισμούς των Ηνωμένων Εθνών που στηρίζουν τις αναπτυσσόμενες χώρες.

Ο ISO παράλληλα με την παραγωγή προτύπων επεκτείνει τη δράση του και εκδίδει 10 εγχειρίδια, περιοδικά και υλικό ποικίλης ύλης και αναπτύσσει βάσεις δεδομένων ανά τον κόσμο. Μια από τις βασικές εκδόσεις του ISO αποτελεί το περιοδικό με τίτλο «ISO Focus+», που δημοσιεύεται κάθε μήνα και κάθε τεύχος πραγματεύεται και ένα διαφορετικό θέμα, το οποία συνδέεται άμεσα ή έμμεσα με τα Διεθνή Πρότυπα.



### 3.2.1 Μοντέλο προτύπων του ISO

Τα πρότυπα ISO είναι αριθμημένα και ακολουθούν ένα πρότυπο που περιλαμβάνει «ISO/[IEC] [IS] νnnn[:XXXX]: Τίτλος», όπου το «nnnn» είναι ο αριθμός του προτύπου, «XXXX» είναι η χρονολογία έκδοσης και ο «Τίτλος» περιγράφει το αντικείμενο. Το IEC συμπεριλαμβάνεται μόνο αν το πρότυπο προκύπτει από εργασία του JTC1. Η ημερομηνία και το IS δεν συμπεριλαμβάνονται σε ημιτελή πρότυπα ή πρότυπα που δεν έχουν εκδοθεί ακόμη και μπορεί (υπό ορισμένες προϋποθέσεις) να μείνουν εκτός του τίτλου της έκδοσης του προτύπου.

Πέρα από τα πρότυπα ο ISO δημιουργεί επίσης τεχνικές εκθέσεις για έγγραφα που δεν μπορούν ή δε θα έπρεπε να αποτελέσουν διεθνή πρότυπα, όπως εκθέσεις, εξηγήσεις κτλ. Οι συμβάσεις ονομασίας για αυτά είναι οι ίδιες για τα πρότυπα με την εξαίρεση την ύπαρξη του TR στη θέση του IS στο όνομα του προτύπου. Παραδείγματα:

- ISO/IEC TR 17799:2000 Κώδικας χρήσης της διαχείρισης ασφάλειας πληροφορίας (Code of Practice for Information Security Management)
- ISO TR 15443-1/3 Τεχνολογία Πληροφορίας – Τεχνικές Ασφάλειας – Μια διάταξη για τη διαβεβαίωση της ασφάλειας για την τεχνολογία της πληροφορίας, τμήματα 1-3 (Information Technology - Security Techniques - A Framework for IT Security Assurance parts 1-3)

Τέλος, ο ISO σε σπάνιες περιπτώσεις εκδίδει τεχνικές διορθώσεις. Αυτές είναι τροποποιήσεις σε υπάρχοντα πρότυπα, οι οποίες γίνονται εξ αιτίας τεχνικών σφαλμάτων, με σκοπό τη βελτίωση στη χρηστικότητα ή με σκοπό την επέκταση της εφαρμοσιμότητας με περιορισμένη έκταση.

Γενικά, οι αβλεψίες εκδίδονται με την προσδοκία ότι το πρότυπο το οποίο επηρεάζουν θα αναβαθμιστεί ή θα αποσυρθεί στην επόμενη προγραμματισμένη επανεξέταση. Τα έγγραφα που παράγονται από τον ISO έχουν πνευματικά δικαιώματα και ο οργανισμός μηνύει για άλλα αντίγραφα. Ωστόσο, ο ISO δε μηνύει για τα περισσότερα πρόχειρα αντίτυπα (draft) εγγράφων σε ηλεκτρονική μορφή.

Η χρήση των συγκεκριμένων αντιτύπων να γίνεται με προσοχή, αφού υπάρχει πιθανότητα να γίνουν ουσιαστικές αλλαγές πριν την οριστικοποίηση ενός προτύπου. Μερικά πρότυπα ISO είναι ελεύθερα διαθέσιμα. Ορισμένα παραδείγματα παρουσιάζονται παρακάτω:

Freely Available Standards και Free Standards 2.

#### 3.2.2.1 Προϊόντα με ονομασία ISO

Το γεγονός ότι πολλά από τα πρότυπα που έχουν δημιουργηθεί από τον ISO έχουν εξαπλωθεί πολύ, έχει οδηγήσει περιστασιακά στη χρήση του «ISO» ως περιγραφή για ένα προϊόν που ακολουθεί κάποιο πρότυπο. Μερικά παραδείγματα είναι:

- Οι εικόνες οπτικών δίσκων (CD image) έχουν ως κατάληξη αρχείου το .iso που δηλώνει ότι χρησιμοποιούν το πρότυπα συστήματος αρχείων ISO 9660 (υπάρχουν και άλλα συστήματα αρχείων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν). Έτσι οι εικόνες οπτικών δίσκων αναφέρονται πολλές φορές ως «ISO» (πληθ. «ISO's»). Όλοι οι υπολογιστές με οδηγούς CD-ROM μπορούν να διαβάσουν CD που χρησιμοποιούν αυτό το πρότυπο. Τα DVD-ROM χρησιμοποιούν επίσης το σύστημα αρχείων ISO 9660.
- Η ευαισθησία στο φως των φωτογραφικών φιλμ, η λεγόμενη ταχύτητά τους, μετριέται και καθορίζεται από πρότυπο ISO και έτσι η ταχύτητα του φιλμ αναφέρεται συχνά ως το «νούμερο ISO» του. Υπάρχουν ανάλογα πρότυπα που δίνουν τα ASA και DIN για τον ίδιο σκοπό.

#### 3.2.2.2 Η ISO/IEC Κοινή Τεχνική Επιτροπή 1

Για να αντιμετωπιστούν οι συνέπειες των ουσιαστικών αλληλοεπικαλύψεων σε θέματα προτυποποίησης και εργασίας σχετικά με την τεχνολογία της πληροφορίας, ο ISO και η Διεθνής



Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή (IEC) δημιούργησαν μία κοινή τεχνική επιτροπή γνωστή σαν ISO/IEC Κοινή Τεχνική Επιτροπή 1 (ISO/IEC Joint Technical Committee 1 - ISO/IEC JTC1). Ήταν η πρώτη επιτροπή τέτοιου είδους και ως σήμερα παραμένει η μόνη.

Οι αρμοδιότητές της, σύμφωνα με την επίσημη περιγραφή της, είναι η ανάπτυξη, συντήρηση, προώθηση και διευκόλυνση των προτύπων της τεχνολογίας της πληροφορίας (ΤΠ) που απαιτούνται εκεί όπου οι παγκόσμιες αγορές συναντούν τις επιχειρήσεις και τις απαιτήσεις των χρηστών και σχετίζονται με:

- σχεδιασμό και ανάπτυξη συστημάτων ΤΠ και εργαλείων
- απόδοση και ποιότητα των προϊόντων και συστημάτων ΤΟ
- ασφάλεια των συστημάτων ΤΠ και των πληροφοριών
- δυνατότητα μεταφοράς των προγραμμάτων εφαρμογών
- λειτουργικότητα των προϊόντων και συστημάτων ΤΟ
- ενοποίηση των εργαλείων και περιβαλλόντων
- εναρμόνιση λεξικού ΤΟ
- φιλικές προς τον χρήστη και εργονομικά σχεδιασμένες διεπαφές χρηστών (user interfaces)



### 3.3 Πρότυπο ASTM

Η ASTM International γνωστή από το 2001 ως American Society for Testing and Material (Αμερικανική εταιρεία δοκιμών των υλικών) είναι παγκόσμιος οργανισμός τυποποίησης που έχει αναπτυχθεί καθιερώνοντας πρότυπα γενικής αποδοχής σε ένα ευρύ φάσμα τεχνικών προϊόντων – υλικών, καθώς και επί συναφών συστημάτων και υπηρεσιών.

Η ASTM International ιδρύθηκε το 1898 και εδρεύει στη Πενσυλβανία των ΗΠΑ. Αποτελεί σήμερα διεθνή κυβερνητικό οργανισμό μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα που αναπτύχθηκε ακολουθώντας συναινετικές διαδικασίες πολυμελών επιστημονικών επιτροπών συντάσσοντας διεθνή τεχνικά πρότυπα «standards» τα οποία γίνονται παγκοσμίως ευρύτερα αποδεκτά. Σήμερα, περιλαμβάνει περισσότερα από 12.000 πρότυπα που διακρίνονται σε έξι βασικές κατηγορίες:

- πρότυπα προδιαγραφών
- πρότυπα μεθόδων δοκιμών
- πρότυπα οδηγιών πληροφοριών
- τυποποιημένη ταξινόμηση υλικών και προϊόντων
- τυποποιημένη ορολογία καθώς και
- πρακτικά πρότυπα επί προϊόντων ή μεθόδων εκτός ή πέρα των παραπάνω.

Όλα τα παραπάνω πρότυπα που φέρουν την ονομασία του οργανισμού ακολουθούμενου με ένα χαρακτηριστικό γραμματαριθμό, (π.χ. ASTM A354), περιλαμβάνονται σε ετήσιες πολύτομες εκδόσεις του οργανισμού που τίθενται σε παγκόσμια κυκλοφορία και σε ηλεκτρονική μορφή.

Οι εκδόσεις αυτές διακρίνονται ανά τομείς ενδιαφέροντος όπως π.χ. προϊόντα χαλυβουργίας, μετάλλων, κλωστοϋφαντουργίας, πετρελαιοειδών και λιπαντικών, πλαστικών και χρωμάτων, ειδικών χημικών προϊόντων, ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών προϊόντων, θεμάτων περιβαλλοντικής και πυρηνικής τεχνολογίας, γεωθερμίας, ηλιακής και αιολικής ενέργειας, μεθόδους και όργανα ελέγχου και μέτρησης καθώς και δείκτες ασφαλείας – διακίνησης.

Η συμμετοχή στον οργανισμό φυσικών προσώπων, ιδιωτικών και κρατικών φορέων είναι ελεύθερη. Η δε συμμετοχή σε πολλές επιτροπές είναι εθελοντική. Τα μέλη του οργανισμού υπολογίζονται σήμερα σε περισσότερα από 30.000 από 120 χώρες τα οποία και κατανέμονται σε τρεις βασικές κατηγορίες σε: χρήστες, παραγωγούς και καταναλωτές.



### 3.4 Διάφορα διεθνή πρότυπα

#### 3.4.1 Ευρωπαϊκά Πρότυπα

Η ανάπτυξη των ευρωπαϊκών προτύπων λαμβάνει χώρα όπου διαπιστώνεται σημαντική σχετική ανάγκη στη βιομηχανία, στην αγορά ή στο ευρύ κοινό, με σκοπό αφενός να διασφαλιστεί η λειτουργικότητα ενός προϊόντος ή υπηρεσίας και αφετέρου να βοηθηθούν οι πολίτες της Ε.Ε. στη συμμόρφωση τους προς την ευρωπαϊκή νοθεσία. Τα ευρωπαϊκά πρότυπα συνιστούν τεκμηριωμένες, εθελοντικές συμφωνίες, οι οποίες καθορίζουν σημαντικά κριτήρια για προϊόντα, υπηρεσίες και διαδικασίες.

Ως εκ τούτου, τα πρότυπα διασφαλίζουν την καταλληλότητα των προϊόντων και των υπηρεσιών ως προς τους σκοπούς για τους οποίους προορίζονται, καθώς και τη συγκρισιμότητα και συμβατότητα τους. Για να θεωρηθεί ένα πρότυπο ευρωπαϊκό, πρέπει να εγκριθεί από έναν από τους ευρωπαϊκούς οργανισμούς τυποποίησης και να διατεθεί στο κοινό.

#### 3.4.2 Ευρωπαϊκοί Οργανισμοί Τυποποίησης

Τα ευρωπαϊκά πρότυπα δημιουργούνται σε έναν από τους τρεις ευρωπαϊκούς οργανισμούς τυποποίησης:

- Ευρωπαϊκή επιτροπή τυποποίησης (European Committee for Standardization - CEN), που ασχολείται με όλους τους τομείς, εκτός από τον τομέα της ηλεκτροτεχνίας και των τηλεπικοινωνιών.
- Ευρωπαϊκή επιτροπή ηλεκτροτεχνικής τυποποίησης (European Committee for Electrotechnical Standardization - CENELEC), που ασχολείται με τα πρότυπα στον ηλεκτροτεχνικό κλάδο.
- Ευρωπαϊκό ινστιτούτο τηλεπικοινωνιακών προτύπων (European Telecommunication Standards Institute - ETSI), που καλύπτει τον τομέα των τηλεπικοινωνιών και ορισμένες πτυχές των ραδιοτηλεοπτικών μεταδόσεων.



### 3.4.3 Εθνικά Πρότυπα

Η ανάπτυξη των εθνικών προτύπων λαμβάνει χώρα καθώς διαπιστώνεται σημαντική σχετική ανάγκη στη βιομηχανία, στην αγορά ή στο ευρύ κοινό, με σκοπό αφενός να διασφαλιστεί η λειτουργικότητα ενός προϊόντος ή υπηρεσίας και αφετέρου να βοηθηθούν οι πολίτες μιας χώρας στη συμμόρφωση τους προς την εθνική νοθεσία. Τα εθνικά πρότυπα συνιστούν τεκμηριωμένες, εθελοντικές συμφωνίες, οι οποίες καθορίζουν σημαντικά κριτήρια για προϊόντα, υπηρεσίες και διαδικασίες.

Ως εκ τούτου, τα πρότυπα διασφαλίζουν την καταλληλότητα των προϊόντων και των υπηρεσιών ως προς τους σκοπούς για τους οποίους προορίζονται, καθώς και τη συγκρισιμότητα και συμβατότητά τους. Για να θεωρηθεί ένα πρότυπο εθνικό, πρέπει να εγκριθεί από τον αρμόδιο εθνικό οργανισμό τυποποίησης και να διατεθεί στο κοινό.

Παρακάτω παρουσιάζονται κάποιοι Ευρωκώδικες:

- ENV 1990: Ευρωκώδικας Βασικές αρχές στο σχεδιασμό των κατασκευών
- ENV 1991: Ευρωκώδικας 1 Βασικές αρχές σχεδιασμού και δράσεις στις κατασκευές
- ENV 1992: Ευρωκώδικας 2 Σχεδιασμός κατασκευών από σκυρόδεμα
- ENV 1993: Ευρωκώδικας 3 Σχεδιασμός μεταλλικών κατασκευών
- Τυποποίηση και ποιότητα στη σύγχρονη κοινωνία ΜΕ-ΤΠΔΠ ΤΕΕ, 2008
- ENV 1994: Ευρωκώδικας 4 Σχεδιασμός μεικτών κατασκευών από χάλυβα και σκυρόδεμα
- ENV 1995: Ευρωκώδικας 5 Σχεδιασμός ξύλινων κατασκευών
- ENV 1996: Ευρωκώδικας 6 Σχεδιασμός κατασκευών από λιθοδομή
- ENV 1997: Ευρωκώδικας 7 Γεωτεχνικός σχεδιασμός
- ENV 1998: Ευρωκώδικας 8 Σχεδιασμός αντισεισμικών κατασκευών
- ENV 1999: Ευρωκώδικας 9 Σχεδιασμός κατασκευών από αλουμίνιο

## 4. Σύγχρονες μηχανές προσδιορισμού μηχανικών ιδιοτήτων

### 4.1 MT3016 Impact Tester (Charpy) για την κρούση

Το MT 3016 είναι ένα ισχυρό, εύκολο στο χειρισμό μηχάνημα σύμφωνα με τις ορισμένες τυποποιημένες προδιαγραφές. Αποδεικνύει με πολύ απλό και αξιόπιστο τρόπο τα χαρακτηριστικά αντοχής σε κρούση ενός υλικού που επηρεάζεται, για παράδειγμα, από τη χαμηλή θερμοκρασία. Αυτό είναι βαρύνουσα σημασίας χαρακτηριστικό για την επιλογή του υλικού σε διάφορες εφαρμογές που υπόκεινται σε μεγάλες διακυμάνσεις θερμοκρασίας.

Είναι επίσης χρήσιμο, εφόσον ένας επιστήμονας επιθυμεί να αποδείξει πώς επηρεάζεται η αντοχή σε κρούση ενός υλικού από διαφορετικά είδη κατεργασίας, π.χ. τη σκλήρυνση. Επίσης, με την MT3016 δίνεται η δυνατότητα σε κάθε σπουδαστής να κάνει τις εργαστηριακές του ασκήσεις χωρίς δυσκολία σε συνεργασία με το εκπαιδευμένο προσωπικό του εκάστοτε ιδρύματος.

#### Περιγραφή

Το μηχάνημα διαθέτει βαρύ και σταθερό στήριγμα από χυτοσίδηρο με οπές για προσάρτηση του σε πάγκο. Η βάση αποτελείται από δύο εύκαμπτες χαλύβδινες, στιβαρές ράβδους. Το εκκρεμές τοποθετείται σε ρουλεμάν και είναι ισορροπημένο με ακρίβεια ανάμεσα στις δυο ράβδους ενώ τα στηρίγματα του τεμαχίου δοκιμής είναι τοποθετημένα σε σταθερή θέση. Η απόσταση μεταξύ των στηριγμάτων μπορεί εύκολα να προσαρμοστεί ανάλογα με τις διαστάσεις του πειραματικού δοκιμίου ενώ η κλίμακα βαθμολογείται σε Joules και δείχνει άμεσα την ενέργεια που απαιτείται για να σπάσει το δόκιμο κομμάτι. Το εκκρεμές φρενάρει με φρένο τριβής.



Εικόνα 20: MT3016 Impact Tester για δοκιμή κρούσης



## 4.2 Imada Force Measurement για τον εφελκυσμό και την κάμψη

### 4.2.1 Μετρητές δύναμης

Η μηχανή Imada Force Measurement προσφέρει τόσο μηχανικά όσο και ψηφιακά όργανα μέτρησης δύναμης ικανά για τις ακριβείς μετρήσεις που απαιτούνται για τον προσδιορισμό της ποιότητας, της αντοχής ή της λειτουργικότητας ενός εξαρτήματος ή προϊόντος. Οι μετρητές δύναμης Imada μετρούν τις δυνάμεις εφελκυσμού και κάμψης.

### 4.2.2 Μηχανικοί μετρητές δύναμης

Τα μηχανικά όργανα μέτρησης δύναμης προσφέρουν απλή και αποτελεσματική δοκιμή με το χέρι ή σε συνδυασμό με χειροκίνητες δοκιμαστικές βάσεις και λαβές. Τα μηχανικά όργανα μέτρησης προσβλέπουν σε χαμηλές τιμές έως 150 lbf, υψηλές τιμές έως 500 lbf και συμπαγή μοντέλα με χωρητικότητα μέχρι 50 lbf.

### 4.2.3 Ψηφιακοί μετρητές δύναμης

Τα ψηφιακά όργανα μέτρησης δύναμης διαθέτουν δείκτες «Go / NoGo», επιλέξιμες μονάδες: lbf, kgf και N, κυμαίνονται έως 1-100 lbf, προγραμματιζόμενα ανώτερα ή κατώτερα όρια ρύθμισης και έξοδος δεδομένων σε USB, RS232, Digimatic και σε αναλογικές μορφές. Τα δεδομένα αιχμής και συνεχούς δύναμης μπορούν να συλλεχθούν και να αναλυθούν με προαιρετικό λογισμικό απόκτησης δεδομένων.



Εικόνα 21: Imada Force Measurement για δοκιμή εφελκυσμού και κάμψης τριών σημείων



#### **4.2.4 Χειροκίνητες δοκιμές**

Οι δοκιμαστικές βάσεις τους μοχλούς προς τα κάτω και ελέγχουν αν πρόκειται για εφελκυσμό ή θλίψη. Οι δοκιμαστικές βάσεις που κινούνται με τροχούς διαθέτουν πιο ακριβή έλεγχο κίνησης και ακριβή τοποθέτηση. Οι μετρητές απόστασης επιτρέπουν τη συλλογή δεδομένων δύναμης και μετατόπισης.

#### **4.2.5 Μηχανοκίνητες δοκιμών**

Οι δοκιμαστικές βάσεις με μοτέρ διαθέτουν ψηφιακό έλεγχο ταχύτητας και κίνησης και μη-καταστρεπτικές δυνατότητες έλεγχου της δύναμης. Οι εσωτερικοί και εξωτερικοί μετρητές απόστασης επιτρέπουν τη συλλογή δεδομένων τόσο για τη δύναμη όσο και για τη μετατόπιση.

#### **4.2.6 Ανάκτηση δεδομένων δύναμης**

Ορισμένοι ψηφιακοί μετρητές της Imada περιλαμβάνουν βασικό λογισμικό απόκτησης δεδομένων. Το προαιρετικό λογισμικό απόκτησης δεδομένων καταγράφει δεδομένα αιχμής ή συνεχούς δύναμης και παράγει αυτόματα διαγράμματα μέτρησης δύναμης με στατιστικά στοιχεία.

#### **4.2.7 Συνημμένα**

Τα τυποποιημένα εξαρτήματα και η ποικιλία των πινάκων συμπίεσης, των δαγκάνων, των λαβών, των ανοιγμάτων και άλλων εξειδικευμένων εξαρτημάτων διευκολύνουν τη διαδικασία του εφελκυσμού, της θλίψης, ή της κάμψης με τα απαραίτητα εξαρτήματα. Η Imada είναι πιστοποιημένη σύμφωνα με το πρότυπο ISO 9001 και κάθε βαθμονομητής έχει βαθμονομηθεί στο διαπιστευμένο εργαστήριο ISO / IEC 17025.

### 4.3 Μηχανή Α.Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ για Θλίψη

Η μηχανή αυτή κατασκευάστηκε στο Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης για το τμήμα των μηχανολόγων μηχανικών στα πλαίσια πτυχιακής εργασίας τη δεκαετία του 90' προκειμένου δοθεί η δυνατότητα στους σπουδαστές αλλά και στο έμπειρο εκπαιδευτικό προσωπικό να λάβουν χώρα πειράματα εφελκυσμού ή θλίψης στο εργαστήριο ΕΜΤΤU του Α.Τ.Ε.Ι Κρήτης. Στην παρούσα πτυχιακή παρουσιάζεται η μηχανή σε λειτουργία και σε διάταξη θλίψης καθώς την περίοδο της συγγραφής της παρούσας πτυχιακής η συμφοιτήτρια μου Μάρω Κολοτούρου πραγματοποίησε μετρήσεις και πειράματα.



Εικόνα 22 : Μηχανή σε διάταξη θλίψης Α.Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ

## 5. Κατασκευαστικό μέρος - Περιγραφή της διαδικασίας σχεδίασης των μηχανών

### 5.1 Σχεδιασμός μηχανών μηχανικών δοκιμασιών

Προκειμένου να δημιουργηθεί το μοντέλο των σχεδίων των μηχανών χρειάστηκε να χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα Creo Parametrics 3.0, όπου ανήκει στην εταιρεία PTC.

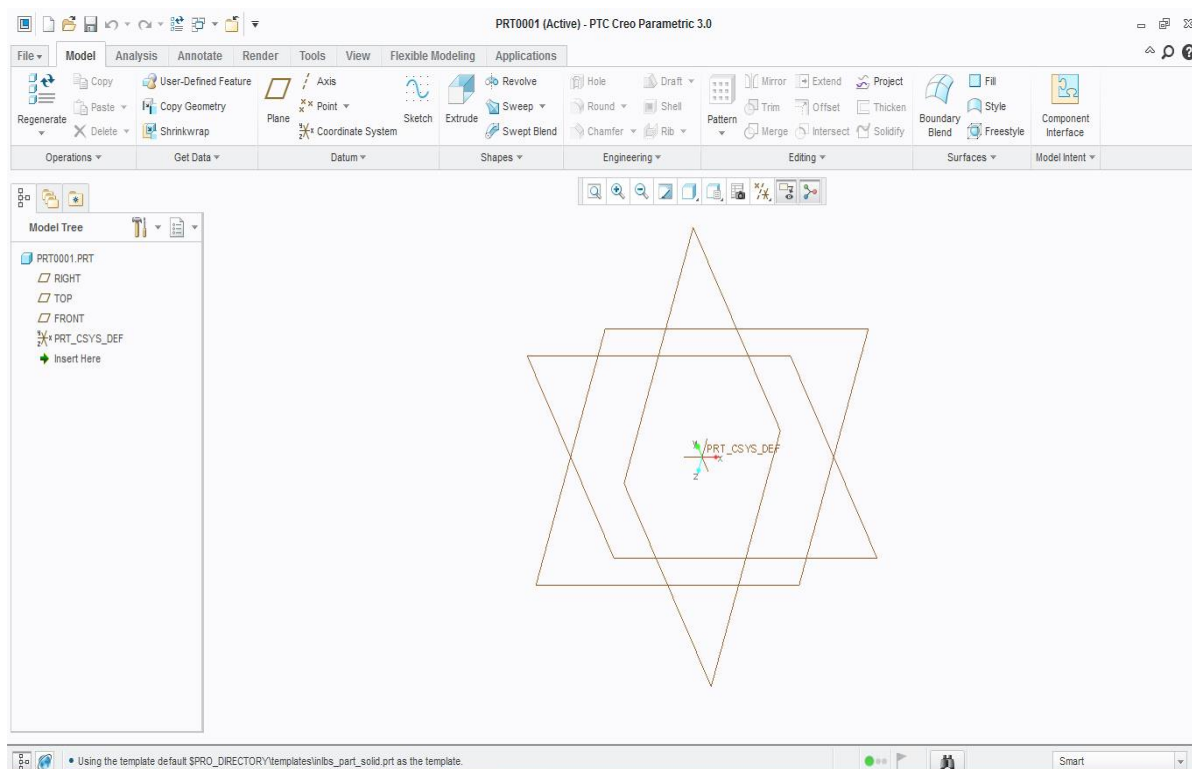
Το Creo Parametrics 3.0 χρησιμοποιεί τον τρισδιάστατο πυρήνα παραμετρικής στερεάς μοντελοποίησης, ο οποίος δίνει ακριβείς αναπαραστάσεις της γεωμετρίας και της μάζας. Έχει τη δυνατότητα πλήρους ανάλυσης του προϊόντος με ακριβή αποτελέσματα, όσον αφορά την κατεργασία, τις μηχανικές αντοχές και πολλούς ακόμη υπολογισμούς.

Το Creo Parametrics 3.0 έχει τη δυνατότητα:

- Τρισδιάστατης παραμετρικής μοντελοποίησης χρησιμοποιώντας Features (Part)
- Συναρμολόγησης των προϊόντων που έχουν ήδη σχεδιαστεί (Assembly)
- Δημιουργία ολοκληρωμένων μηχανολογικών σχεδίων (Drawings)
- Δημιουργία αρχείων προσομοίωσης και δυνατότητα σύνδεσης με εργαλειομηχανή (Manufacturing)
- Δημιουργία αρχείων εικόνας.
- Πλήρους επικοινωνία μεταξύ των τύπων της εργασίας.

Η παραμετρική μοντελοποίηση δίνει στους σχεδιαστές τη δυνατότητα για:

- Γρήγορες εναλλακτικές λύσεις σχεδιασμού. Η ποικιλία των εντολών δίνει τη δυνατότητα να σχεδιαστεί ένα προϊόν με πολλούς διαφορετικούς τρόπους.
- Ακριβής μοντελοποίηση πολύπλοκων γεωμετρικών στερεών. Δίνεται η δυνατότητα δημιουργίας πολύπλοκων καμπυλών, rounds με διαφοροποίηση στην ακτίνακα μπιλότητας.



Εικόνα 23 : Περιβάλλον εργασίας Part Creo Parametrics 3.0.



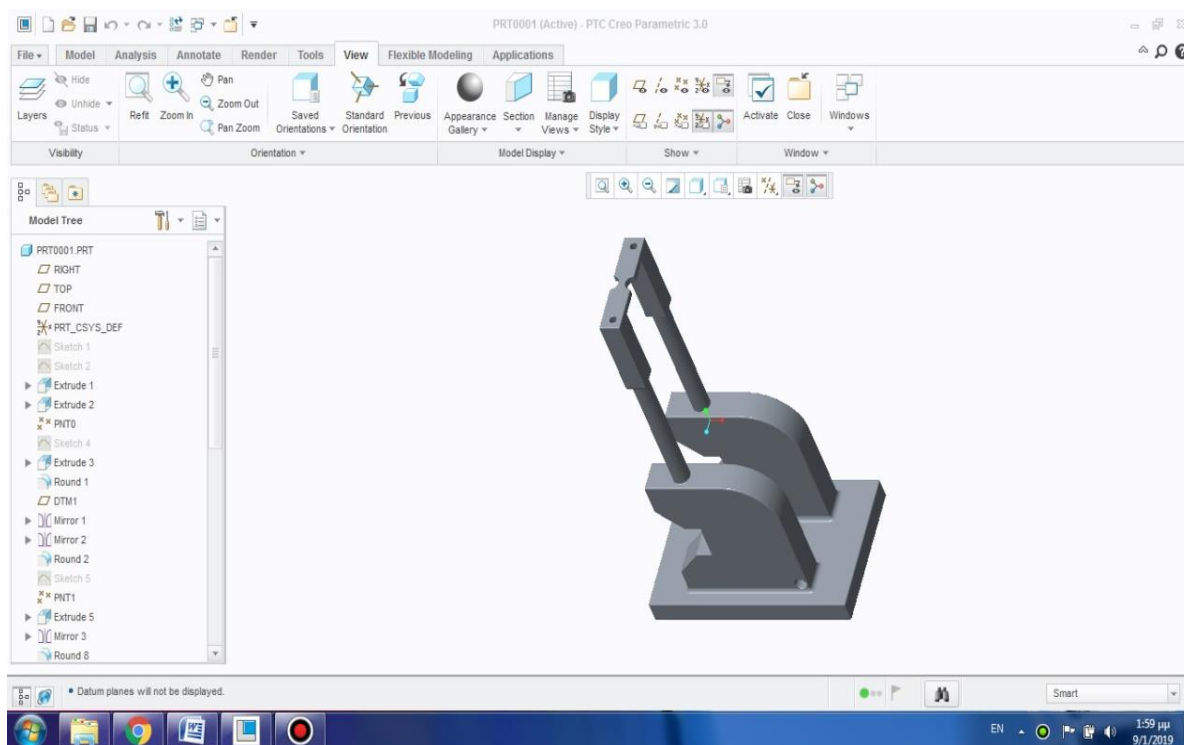
Επίσης δίνεται η δυνατότητα στους σχεδιαστές με τη χρήση του προγράμματος:

- Να συναρμολογούν τα τεμάχια τους. Με αυτό τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα συναρμολόγησης στα υπάρχοντα τεμάχια, τροποποίηση κάθε τεμαχίου χωριστά χωρίς να απαιτείται να δημιουργηθεί η συναρμολόγηση από την αρχή και η δημιουργία νέου τεμαχίου που επιτυγχάνεται από κοπή ή αντιγραφή.
- Να δημιουργούν καινούρια προϊόντα, προσθέτοντας τεμάχιαμέχρι να επιτευχτεί ο σκοπός.
- Να δημιουργούν εναλλακτικές λύσεις σχεδιασμού και μορφής προϊόντος.

## 5.2 Παρουσίαση τρισδιάστατων φωτογραφιών των μηχανών και ανάλυση λοιπών εξαρτημάτων

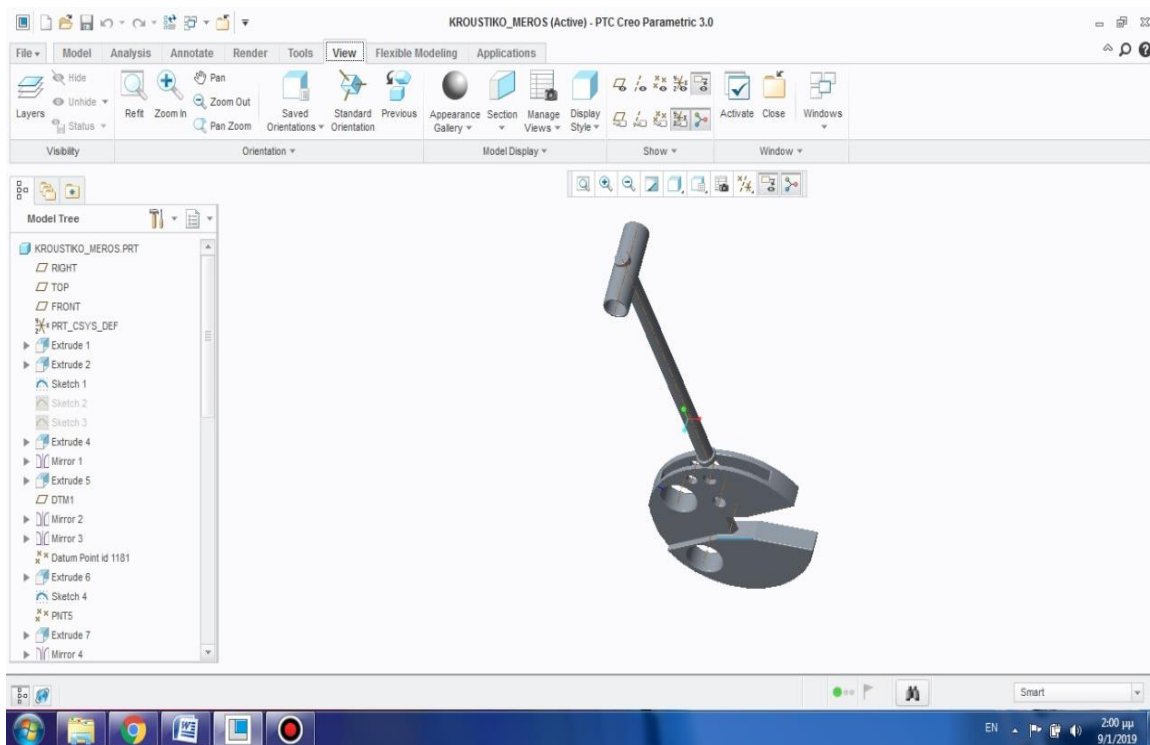
### 5.2.1 Μέρη μηχανής MT 3016 Impact Tester (Charpy)

Η αρχική μελέτη για την σχεδίαση της μηχανής έλαβε χώρα στο εργαστήριο τεχνολογίας υλικών του Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης όπου μετά από πολύωρη μελέτη με τα κατάλληλα όργανα μέτρησης (μέτρο, παχύμετρο, μοιρογνωμόνιο) επιτεύχθηκε η διαστασιολόγηση κάθε εξαρτήματος της μηχανής σε μορφή σκαριφήματος. Μετέπειτα, για το σχεδιασμό και τη συναρμολόγηση της MT 3016 Impact Tester (Charpy) χρειάστηκε να δημιουργηθούν δέκα (10) διαφορετικά εξαρτήματα στην ενότητα Part στο πρόγραμμα Creo Parametrics 3.0.



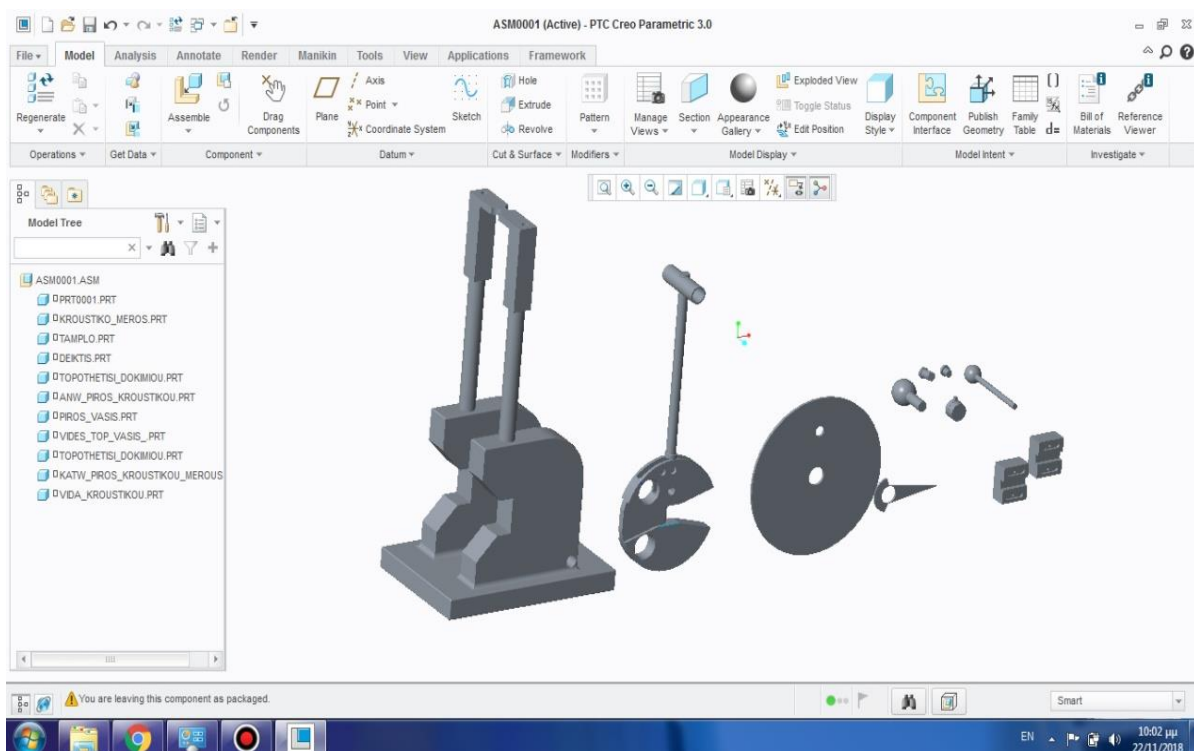
Εικόνα 24: Δημιουργία κύριου μέρους - βάσης μηχανής Charpy

Το πρώτο και βασικό εξάρτημα της μηχανής Charpy σχεδιάστηκε με ορισμένες εντολές όπως η «extrude», «mirror» ή «line» όπως φαίνεται στο «model tree» του αρχείου. Επίσης, όπως είναι διακριτό από το σχέδιο του κύριου μέρους της μηχανής είναι αναγκαία η χρήση της εντολής «round» προκειμένου να επιτευχθεί η ακτίνακα μπυλότητας του νεύρου στήριξης.



Εικόνα 25: Δημιουργία κρουστικού μέρους μηχανής Charpy

Στη συνέχεια για να υλοποιηθεί η σφύρα που θα σπάει το δοκίμιο, με την εντολή «extrude» από το παράθυρο «model» του προγράμματος κατασκευάστηκε το κύριο μέρος του κρουστικού εξαρτήματος. Αξίζει να σημειωθεί ότι για το εξάρτημα χρησιμοποιήθηκε και η εντολή «hole» προκειμένου να υλοποιηθούν διαμπερείς οπές στο σφαιρικό μέρος όπως επίσης αναγκαία ήταν και η δημιουργία ενός νέου «datum plane» για τη δημιουργία νέου επιπέδου προκειμένου να αφαιρεθεί υλικό από το ακτινικό μέρος.

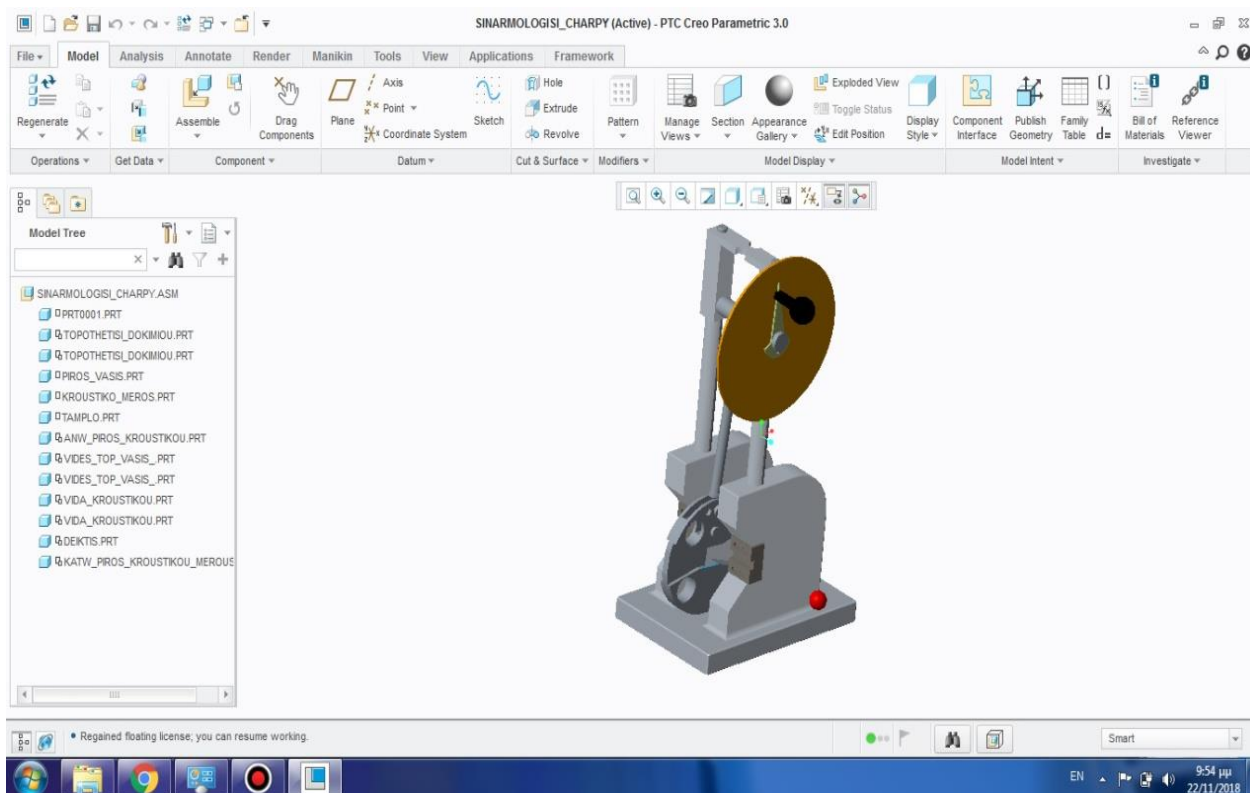


Εικόνα 26 : Αναλυτική παρουσίαση των εξαρτημάτων της μηχανής Charpy



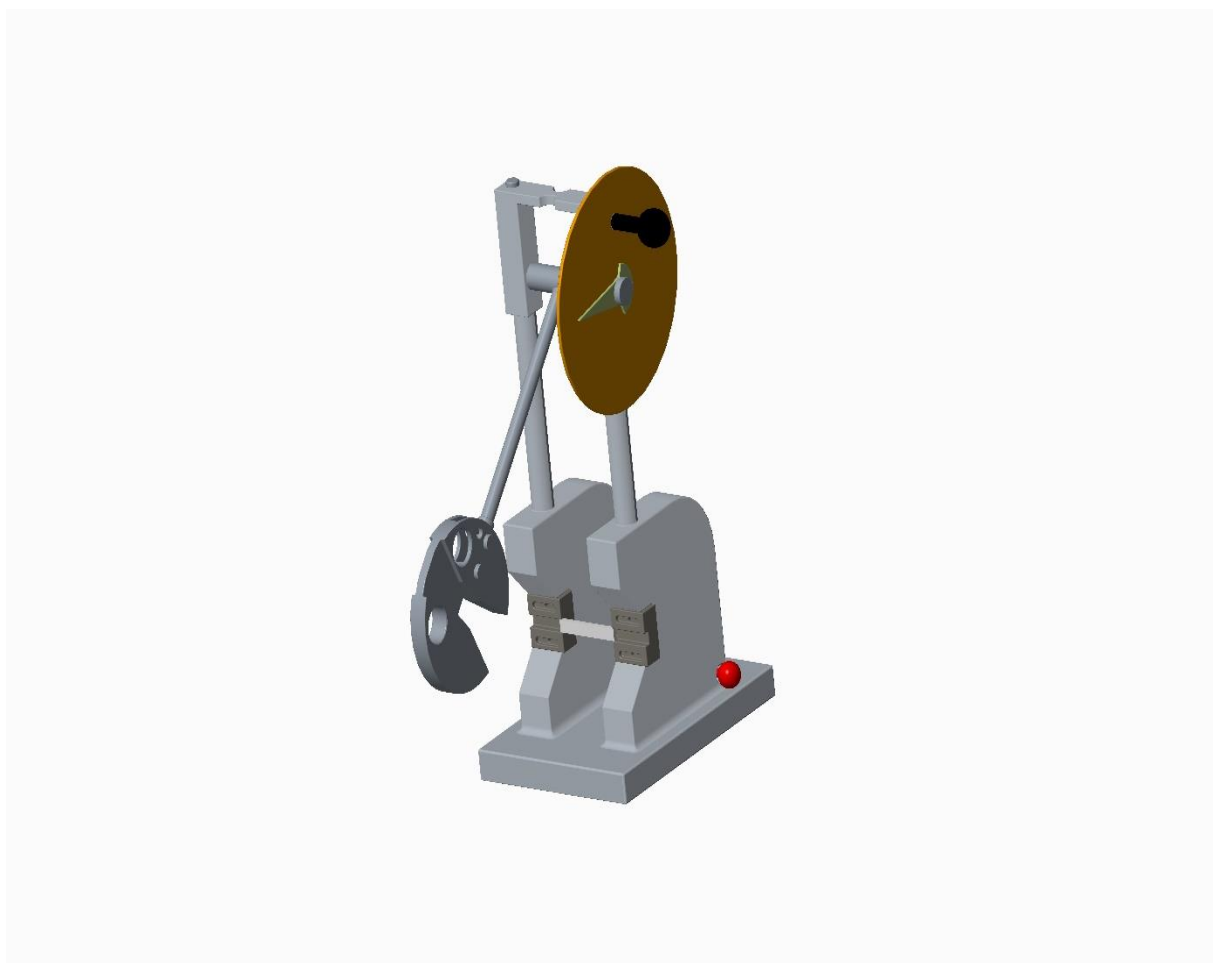
Στην παραπάνω εικόνα είναι εμφανή όλα τα τεμάχια της μηχανής Charpy MT 3016. Πιο αναλυτικά αυτά είναι:

- Βάση στήριξης μηχανής (1)
- Κρουστικό μέρος μηχανής ή σφύρα (1)
- Πίνακας μέτρησης δύναμης σε Nt (1)
- Δείκτης ένδειξης δύναμης (1)
- Πλαστικά τοποθέτησης δοκιμίου (2)
- Άνω πύρος συγκράτησης πίνακα με βάση (1)
- Πύρος βάσης ασφαλείας (1)
- Βίδες στήριξης στην κορυφή της βάσης (2)
- Πύρος συγκράτησης δείκτη – ταμπλό – βάσης (1)
- Βίδα κρουστικού μέρους (2)



Εικόνα 27 : Τελική συναρμολόγηση των εξαρτημάτων χωρίς δοκίμιο – τελικό αποτέλεσμα





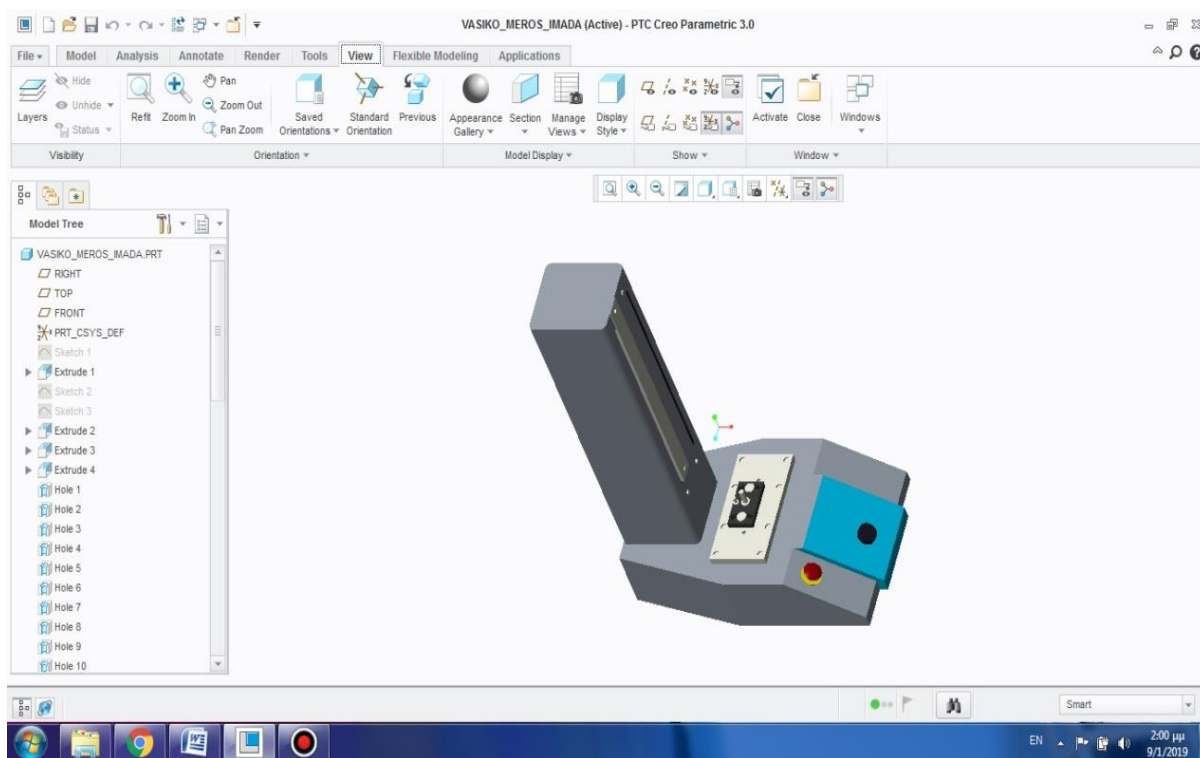
Εικόνα 28: Συναρμολόγηση MT Charpy 3016 με δοκίμιο

Για τη συναρμολόγηση της μηχανής επιλέχτηκε από το αρχικό μενού του Creo Parametrics 3.0 η επιλογή «assembly» από το μενού «type» της εντολής «new». Για παράδειγμα, για την συναρμολόγηση του κυρίου μέρους με το κρουστικό μέρος θα πρέπει η επιφάνεια του ενός εξαρτήματος να εφάπτεται σωστά με την επιφάνεια του άλλου όπως φαίνεται στη φωτογραφία. Κάτι τέτοιο επιτυγχάνεται στο μενού «component placement» με τον τρόπο «coincident».

Επίσης, σημειώνεται ότι σε κυλινδρικές επιφάνειες και σε οπές προτιμάται η χρήση «coincident» μεταξύ των δυο αξόνων που πρέπει να συναρμολογηθούν, τέτοια παραδείγματα είναι η τοποθέτηση ενός πύρου ή μιας βίδας σε μια οπή.

## 5.2.2 Μέρη μηχανής Imada Force Measurement

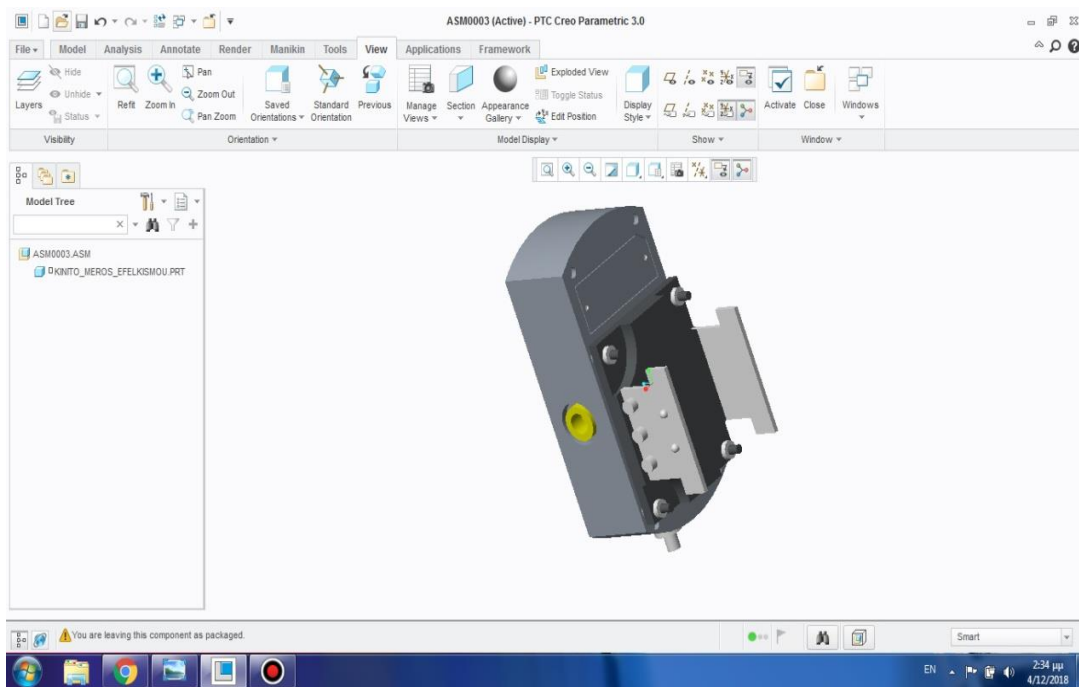
Για την μελέτη κατασκευής της μηχανής Imada Force Measurement αναγκαία ήταν η παρουσία στο εργαστήριο EMTTU του Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης του τμήματος μηχανολόγων μηχανικών Τ.Ε. για την ακριβή μέτρηση και διαστασιολόγηση κάθε εξαρτήματος της μηχανής. Η μέτρηση έγινε με παρόμοια κριτήρια όπως και για τη μηχανή Charpy MT 3016, χρησιμοποιήθηκαν, δηλαδή, γεωμετρικά όργανα προκειμένου να αποτυπωθεί σε σκαρίφημα το σχήμα της μηχανής και η ορθή διαστασιολόγηση.



Εικόνα 29 : Σχεδιασμός στιβαρού μέρους μηχανής Imada Force Measurement – Βάση μηχανής

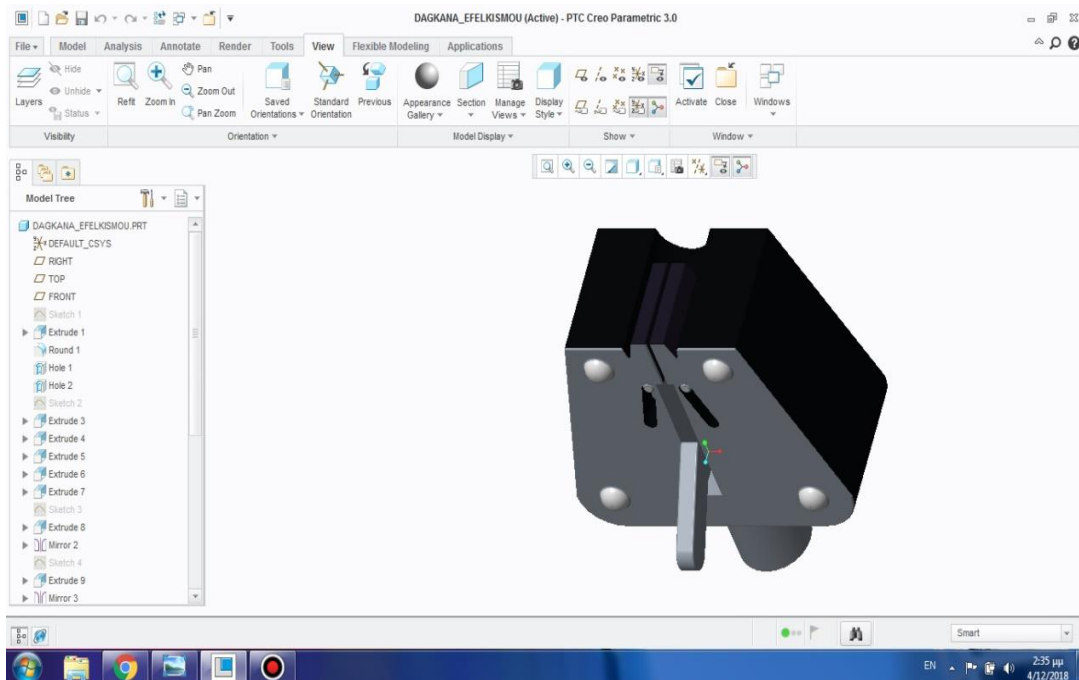
Όπως είναι εμφανές, για το σχεδιασμό της βάσης της μηχανής χρησιμοποιήθηκαν διάφορες εντολές από το μενού «model» του προγράμματος Creo Parametric 3.0 όπως επίσης διάφορα εξαρτήματα έχουν σχεδιαστεί μαζί με τη βάση (Emergency button, ποτενσιόμετρο, βάση στήριξης δαγκάνας) προκειμένου να μειωθεί ο χρόνος σχεδιασμού και συναρμολόγησης των τελικών εξαρτημάτων.

Με την εντολή «extrude» σχεδιάστηκε ο τρισδιάστατος όγκος της μηχανής και με την εντολή «hole» δημιουργήθηκαν οπές στη βάση στήριξης της δαγκάνας εφελκυσμού. Επίσης σε αυτή τη μηχανή χρησιμοποιήθηκε η εντολή «round» από το μενού «model» προκειμένου να δημιουργηθούν καμπύλες επιφάνειες όπου ήταν αναγκαίο όπως και στη μηχανή Charpy MT 3016. Επιπρόσθετα, από το μενού «render» και την εντολή «appearance gallery» μπορεί να επιλεγεί το υλικό κατασκευής του κάθε εξαρτήματος αλλά και να δοθεί την επιθυμητή χρωματική απόχρωση όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 30: Σχεδιασμός κινητού μέρους μηχανής Imada Force Measurement – Οργάνου μέτρησης δύναμης σε Νt

Για το σχεδιασμό του κινητού μέρους που δείχνει το μέγεθος της δύναμης που δρα στο δοκίμιο ήταν αναγκαία η αναλυτική μέτρηση της μηχανής σε κάθε επιφάνεια και σε ο λεπτομερής σχεδιασμός με όλα τα μέρη λόγω της πολυπλοκότητας του εξαρτήματος. Στο συγκεκριμένο μέρος χρησιμοποιήθηκε κατά κόρον η εντολή «extrude» για τον όγκο του εξαρτήματος, επίσης η εντολή «hole» προκειμένου να ανοιχτούν διάφορες οπές σε διαφορετικές επιφάνειες. Επιπρόσθετα, με την εντολή «mirror» σχεδιάστηκαν οι στηρίξεις αλλά και οι οπές σε ίση απόσταση από τον κεντρικό άξονα.



Εικόνα 31: Δάγκανα εφελκυσμού μηχανής Imada Force Measurement

Τέλος, προκειμένου να σχεδιαστεί η δάγκανα εφελκυσμού της μηχανής Imada Force Measurement χρησιμοποιήθηκε από το μενού «model» η εντολή «extrude» για την τρισδιάστατη απεικόνιση του

σχήματος και στη συνέχεια με τις εντολές «round», «mirror» και τη δημιουργία ενός νέου πλάνου με την εντολή «datum plane» δόθηκε η τελική μορφή του εξαρτήματος με βάση τα σχέδια.



Εικόνα 32: Συναρμολόγηση με δοκίμιο Imada Force Measurement

Για τη συναρμολόγηση της Imada Force Measurement επιλέχτηκε από το αρχικό μενού του Creo Parametrics 3.0 η επιλογή «assembly» από το μενού «type» της εντολής «new» ακολουθώντας τη διαδικασία που περιγράφηκε νωρίτερα.

Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι για τον σχεδιασμό και την τελική συναρμολόγηση της μηχανής χρειάστηκε η μελέτη και ο σχεδιασμός του δοκιμίου σύμφωνα με την προτυποποίηση ISO.

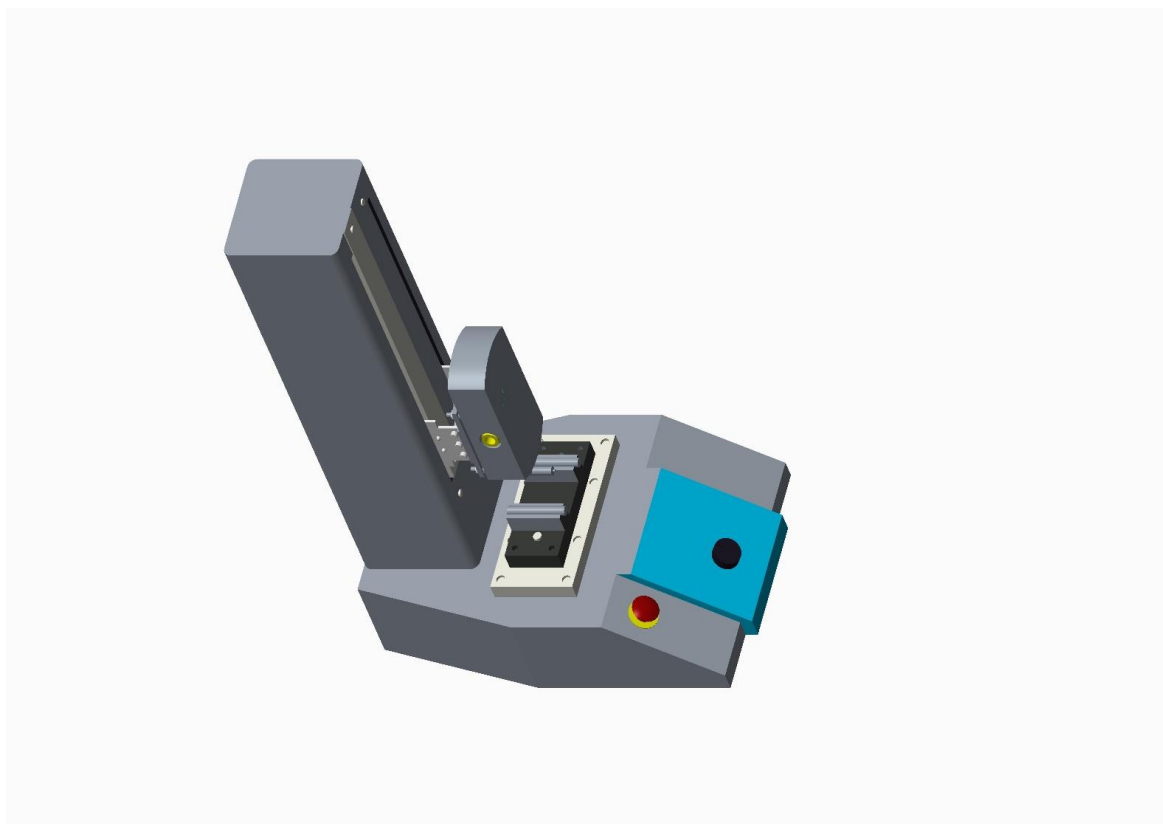


Εικόνα 33: Συναρμολόγηση Imada Force Measurement χωρίς δοκίμιο



Εικόνα 34: Μηχανή Imada Force Measurement σε διάταξη κάμψης με δοκίμιο

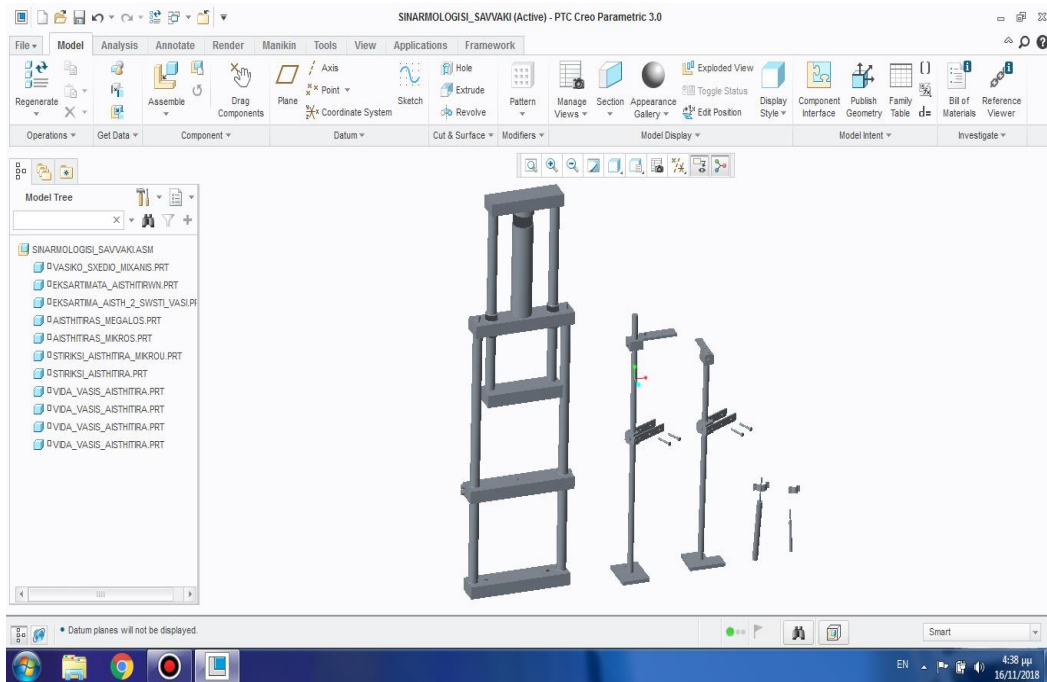
Επίσης, στα πρόθυρα της σχεδίασης της μηχανής Imada Force Measurement αναγκαίως κρίθηκε ο σχεδιασμός σε διάταξη κάμψης που όπως αποτυπώνεται στην παραπάνω φωτογραφία υπάρχουν ορισμένες διαφορές στο κινητό μέρος ενώ είναι εμφανής η απουσία δαγκάνας. Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό η δύναμη ασκείται σε 3 σημεία επάνω και κάτω απο την επιφάνεια του δοκιμίου.



Εικόνα 35: Μηχανή Imada Force Measurement σε διάταξη κάμψης χωρίς δοκίμιο

### 5.2.3 Μέρη μηχανής σε διάταξη θλίψης / Α.Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ

Για την μελέτη κατασκευής της μηχανής σε διάταξη θλίψης αναγκαία ήταν η παρουσία στο εργαστήριο ΕΜΤΤU του Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης του τμήματος μηχανολόγων μηχανικών Τ.Ε. για την ακριβή μέτρηση και διαστασιολόγηση κάθε εξαρτήματος της μηχανής. Η μέτρηση έγινε με παρόμοια κριτήρια όπως για τη μηχανή Imada Force Measurement αλλά και για τη μηχανή Charpy MT 3016, χρησιμοποιήθηκαν, δηλαδή, γεωμετρικά όργανα προκειμένου να αποτυπωθεί σε σκαρίφημα το σχήμα της μηχανής και η ορθή διαστασιολόγηση.



Εικόνα 36: Παρουσίαση εξαρτημάτων μηχανής Α.Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ

Όπως είναι εμφανές από το «model tree» του λογισμικού Creo Parametrics 3.0 η μηχανή αποτελείται από επτά (7) κύρια μέρη τα οποία αναλύονται παρακάτω:

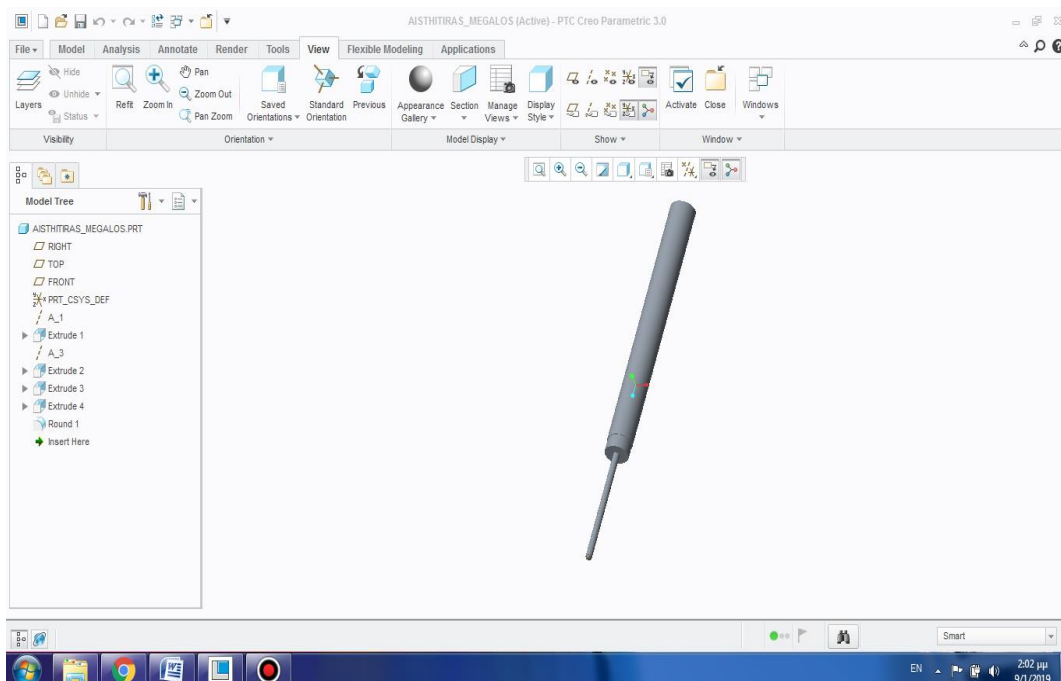
- Βάση από χάλυβα μηχανής (1)
- Στήριγμα μεγάλου αισθητήρα (1)
- Στήριγμα μικρού αισθητήρα (1)
- Μεγάλος αισθητήρας (1)
- Μικρός αισθητήρας (1)
- Βίδα στηρίγματος (4)
- Συγκράτηση αισθητήρα (2)





Εικόνα 37: Μηχανή συναρμολογημένη από το Α.Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ

Με την εντολή «extrude» σχεδιάστηκε ο τρισδιάστατος όγκος της μηχανής. Επίσης σε αυτή τη μηχανή χρησιμοποιήθηκε η εντολή «round» από το μενού «model» προκειμένου να δημιουργηθούν καμπύλες επιφάνειες όπου ήταν αναγκαίο όπως και στις άλλες δυο μηχανές (Imada Force Measurement, Charpy MT 3016). Επιπρόσθετα, από το μενού «render» και την εντολή «appearance gallery» μπορεί να επιλέγει το υλικό κατασκευής του κάθε εξαρτήματος, όπου στην προκειμένη περίπτωση αυτό είναι χάλυβας αλλά και να δοθεί την επιθυμητή χρωματική απόχρωση.



Εικόνα 38: Μικρός αισθητήρας μέτρησης μηχανής Α.Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ



*Εικόνα 39: Συναρμολόγηση μηχανής με δοκίμιο*

Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται η μηχανή του Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης συναρμολογούμενη με εφαρμοσμένο δοκίμιο στην θέση του κι ένα τεχνητό στήριγμα συγκράτησης της κάτω επιφάνειας του δοκιμίου αποτελούμενο από έναν κύβο κι έναν κύλινδρο χάλυβα. Η διαδικασία για την συναρμολόγηση της μηχανής μαζί με το δοκίμιο είναι παρόμοια με αυτή που ακολουθήθηκε για τη συναρμολόγηση των άλλων δυο μηχανών.



## 5.3 Αρχή λειτουργίας μηχανών MT3016 Charpy και Imada Force Measurement – 3D Animation

### 5.3.1 Animation - Τύποι Animation

Με τον όρο «Animation» περιγράφεται η επαναλαμβανόμενα συνεχόμενη ταχεία προβολή σειρών από εικόνες, σκίτσα, φωτογραφίες ή στιγμιότυπα αντικειμένων, οι οποίες εναλλάσσονται με ταχύτητα δίνοντας στο θεατή την ψευδαίσθηση ότι τα αντικείμενα της εικόνας κινούνται. Αυτή η οπτική οφθαλμαπάτη - ψευδαίσθηση που συμβαίνει οφείλεται στην ιδιότητα που έχει ο ανθρώπινος εγκέφαλος να διατηρεί "ζωντανή" στη μνήμη του για 1/12 του δευτερολέπτου καθετί που οπτικά αντιλαμβάνεται διατηρώντας έτσι την αίσθηση της συνέχειας και της εξέλιξης των όσων βλέπει.

Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται μεταίσθημα ή μετείκασμα και αποτελεί τη βάση του κινηματογράφου ιδίως στις ταινίες κινουμένων σχεδίων. Σε υλοποιήσεις animation σε χώρους τριών διαστάσεων λαμβάνεται υπόψη η τρίτη διάσταση του βάθους πεδίου, δηλαδή η παράμετρος της μετατόπισης στο χώρο, σε αντίθεση με τα 2D μοντέλα, όπου λαμβάνονται υπόψη μόνο οι παράμετροι του χρόνου και της μετατόπισης στο επίπεδο. Προκειμένου να παραχθούν τρισδιάστατα ρεαλιστικά εικονικά περιβάλλοντα απαραίτητος είναι ο σχεδιασμός μοντέλων.

#### 5.3.1.1 Animation τριών διαστάσεων (3D animation)

Τα τρισδιάστατα μοντέλα πρέπει να δημιουργηθούν και να τοποθετηθούν μέσα σε κάποιο σκηνικό συμπληρώνοντας όλες τις λεπτομέρειες όπως, η θέση της κάμερας, τα ειδικά εφέ, τα χρώματα του κάθε εξαρτήματος, η σκίαση. Το τελικό αποτέλεσμα είναι σε μία πλατφόρμα τρισδιάστατη με εικόνες με βάθος, φως, σκίαση και πολλαπλή προοπτική.

Με τη βοήθεια διαφόρων λογισμικών στην αγορά για τη δημιουργία τρισδιάστατων εικόνων, που κυμαίνονται από τα φτηνότερα ως τα πιο επαγγελματικά, ο δημιουργός έχει το πλεονέκτημα ότι με 3D Animation μπορεί να κάνει ευκολότερα τις αλλαγές που χρειάζονται, να χρησιμοποιήσει μία μεγάλη γκάμα οπτικής τεχνοτροπίας και βεβαίως να περιορίσει τις εργατώρες.

Ενώ στα δισδιάστατα κινούμενα σχέδια η ζωγραφιά ή η κίνηση γίνεται σε επίπεδη επιφάνεια με οριζόντιες και κάθετες γραμμές, στα τρισδιάστατα το εικονικό περιβάλλον ελέγχεται από τον υπολογιστή και τον προγραμματιστή.

Το Animation δίνει ζωντάνια στο υλικό κάθε εφαρμογής πολυμέσων.

Χρησιμοποιείται για να:

- προσομοιώσει και να αναπαραστήσει έννοιες, γεγονότα ή καταστάσεις
- δημιουργήσει την αίσθηση της χρονικής αλληλουχίας
- δοθεί έμφαση και να προκληθεί η προσοχή των χρηστών σε κάποιο θέμα
- δημιουργηθεί η οπτική εναλλαγή (transition) από θέμα σε θέμα.

Γενικότερα η δημιουργία 3D Animation χωρίζεται σε τρία βασικά στάδια:

- **Μοντελοποίηση**

Είναι η διαδικασία κατά την οποία αναπτύσσεται μια μαθηματική εκπροσώπηση κάθε τρισδιάστατης επιφάνειας άψυχων ή έμψυχων αντικειμένων μέσω εξειδικευμένου λογισμικού παράγοντας ένα 3D μοντέλο. Τα 3D μοντέλα αντιπροσωπεύουν ένα επίσης 3D αντικείμενο χρησιμοποιώντας μια συλλογή σημείων & άλλων πληροφοριών, στο τρισδιάστατο χώρο, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με διάφορες γεωμετρικές οντότητες όπως τρίγωνα, ευθύγραμμα τμήματα, καμπύλες, κλπ. Τα μοντέλα μπορούν να δημιουργηθούν είτε χειροκίνητα είτε με αλγοριθμικές διαδικασίες (procedural modeling) ή μέσω σάρωσης (model scanning).



- **Απόδοση σχεδιοκίνησης**

Οι βασικές μέθοδοι εδώ είναι τρεις σε αριθμό:

- Η μέθοδος key frames (σημαντικών καρτέ): Χρησιμοποιείται στα περισσότερα προγράμματα κατασκευής 3D. Τα μοντέλα τοποθετούνται σε σημαντικά χρονικά σημεία σε συγκεκριμένες θέσεις του κόσμου και το πρόγραμμα αναλαμβάνει να συμπληρώσει τα ενδιάμεσα καρτέ βάσει της τροχιάς της κίνησης που έχει οριστεί.
- Η μέθοδος παραμετρικών key frames: Έχει την ίδια λογική με την προηγούμενη μέθοδο μόνο που εδώ η κάθε οντότητα (αντικείμενο, κάμερα, φως) χαρακτηρίζεται από παραμέτρους.
- Η μέθοδος του διαδικαστικού (procedural) animation: Είναι μια αλγοριθμική μέθοδος στην οποία χρησιμοποιούνται χωρικές και χρονικές μετατροπές (περιστροφή, μετακίνηση κλπ), οι οποίες καθορίζονται από παραμέτρους (π.χ. γωνία περιστροφής) οι οποίες μπορούν να αλλάξουν κατά τη διάρκεια του Animation.

Γενικότερα έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές τρισδιάστατης σχεδιοκίνησης όπως:

- Η κινηματική (kinematics), η οποία αφορά τις ιδιότητες των αντικειμένων όπως τη θέση, την ταχύτητα και την επιτάχυνση. Σε περιπτώσεις όπου το αντικείμενο είναι τεμαχισμένο σε περισσότερα κομμάτια τότε τα κομμάτια αυτά συνδέονται μεταξύ τους δημιουργώντας μια δενδρική ιεραρχία.
- Η δυναμική (dynamic), η οποία είναι αυτή που θα δώσει στο αντικείμενο τις φυσικές του ιδιότητες λαμβάνοντας της υπόψη τους νόμους της φυσικής και προσθέτοντας στην κίνηση του αντικειμένου χαρακτηριστικά ρεαλιστικότητας. Εδώ λαμβάνονται υπόψη στοιχεία όπως το υλικό, το βάρος, το μέγεθος, η πυκνότητα κλπ.

- **Απόδοση (Render)**

Η φωτορεαλιστική απεικόνιση (Rendering) είναι η διαδικασία ρεαλιστικής απόδοσης των χαρακτηριστικών ενός μοντέλου με τη χρήση χρωμάτων, υφών, φωτισμού και σκιάσεων. Ο απαιτούμενος χρόνος ολοκλήρωσης του μοντέλου αυξάνεται όσο αυξάνεται και η περιπλοκότητα του.

Το πρόγραμμα που είναι υπεύθυνο για να παράγει την τελική φωτορεαλιστικά απεικονισμένη σκηνή ονομάζεται renderer. Η διαδικασία παραγωγής της τελικής φωτορεαλιστικής απεικονισμένης σκηνής αποτελεί μια αρκετά σύνθετη διαδικασία μιας και οι παράμετροι που πρέπει να ληφθούν υπόψη προκειμένου να παραχθεί ένα ικανοποιητικό αποτέλεσμα που να προσεγγίζει αρκετά ρεαλιστικά την πραγματικότητα είναι πολλές.

Η διαδικασία της φωτορεαλιστικής απεικόνισης μπορεί να διαρκέσει κλάσματα του δευτερολέπτου ως και μία ολόκληρη μέρα προκειμένου να παραχθεί μία ενιαία εικόνα ανά καρτέ. Τα τρισδιάστατα μοντέλα πρέπει να δημιουργηθούν και να τοποθετηθούν μέσα σε κάποιο σκηνικό συμπληρώνοντας όλες τις λεπτομέρειες όπως ο ρουχισμός των ηρώων και η φωνή τους, η μουσική υπόκρουση, η θέση της κάμερας, τα ειδικά εφέ. Το τελικό αποτέλεσμα είναι σε μία πλατφόρμα τρισδιάστατη με εικόνες με βάθος, φως και σκίαση και πολλαπλή προοπτική.

Με τη βοήθεια διαφόρων λογισμικών στην αγορά για τη δημιουργία τρισδιάστατων εικόνων, που κυμαίνονται από τα φθηνότερα ως τα πιο επαγγελματικά, ο δημιουργός έχει το πλεονέκτημα ότι με 3D Animation μπορεί να κάνει ευκολότερα τις αλλαγές που χρειάζονται, να χρησιμοποιήσει μία μεγάλη γκάμα οπτικής τεχνοτροπίας και βεβαίως να περιορίσει τις εργατικές ώρες. Ενώ στα δισδιάστατα κινούμενα σχέδια η "ζωγραφιά" ή η κίνηση γίνεται σε επίπεδη επιφάνεια με οριζόντιες και κάθετες γραμμές, στα τρισδιάστατα το εικονικό περιβάλλον ελέγχεται από τον υπολογιστή και το αποτέλεσμα είναι εφικτό με την προϋπόθεση ότι ο προγραμματιστής δώσει τις σωστές εντολές στο πρόγραμμά του.



Στα πλαίσια της εκπόνησης της παρούσας πτυχιακής εργασίας ήταν αναγκαία και η δημιουργία των αρχών λειτουργίας των δυο μηχανών. Αυτό σημαίνει ότι μέσω ενός αρχείου .mpg το οποίο εξάγεται από μια σειρά εικόνων - στιγμιότυπων από το Creo Parametrics 3.0 είναι εφικτή η θέαση της λειτουργίας των δυο μηχανών ή αλλιώς το 3D Animation.



### 5.3.2 Περιγραφή διαδικασίας – 3D Animation Imada Force Measurement

Στην παρακάτω παράγραφο περιγράφεται η διαδικασία με την οποία μετράτρεπεται η τελική σχεδίαση και η συναρμολόγηση της μηχανής με ή χωρίς δοκίμιο σε τρισδιάστατη κίνηση χρησιμοποιώντας αποκλειστικά το πρόγραμμα Creo Parametrics 3.0. Λόγω της πολυπλοκότητας στη διαδικασία για την τρισδιάστατη απεικόνιση, επιλέχθηκε η παρακάτω μέθοδος για τη δημιουργία του βίντεο. Ωστόσο είναι εφικτή η συναρμολόγηση της Imada Force Measurement για 3D Animation, μέσω της εντολής «mechanism» εφαρμόζοντας έναν μηχανισμό κύλισης του εδράνου με τη δαγκάνα, διαφοροποιώντας την ενότητα συναρμολόγησης «pin» σε ενότητα «slider», όπως φαίνεται στη διαδικασία για την MT 3016 Charpy καθώς πρόκειται για δυο επιφάνειες που εφάπτονται η μια πάνω στην άλλη με επικείμενη ολίσθηση.

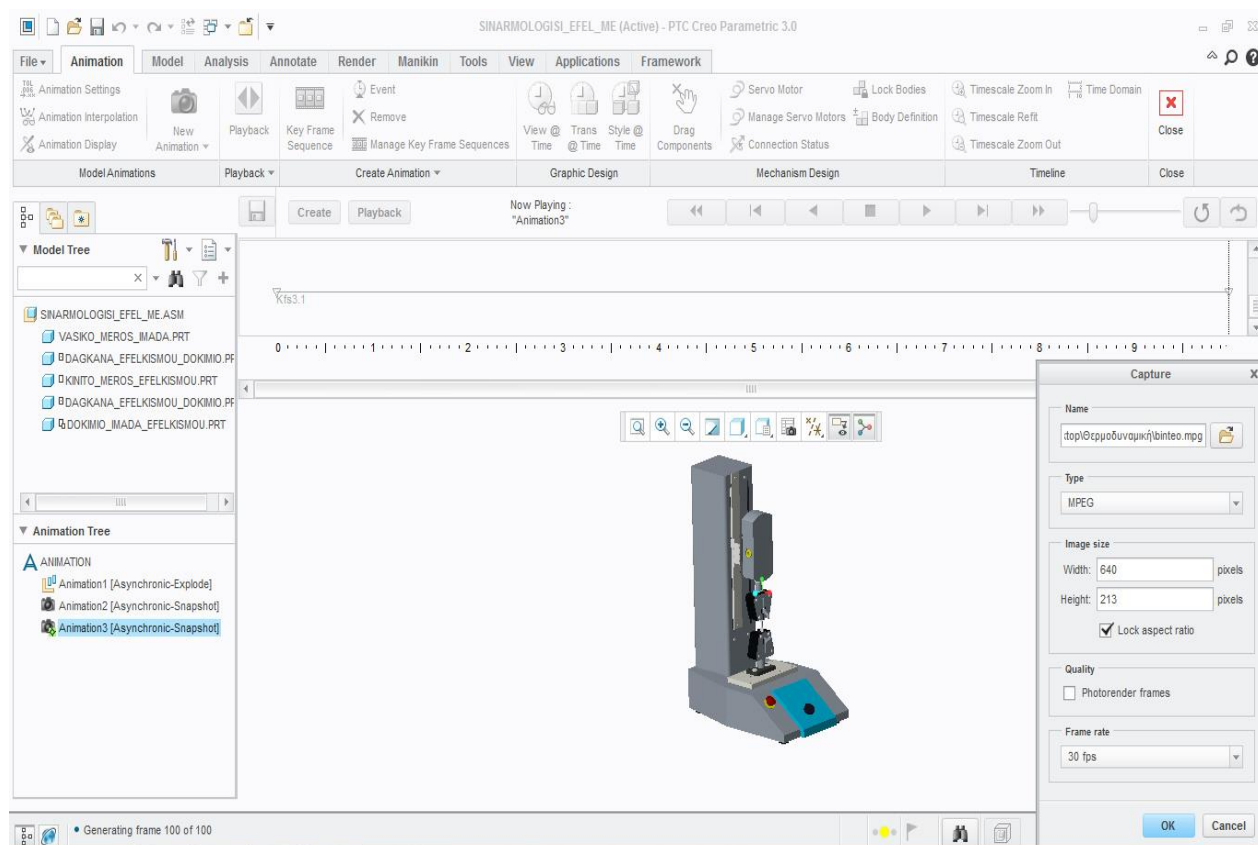
#### Model

Απαραίτητη προϋπόθεση για να ξεκινήσει η διαδικασία είναι να έχει ολοκληρωθεί ο σχεδιασμός και η τελική συναρμολόγηση της μηχανής με όλα τα μέρη της. Εφόσον αυτό έχει συμβεί είναι δυνατόν να ξεκινήσει η διαδικασία. Έτσι, αρχικά από την καρτέλα «Model», επιλέγεται η εντολή «Drag components» και με την εντολή «Take a snapshot» επιλέγεται η αρχική και η τελική θέση για την γραμμική κίνηση της δαγκάνας πατώντας το πλήκτρο «Enter». Επίσης, σε κάθε θέση πατώντας δεξί κλικ δίνεται η εντολή «Apply» για εφαρμογή της θέσης στη διαδικασία.

#### Applications

Στη συνέχεια από την καρτέλα «Applications» επιλέγεται η εντολή «Animation» κι από εκεί η δημιουργία νέων κινούμενων εικόνων με την επιλογή «New Animation» και «Snapshot». Αφού επιλεγούν οι θέσεις για το βίντεο, με την εντολή «Key frame sequences» επιλέγεται η χρονική διάρκεια του βίντεο. Για την αρχική θέση επιλέγεται «Time → 0» και με το σύμβολο «**+**» γίνεται η προσθήκη της επιλογής. Για την τελική θέση επιλέγεται «Time → 10» και το σύμβολο «**+**». Έπειτα επιλέγεται το σύμβολο «**▶**», εν συνεχεία η εντολή «Playback» κι από εκεί το σύμβολο «**■**» (δισκέτα) για την αποθήκευση της βιντεοκίνησης. Επιλέγονται κατά προτίμηση στο «Frame rate» τα 30 fps.

\* Η τρισδιάστατη απεικόνιση θα αποδοθεί στο τέλος της πτυχιακής εργασίας σε μορφή .mpg



Εικόνα 40: Περιβάλλον δημιουργίας 3D animation και αρχής λειτουργίας για την Imada Force Measurement

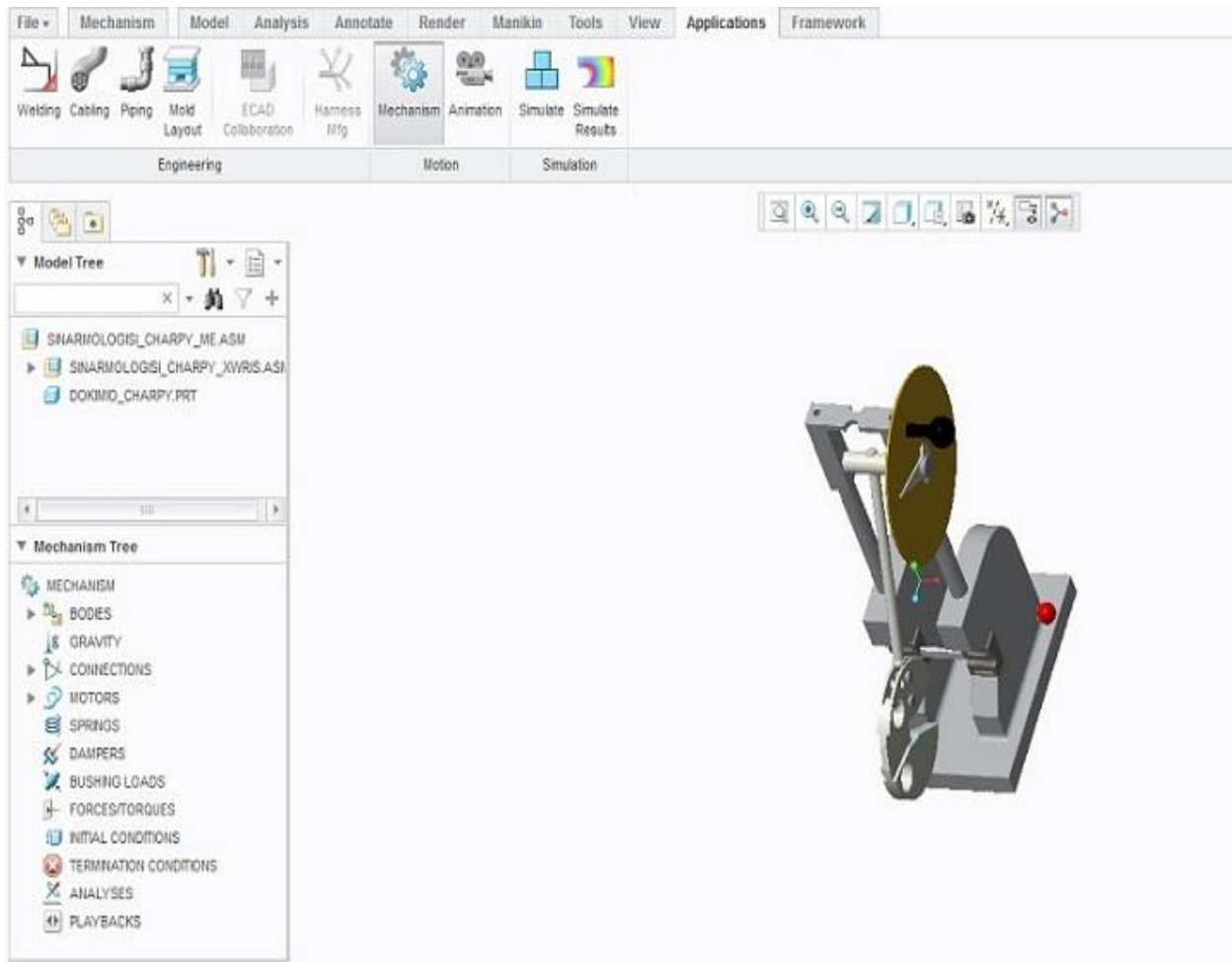
### 5.3.3 Περιγραφή διαδικασίας - 3D Animation MT 3016 Charpy Tester

Για τη δημιουργία της τρισδιάστατης κίνησης με τη μορφή βίντεο κρίθηκε αναγκαία η συναρμολόγηση του περιστρεφόμενου άξονα της μηχανής με τη βάση της μηχανής σε μορφή «*pin*» από το περιβάλλον «*assembly*» με τα κέντρα τους να συμπίπτουν ούτως ώστε να απεικονίζεται η επιθυμητή κίνηση της μηχανής.

Στη συνέχεια από την καρτέλα του Creo Parametrics «*Applications*», επιλέχθηκε η εντολή «*mechanism*» για να προκειμένου να δοθεί η εντολή να περιστρέφεται η σφύρα γύρω από τον άξονα της βάσης της μηχανής, εν συνεχεία, όπως φαίνεται στο κάτω αριστερά μέρος της εικόνας στην ίδια καρτέλα επιλέχθηκε η εντολή «*analyses*» προκειμένου να διαμορφωθούν οι τελικές λεπτομέρειες της τρισδιάστατης απεικόνισης ενώ τέλος, η διαδικασία ολοκληρώνεται με την εντολή «*playback*» προκειμένου να γίνει η εξαγωγή της αναπαραγωγής της κίνησης.

Ακολουθώντας τη διαδικασία που περιγράφηκε στην ενότητα 5 και υποενότητα 2.2, είναι εφικτή η συναρμολόγηση της Imada Force Measurement, υλοποιείται η βιντεοκίνηση της μηχανής Imada με την διαδικασία που αναλύθηκε στην προηγούμενη παράγραφο διαφοροποιώντας την ενότητα συναρμολόγησης «*pin*» σε ενότητα «*slider*» καθώς πρόκειται για δυο επιφάνειες που εφάπτονται η μια πάνω στην άλλη με επικείμενη ολίσθηση.

\* Η τρισδιάστατη απεικόνιση θα αποδοθεί στο τέλος της πτυχιακής εργασίας σε μορφή .mpg



Εικόνα 41: Περιβάλλον δημιουργίας 3D animation και αρχής λειτουργίας για την Charpy





## 6. Προβλήματα συγγραφής – σχεδίασης

Με την παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε η μελέτη, ο σχεδιασμός και η τρισδιάστατη ανάλυση τριών μηχανών που πραγματοποιούν τις διαδικασίες και τα πειράματα κρούσης, εφελκυσμού, θλίψης και κάμψης τριών σημείων. Κάτι τέτοιο απαιτούσε αφοσίωση στο σκοπό, σωστή διατύπωση των μηχανών και των διαφόρων εξαρτημάτων στο χαρτί σε μορφή σκαριφήματος και μετέπειτα απόλυτη μεταφορά στο παραμετρικό πρόγραμμα σχεδίασης Creo Parametrics 3.0 καθώς και καλή γνώση του λογισμικού Creo Parametrics από τον συγγραφέα - χρήστη.

Συν τοις άλλοις, αναγκαία ήταν και η εύρεση διαφόρων πληροφοριών για κάθε κεφάλαιο και ενότητα αναφορικά με την κάθε διαδικασία από ξενόγλωσσο, ως επί τω πλείστων, διαδικτυακό υλικό. Σχεδιάστηκαν σε σκαρίφημα και σε συγκεκριμένο λογισμικό τρισδιάστατης σχεδίασης διάφορα μέρη μηχανημάτων όπως: Μηχανής MT3016 (Charpy) Impact Tester, Imada Force Measurement και μηχανή θλίψης Α.Τ.Ε.Ι Κρήτης.

Επίσης, έγινε ο τρισδιάστατος σχεδιασμός του κάθε εξαρτήματος της κάθε μηχανής σε παραμετρικό λογισμικό (CAD/CAM). Προβλήματα που παρουσιάστηκαν αλλά και αντιμετωπίστηκαν σχετιζόταν κυρίως με την πολυπλοκότητα της γεωμετρίας που είχαν τα διάφορα μέρη ορισμένων μηχανών αλλά και με τη συναρμολόγηση ή την απόδοση κίνησης στο εκάστοτε μηχανήμα.

- Ο σχεδιασμός των σκαριφημάτων ήταν κάτι για το οποίο απαιτήθηκε αρκετός χρόνος κι έγινε όσον το δυνατόν η καλύτερη μελέτη για τη δημιουργία των μετέπειτα parts
- Επίσης, ως νέος χρήστης του παραμετρικού σχεδιασμού αναγκαία ήταν η εξοικείωση με το αντίστοιχο πρόγραμμα για το ξεκίνημα της σχεδίασης

Μερικά πιο συγκεκριμένα προβλήματα αφορούν στο κομμάτι της σχεδίασης, της συναρμολόγησης προκειμένου να αποδοθεί η κίνηση και του 3D Animation. Τέτοια είναι:

- Πρόβλημα με τα references στο πρόγραμμα Creo
- Πρόβλημα με το drag opponents του Creo Parametrics
- Πρόβλημα στο assembly της μηχανής του Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης
- Τρισδιάστατη απεικόνιση με μηχανισμό για την μηχανή Charpy

Χρειάστηκε, επίσης, για την αναζήτηση του εγχειριδίου χρήσης της μηχανής Imada Force Measurement η επικοινωνία μέσω ηλεκτρονικής αλληλογραφίας με την IMADA CO,LTD. Με έδρα την Ιαπωνία.



## 7. Συμπεράσματα – Παρατηρήσεις

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία χρησιμοποιήθηκαν αρχεία “PRT.” από το πρόγραμμα σχεδιασμού Crep Parametrics 3.0 για την κατασκευή των εξαρτημάτων του τρισδιάστατου μοντέλου CAD και πραγματοποιήθηκε η τρισδιάστατη απεικόνιση της λειτουργίας Charpy MT 3016 και Imada Force Measurement.

Για την πραγματοποίηση της τρισδιάστατης σχεδίασης, χρησιμοποιήθηκε πρόγραμμα 3D σχεδίασης CAD Creo Parametrics 3.0. Μια από τις χρησιμότητες του προγράμματος είναι ότι σε ένα ήδη κατασκευασμένο εξάρτημα μπορεί να γίνει (πολυεπεξεργασία και πιστή αντιγραφή) ακόμα και μετά την ολοκλήρωση του. Επίσης, σε διάφορα κομμάτια που σχεδιάστηκαν υπάρχει η δυνατότητα συναρμολόγησης τους με αποτέλεσμα το επιθυμητό τρισδιάστατο σχέδιο.

Μια ακόμα σημαντική δυνατότητα του προγράμματος είναι ότι μπορεί και επεξεργάζεται το τελικό σχέδιο σε animation π.χ. (αν το τελικό σχέδιο είναι ένα σύστημα γραναζιών υπάρχει η δυνατότητα να το δούμε και πώς λειτουργεί ), μπορούμε να το δούμε μέσα από τομή η και ακόμα σε διάγραμμα αντοχής υλικού, ώστε να δούμε σε ποια σημεία καταπονείται η διάταξή μας. Η σχεδίαση γίνεται σε CAD απ το οποίο το τελικό σχέδιο μπορεί να εισαχθεί και σε πρόγραμμα CAM και να προκύψει ο G κώδικας βάσει του οποίου θα υλοποιηθεί σε αυτόματο τόρνο C.N.C.

Καθώς εξελίσσεται η τεχνολογία και οι ανάγκες, εξελίσσονται και οι εταιρείες των λογισμικών εφαρμογών προβολής και επεξεργασίας εικόνων παρέχοντας πιο σύγχρονα και γρήγορα συστήματα απεικόνισης ή αναβαθμίζοντας συνεχώς τα παλαιά, διευκολύνοντας τους χρήστες.

Επίσης, η συνεχόμενη χρήση του διαδικτύου στο εργασιακό περιβάλλον, επιβάλλει την εφαρμογή ακόμα πιο ισχυρών μέτρων ασφαλείας, καθώς οι κίνδυνοι και οι απειλές που ελλοχεύουν είναι σαφώς μεγαλύτεροι από τα υπόλοιπα δίκτυα. Οι βασικές απαιτήσεις είναι τα δεδομένα και οι πληροφορίες που πρέπει να είναι σωστές και προσβάσιμες οποτεδήποτε χρειαστεί μόνο από εξουσιοδοτημένους χρήστες.



## 8. Παράρτημα User Manual

### 8.1 User Manual MT3016 Impact Tester (Charpy)

Η δοκιμή πρόσκρουσης δοκιμίων παρέχει πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση αστοχίας των δοκιμίων κάτω από υψηλή φόρτωση ταχύτητας που οδηγεί σε αιφνίδια θραύση του δοκιμίου στην εγκοπή. Η ενέργεια που απορροφάται κατά τη θραύση σχετίζεται με την περιοχή κάτω από την καταπόνηση του ορίου αντοχής η οποία ονομάζεται σκληρότητα σε ορισμένες αναφορές. Για τα εύθραυστα υλικά που έχουν μια μικρή περιοχή κάτω από την καμπύλη τάσης - καταπόνησης απαιτείται μικρό ποσό ενέργειας για τη διαδικασία.

Καθώς η πλαστική παραμόρφωση των υλικών αυξάνεται, η περιοχή κάτω από την καμπύλη αυξάνεται και απορροφά ενέργεια, τότε αντίστοιχα επιτυγχάνεται και αύξηση της αντοχής του υλικού. Παρόμοια χαρακτηριστικά μπορούν να παρατηρηθούν στις σπασμένες επιφάνειες των ήδη χρησιμοποιημένων δειγμάτων.

Οι σπασμένες επιφάνειες για χαμηλής ενεργεια, καταδεικνύουν εύθραυστη συμπεριφορά, είναι λείες κι έχουν κρυστάλλινη όψη στα μέταλλα. Αντίθετα, σε αυτές που απαιτείται υψηλό ποσό ενέργειας θραύσης έχουν περιοχές διάτμησης όπου η επιφάνεια θραύσης έχει κλίση περίπου 45 ° προς την τάση εφελκυσμού και έχουν πιο σκληρή και πιο παραμορφωμένη εμφάνιση, κάτι που ονομάζεται ινώδες ρωγμική.

#### 8.1.1 Διαδικασία λειτουργίας μηχανήματος

Αρχικά, χρειάζεται το καλιμπράρισμα και ο μηδενισμός του σφαιρικού τεμαχίου. Εν συνεχεία πρέπει να δοκιμαστεί το δοκίμιο σε διαδικασία κρούσης σε θερμοκρασία δωματίου. Αφού επιτευχθεί αυτό, ο χειριστής βρίσκεται σε θέση να αποφασίσει εάν επιθυμεί χαμηλότερη ή υψηλότερη θερμοκρασία. Τα δείγματα θα πρέπει να γίνει απογραφή ενός συγκεκριμένου εύρους διασποράς προκειμένου να υπάρξουν πιο ακριβή αποτελέσματα είτε σε περιπτώσεις ολικής κρούσης είτε μερικής κρούσης και στη συνέχεια να καταγραφεί η απαιτούμενη ενέργεια σε κλίμακα Joule για τη θραύση και την % ευθραυστότητα των υλικών και των δοκιμίων. Τα δοκίμια μπορούν να είναι διαφόρων υλικών όπως για παράδειγμα, μέταλλα, κεραμικά, πολυμερή ή κράματα.

Τα δοκίμια διακρίνονται σε δύο είδη:

- V-notch – Ένα δοκίμιο σχήματος “V” στην εγκοπή, 2mm πάχος, με 45° γωνία και 0.25mm ακτίνα από τη βάση του
- U-notch ή “keyhole notch” – Ένα δοκίμιο 5mm πάχους με 1mm ακτίνα από τη βάση της εγκοπής.

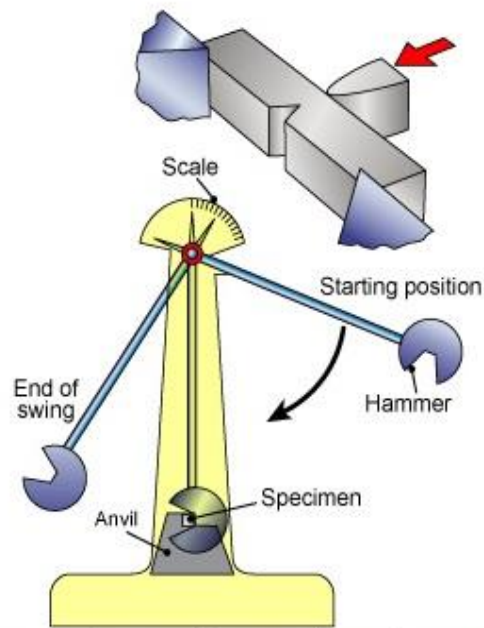
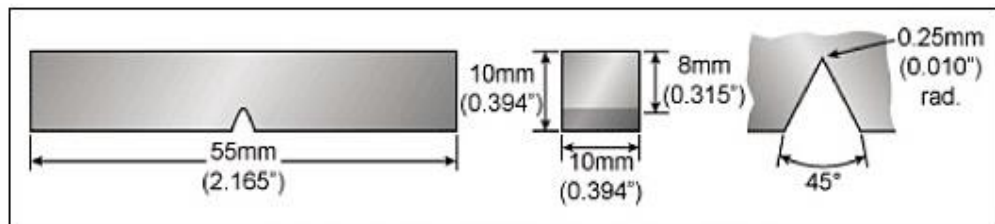


Fig.1. Charpy testing machine and specimen arrangement



Εικόνα 42 : Δομή δειγμάτων και διαμόρφωση φόρτωσης για δοκιμή πρόσκρουσης

### 8.1.2 Παραδείγματα πειραμάτων

- Διερεύνηση της επίδρασης της περιεκτικότητας σε άνθρακα στις επιπτώσεις δύναμης
- Διερεύνηση της επίδρασης της θερμοκρασίας στις επιπτώσεις δύναμης
- Διερεύνηση της επίδρασης της κανονικοποίησης στις επιπτώσεις δύναμης

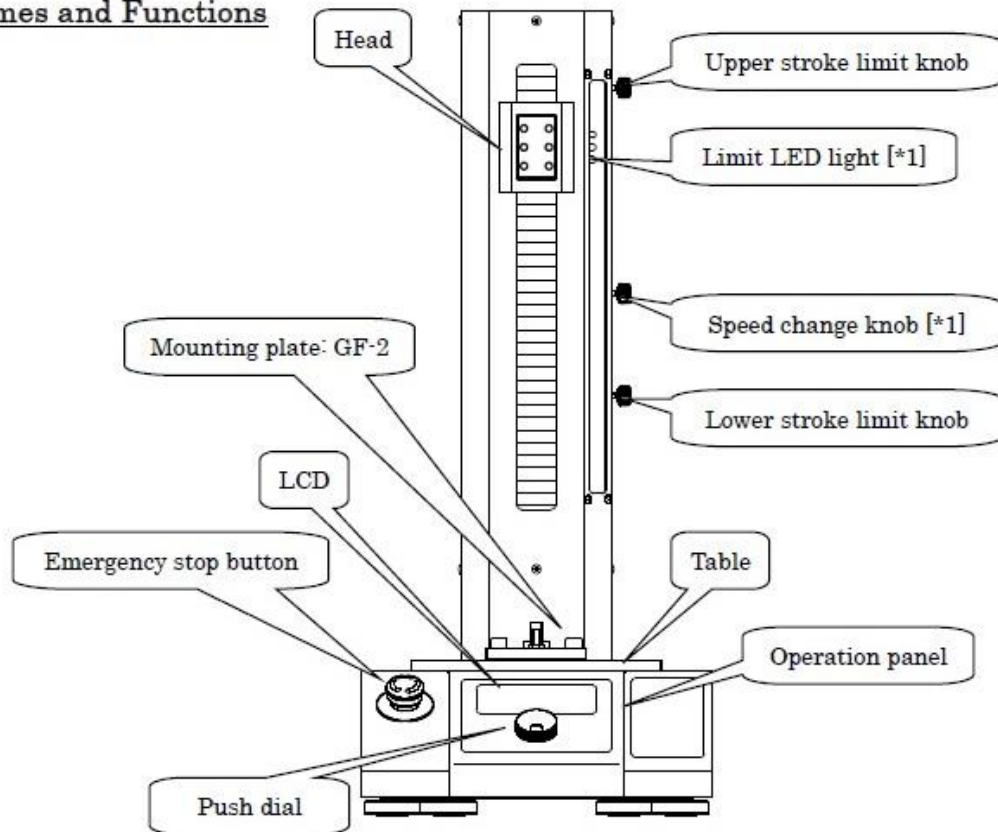
### 8.1.3 Τεχνικά δεδομένα

- Μέγιστη τιμή ενέργειας 15 Joule
- Βαθμολόγηση κλίμακας ανά 0.1 Joule
- Διαστάσεις δοκιμαστικών τεμαχίων 10x10x55 mm
- Διαστάσεις 170x290x615 mm

## 8.2 User Manual Imada Force Measurement

Στις παρακάτω εικόνες φαίνεται το εγχειρίδιο χρήσης της μηχανής Imada Force Measurement MX2 Motorized Test Stand όπως αυτό προκύπτει από το επίσημο site της εταιρείας.

### 2. Names and Functions



Model: EMX-1000N

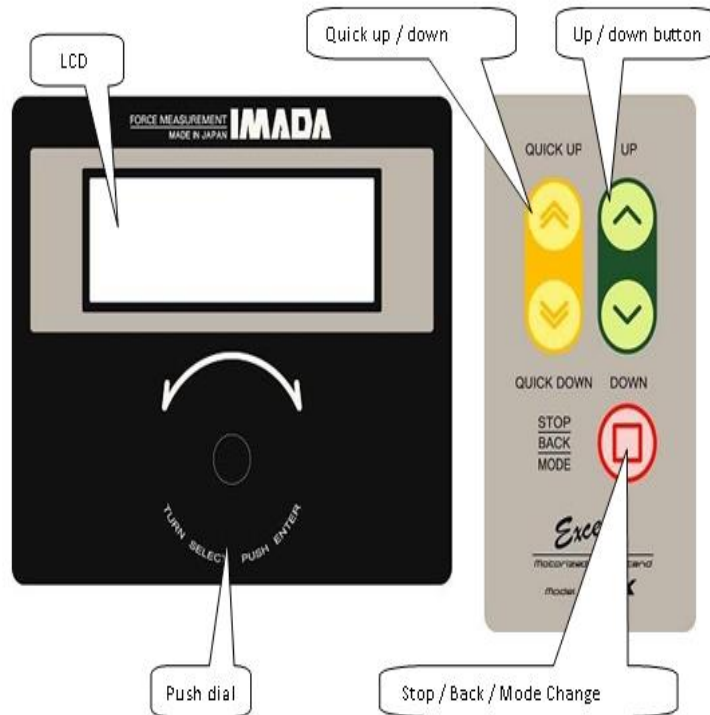
[\*1] Not attached to MX2-1000N

Εικόνα 43: Πίνακας λειτουργίας Imada Force Measurement

Emergency stop	Πιέστε υποχρεωτικά το μπουτόν για να σταματήσει η λειτουργία. Στρίψτε δεξιά για επαναφορά.
Upper / lower stroke limit knobs	Ορίστε το ανώτερο και το κατώτερο όριο κίνησης από τη λαβή. Προσαρμόστε τα σε αυθαίρετα σημεία.
Speed change knob (EMX only)	Η ταχύτητα μπορεί να μεταβληθεί αυθαίρετα
Limit LED light (EMX only)	Κάθε LED λυχνία σβήνει όταν ο αισθητήρας περάσει από αυτά τα σημεία. Ανώτερο: Ανώτερο όριο Κεντρικό: Λαβή αλλαγής ταχύτητας Κατώτερο: Κατώτερο όριο
Operation panel	Λειτουργία με κουμπιά.
LCD	Παρούσα κατάσταση και ρυθμίσεις απεικονίζονται στην οθόνη.
Push Dial	Ορίστε τις ρυθμίσεις περιστρέφοντας ελαφριά και πιέζοντας το κουμπι.



Head	Τοποθέτηση μετρητών δύναμης και φορτίων Πραγματοποιεί γραμμική κίνηση.
Table	Το δείγμα τοποθετείται όπως φαίνεται στην εικόνα. Επιπρόσθετα δίνεται και η επίπεδη πλάκα GF-2



Εικόνα 44: Οθόνη λειτουργίας και μπουτόν Imada Force Measurement

Οθόνη LCD	Εμφανίζει την κατάσταση και τις ρυθμίσεις λειτουργίας
TURN SELECT PUSH ENTER	Ρυθμίστε χειροκίνητα την κίνηση και πιάστε το μπουτόν για να επιλέξετε (μόνο για χειροκίνητη έκδοση)
UP / DOWN	Χειροκίνητη έκδοση: Γραμμική κίνηση με συγκεκριμένη ταχύτητα. Λειτουργίας κύκλου: Λειτουργεί με εξωτερικές συνθήκες. [*1]
QUICK UP / QUICK DOWN	Χειροκίνητη έκδοση: Γραμμική κίνηση με τη μέγιστη ταχύτητα. Λειτουργία κύκλου: Λειτουργεί με εξωτερικές συνθήκες. [*1]

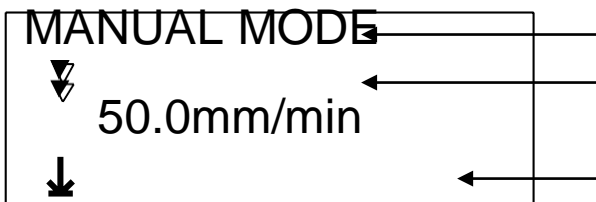


STOP / BACK / MODE	<p>Παύση λειτουργίας του μηχανήματος.</p> <p>Επιστροφή στην προηγούμενη απεικόνιση όταν πιέζεται στο μενού ρυθμίσεων. Αλλαγή κατάστασης ένα πιεστεί κατά τη διακοπή λειτουργίας.</p>
--------------------	--

\*1 Ορίζονται διαφορετικές καταστάσεις αναλόγως τα μπουτόν UP / DOWN ή QUICK UP / QUICK DOWN

### 8.2.1 Χειροκίνητη έκδοση

Το σταντ ανεβοκατεβαίνει ενώ τα μπουτόν λειτουργίας πιέζονται .



Τα βέλη  ή  αναβοσβήνουν

#### Ρύθμιση ταχύτητας

Ορίστε την ταχύτητα όταν η ένδειξη SPEED SELECT εμφανιστεί.

#### Διαδικασία κίνησης

Το σταντ μετακινείται ανεβοκατεβαίνει όταν τα μπουτόν UP / DOWN πιεστούν.

Η κίνηση σταματά όταν το μπουτόν αφηθεί ή το σταντ φτάσει στο ανώτερο ή κατώτερο σημείο.

Όταν τα μπουτόν QUICK UP / QUICK DOWN πιεστούν το σταντ κινείται με τη μέγιστη ταχύτητα.

#### Αργή κίνηση

Πιέστε το μπουτόν Push dial προκειμένου να εμφανιστεί ή ένδειξη JOG MOVE και στρίψτε το Push dial για να τεθεί σε λειτουργία η αργή κίνηση. (0.01 χιλ. Με την έκδοση EMX-1000N,)

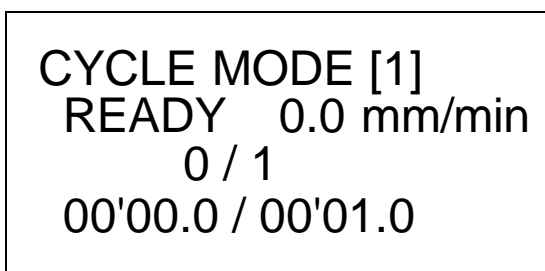
Αυτή η λειτουργία είναι χρήσιμη για να προσεγγίσει το δοκίμιο ή να εφαρμόσει ελαφρύ φορτίο.

#### Αλλαγή κατάστασης

Επιλέγουμε το CYCLE MODE πιέζοντας το STOP / BACK / MODE μπουτόν.

### 8.2.2 Κυκλική διαδικασία

Διάφορες κυκλικές διαδικασίες είναι διαθέσιμες σε αυτή τη λειτουργία.





```

CYCLE MODE[1]
▼ START 100.0
mm/min
0 / 1
00'00.0 / 00'01.0

```

Το βέλος ▼ αναβοσβήνει ενώ λειτουργεί

Η χειροκίνητη διαδικασία και η κυκλική διαδικασία προκύπτουν από την περιστροφή του μπουτόν STOP / BACK / MODE όταν η λειτουργία σταματήσει.

Για να επαναφέρεται το μετρητή, πιέστε το push dial και θα οδηγηθείται στην παρακάτω ένδειξη και επιλέξτε YES.

```

CYCLE MODE[1]
CLEAR COUNTER?
YES          ► NO
00'00.0 / 00'01.0

```

Για να αλλάξετε τις συνθήκες διαδικασίας, περιστρέψτε το Push Dial.

Η δεύτερη, τρίτη και τέταρτη γραμμή δείχνουν τις συνθήκες λειτουργίας.

Πιέστε για περισσότερο από δύο δευτερόλεπτα το Push Dial για να επιλέξετε την επιθυμητή ρύθμιση.

(Μόνο για την έκδοση EMX-1000N)

```

CYCLE MODE [1 ► ► 2]
START 200.0 mm/min
COUNT    2
TIMER 00' 02. 0

```

#### **Αυτόματη λειτουργία σε κυκλική διαδικασία**

Ορίστε κατώτερο και ανώτερο σημείο σε κατάλληλη θέση, έτσι ώστε το σταντ να μη προσκρούει στην επίπεδη πλάκα.

Οι συνθήκες λειτουργίας διαφέρουν με τα μπουτόν UP/DOWN και QUICK UP/QUICK DOWN.

Η ρύθμιση της ταχύτητας και του χρονομετρητή επιλέγεται μέσω του CONFIG MODE.

Επιλέξτε το CONFIG MODE πιέζοντας το Push Dial για περισσότερο από 1 δευτερόλεπτο.





## 9. Βιβλιογραφία

### 9.1 Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- [1] Ashby, Michael. Hugh Shercliff. David Cebon (2007). Materials: engineering, science, processing and design (1η έκδοση). Butterworth - Heinemann. ISBN 978-0-7506-8391-3
- [2] Askeland, Donald R. Pradeep P. Phulé (2005). The Science & Engineering of Materials (5η έκδοση). Thomson - Engineering. ISBN 0-534-55396-6
- [3] Callister, Jr., William D. (2000). Materials Science and Engineering – An Introduction (5η έκδοση). John Wiley and Sons. ISBN 0-471-32013-7
- [4] Eberhart, Mark (2003). Why Things Break: Understanding the World by the Way It Comes Apart. Harmony. ISBN 1-4000-4760-9
- [5] Gaskell, David R. (1995). Introduction to the Thermodynamics of Materials (4η έκδοση). Taylor and Francis Publishing. ISBN 1-56032-992-0
- [6] González-Viñas, W. Mancini, H.L. (2004). An Introduction to Materials Science. Princeton University Press. ISBN 0-691-07097-0
- [7] Gordon, James Edward (1984). The New Science of Strong Materials or Why You Don't Fall Through the Floor. Princeton University Press. ISBN 0-691-02380-8
- [8] Mathews, F.L. Rawlings, R.D. (1999). Composite Materials: Engineering and Science. Boca Raton: CRC Press. ISBN 0-8493-0621-3
- [9] Lewis, P.R. Reynolds, K. Gagg, C. (2003). Forensic Materials Engineering: Case Studies. Boca Raton: CRC Press
- [10] Wachtman, John B. (1996). Mechanical Properties of Ceramics. New York: Wiley-Interscience, John Wiley & Son's. ISBN 0-471-13316-7
- [11] Walker, P. (1993). Chambers Dictionary of Materials Science and Technology. Chambers Publishing. ISBN 0-550-13249-X
- [12] International Organization for Standardization (ISO)
- [13] Most Popular Standards from the ISO - Information/Image Technology Collection
- [14] The Impact of International Standardization
- [15] ISO Preparing Labeling Guidance for Manufactured Nano-Objects and Products Containing Manufactured Nano-Objects
- [16] ISO Publishes Technical Report on Physical Characterization of Engineered Nanomaterials
- [17] ISO Publishes Standard for Nanomaterial Risk Evaluation
- [18] ISO Adopts Standard for Inhalation Toxicity Testing for Nanoparticles



## 9.2 Ιστοσελίδες

[1] <http://www.wiki.gr>

[2] <http://ebooks.edu.gr>

[3] <http://dspace.lib.ntua.gr>

[4] <https://www.astm.org/>

[5] <http://library.tee.gr>

[6] <https://www.astm.org/>

[7] <https://www.iso.org/home.html>

[8] <https://eclass.teicrete.gr/>

[9] <http://imada.com>

[10] <https://www.tec-science.com/material-science/material-testing/charpy-impact-test/>