



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΩΝ

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙΝΟΤΟΜΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ ΓΙΑ CNC ΣΤΡΑΝΤΖΑ

Διπλωματική Εργασία

ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΝΙΚΟΛΙΔΑΚΗΣ

Επιβλέπων: Γεώργιος-Χριστόφορος Βοσνιάκος
Καθηγητής
Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2016

Copyright © Νικολιδάκης Ευάγγελος, 2016

Με επιφύλαξη κάθε δικαιώματος. All rights reserved.

Ευχαριστίες

Προπάντων θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Γεώργιο-Χριστόφορο Βοσνιάκο για την καθοδήγηση που μου παρείχε και την συνέπειά του καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας.

Επιπλέον, ευχαριστώ τον κ. Γιάννη Σεισάκη, μηχανικό της εταιρίας «Gizelis S.A.», για την πρόταση του θέματος της παρούσας διπλωματικής εργασίας και για τις πολύτιμες συμβουλές του σε τεχνικά θέματα.

Τέλος, ευχαριστώ τον κ. Γιώργο Παπαζέτη για την κατασκευή του πρωτοτύπου τεμαχίου μέσω ταχείας προτυποποίησης σε 3D Printer.

Περίληψη (Abstract)

Το θέμα της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι ο σχεδιασμός ενός νέου και καινοτόμου συστήματος συγκράτησης εργαλείων για CNC στράντζα . Ο πάροχος του θέματος είναι η εταιρία «Gizelis S.A.» που είναι η μεγαλύτερη εγχώρια εταιρεία κατασκευής μηχανημάτων κατεργασίας ελάσματος.

Σύμφωνα με τους μηχανικούς της εταιρίας ένα από τα μελανά σημεία κατά την λειτουργία των υδραυλικών στραντζών CNC είναι η εναλλαγή των εργαλείων κάμψης. Το συμβατικό σύστημα συγκράτησης εργαλείων που χρησιμοποιείται ευρέως από όλες τις κατασκευάστριες εταιρίες στραντζών απαιτεί μια περίπλοκη και χρονοβόρα διαδικασία για την εναλλαγή των εργαλείων. Έτσι, ζητήθηκε να σχεδιαστεί ένα νέο σύστημα συγκράτησης που θα απλοποιεί την διαδικασία εναλλαγής και θα μειώνει τον χρόνο της στο ελάχιστο δυνατό.

Προτού ξεκινήσει ο σχεδιασμός κρίθηκε επιτακτικό αφενός να πραγματοποιηθεί μια βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με την κατεργασία διαμόρφωσης μεταλλικών ελασμάτων με κάμψη και αφετέρου να γίνει μια αναλυτική παρουσίαση της πρέσας (στράντζα) στην οποία πραγματοποιείται η διαδικασία. Με αυτό τον τρόπο δημιουργήθηκε μια πλήρης εικόνα για τον ρόλο που κατέχει το σύστημα συγκράτησης εργαλείων σε μια στραντζόπρεσα και ποια είναι η λειτουργία του. Επιπλέον, μελετήθηκαν ανταγωνιστικές λύσεις που υπάρχουν στην αγορά από εταιρίες του κλάδου, έτσι ώστε, αξιολογώντας τα δυνατά τους σημεία και τις αδυναμίες τους, να οριστούν τα κριτήρια και οι προδιαγραφές που θα πρέπει να ικανοποιηθούν κατά την φάση του σχεδιασμού.

Κατά την φάση του σχεδιασμού αρχικά αναπτύχθηκαν δύο προτάσεις για υδραυλικό σύστημα συγκράτησης αλλά έπειτα από αξιολόγηση μόνο η δεύτερη θεωρήθηκε βιώσιμη και μελετήθηκε περαιτέρω. Για αυτή παρουσιάστηκε ο τρόπος λειτουργίας του συστήματος, πραγματοποιήθηκε ανάλυση της κατασκευής με πεπερασμένα στοιχεία μέσω του εμπορικού πακέτου «SOLIDWORKS Simulation», υπολογίστηκε η ικανότητα σύσφιξης και η ακρίβεια κατά την λειτουργία , μελετήθηκε η κατασκευή των βασικών μερών σε κέντρο κατεργασιών με την χρήση του πακέτου «SolidCAM», σχεδιάστηκε η υδραυλική μονάδα ισχύος, και τέλος πραγματοποιήθηκε αρχική κοστολόγηση του συστήματος.

Τέλος, παρουσιάστηκαν συγκεντρωτικά όλα τα χαρακτηριστικά του σχεδιασθέντος συστήματος συγκράτησης και πραγματοποιήθηκε αξιολόγησή τους. Το πόρισμα που προέκυψε είναι ότι το σύστημα είναι πλήρως λειτουργικό, εύκολα κατασκευάσιμο, οικονομικά βιώσιμο και περισσότερο αποδοτικό από τα αντίστοιχα ανταγωνιστικά συστήματα.

Περιεχόμενα

1	Διαμόρφωση μεταλλικών ελασμάτων με κάμψη	11
1.1	Γενικά.....	11
1.2	Κάμψη σε στραντζόπρεσα.....	12
1.3	Βασική ορολογία και βήματα κατεργασίας κάμψης	14
1.4	Είδη κάμψης.....	15
1.4.1	Κάμψη-V	16
1.4.2	Κάμψη προβόλου	16
1.4.3	Διπλή κάμψη ή κάμψη U.....	17
1.4.4	Περιστροφική κάμψη	18
1.4.5	Κάμψη όφσσετ	19
1.5	Μηχανική της κάμψης.....	20
1.5.1	Υπολογισμός των παραμορφώσεων	21
1.5.2	Υπολογισμός τάσεων.....	22
1.5.3	Υπολογισμός ροπής κάμψης	23
1.5.4	Ελαστική επαναφορά (springback)	23
1.5.5	Αντιμετώπιση της ελαστικής επαναφοράς:	25
1.5.6	Πρακτικός κανόνας υπολογισμού για την V-κάμψη	26
2	Στραντζόπρεσα	27
2.1	Βασική δομή	27
2.2	Τονάζ και πλάτος κρεβατιού	28
2.3	Ταχύτητα εμβόλου	28
2.4	Υδραυλική στραντζόπρεσα	29
2.5	Άνω εργαλεία κάμψης.....	37
2.6	Κάτω εργαλεία (μήτρες).....	40
2.7	Σύστημα συγκράτησης εργαλείων	41
3	Ανάλυση του προβλήματος.....	43
4	Υπάρχουσες λύσεις	44
4.1	WILA – NEW STANDARD CLAMPING	44
4.1.1	New Standard Premium Clamping	45
4.1.2	New Standard Pro Clamping.....	47
4.2	ROLLERI clamping systems	48
4.2.1	ROL100 Clamping	48
4.2.2	ROL1 Clamping	49
4.2.3	ROL4 Clamping	50
4.2.4	W-ROL PN Clamping	50

4.3	WILSON TOOL.....	51
4.3.1	ExpressRail™.....	51
4.3.2	PowerExpress®.....	53
5	Προκλήσεις.....	55
6	1 ^η Πρόταση.....	57
6.1	Τρόπος λειτουργίας.....	59
6.2	Αξιολόγηση.....	62
7	2 ^η Πρόταση.....	63
7.1	Μέρη συστήματος συγκράτησης – Πίνακας τεμαχίων – Κατασκευαστικά Σχέδια	66
7.2	Τρόπος λειτουργίας.....	81
7.3	Υπολογισμός απαιτούμενης (ελάχιστης) ασκούμενης δύναμης σύσφιξης από το σφικτήριο στο εργαλείο.....	85
7.4	Υπολογισμός ικανότητας σύσφιξης.....	86
7.5	Ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία.....	87
7.5.1	Ανάλυση ενδιάμεσης πλάκας (intermediate).....	87
7.5.2	Ανάλυση σφικτήρα (clamper).....	92
7.6	Κατασκευή βασικών τμημάτων.....	97
7.6.1	Κατασκευή ενδιάμεσης πλάκας.....	97
7.6.2	Κατασκευή σφικτήρα (clamper).....	99
7.6.3	Κατασκευή βάσης μεντεσέ.....	101
7.6.4	Κατασκευή πρωτοτύπου με χρήση 3D Printer.....	103
7.7	Μονάδα υδραυλικής ισχύος.....	107
7.8	Κοστολόγηση.....	113
7.9	Χαρακτηριστικά γνωρίσματα και αξιολόγηση.....	114
8	Συμπεράσματα.....	116
9	Βιβλιογραφία.....	119

Κατάλογος εικόνων

➤ Εικόνα 1	Κατεργασία διαμόρφωσης μεταλλικού ελάσματος με κάμψη	11
➤ Εικόνα 2	Τελικά προϊόντα από κατεργασία κάμψης.....	11
➤ Εικόνα 3	Βασική δομή στραντζόπρεσας.....	12
➤ Εικόνα 4	Στιγμιότυπα από κάμψη ελάσματος	12
➤ Εικόνα 5	Βασική δομή στραντζόπρεσας (συνέχεια).....	13
➤ Εικόνα 6	Ονοματολογία βασικών μερών στραντζόπρεσας.....	14
➤ Εικόνα 7	Βήματα κατεργασίας κάμψης.....	14
➤ Εικόνα 8	Παράδειγμα κάμψης ελάσματος.....	15
➤ Εικόνα 9	Κάμψη - V.....	16
➤ Εικόνα 10	Κάμψη προβόλου	17
➤ Εικόνα 11	Διπλή κάμψη ή κάμψη U	17
➤ Εικόνα 12	Είδη διπλής κάμψης	18
➤ Εικόνα 13	Περιστροφική κάμψη	18
➤ Εικόνα 14	Κάμψη όφσεντ.....	19
➤ Εικόνα 15	Σχηματική αναπαράσταση κάμψης.....	20
➤ Εικόνα 16	Χαρακτηριστικά ζώνης παραμόρφωσης	20
➤ Εικόνα 17	Ανάπτυξη τάσεων κατά την κάμψη ελάσματος	21
➤ Εικόνα 18	Μοντέλο για συσχέτιση τάσεων παραμορφώσεων: (α)μοντέλο ανελαστικού-τέλεια πλαστικού υλικού, (β) γραμμικό μοντέλο, (γ) γενικευμένο ενεργειακό μοντέλο	23
➤ Εικόνα 19	Ελαστική επαναφορά (springback).....	23
➤ Εικόνα 20	Σχηματική απεικόνιση V-κάμψης	26
➤ Εικόνα 21	Βασικά μέρη στραντζόπρεσας	27
➤ Εικόνα 22	Παράδειγμα τυπικής στραντζόπρεσας	27
➤ Εικόνα 23	Αναγραφή τονάζ και πλάτους κρεβατιού στο ταμπελάκι της πρέσας .	28
➤ Εικόνα 24	Υδραυλικό κύκλωμα στραντζόπρεσας	29
➤ Εικόνα 25	Φάσεις διαδρομής καθόδου του εμβόλου.....	30
➤ Εικόνα 26	Ρύθμιση μήκους διαδρομής εμβόλου	31
➤ Εικόνα 27	Συσχέτιση ανάμεσα στο ποσοστό ολοκλήρωσης της κάμψης και απαιτούμενου τονάζ	32
➤ Εικόνα 28	Κατανομή του τονάζ κατά μήκος του κρεβατιού	32
➤ Εικόνα 29	Διαθέσιμο τονάζ ανάλογα με την θέση τοποθέτησης του φορτίου	33
➤ Εικόνα 30	Δυνάμεις που αναπτύσσονται στην στραντζόπρεσα	34
➤ Εικόνα 31	Κριτήρια επιλογής.....	34
➤ Εικόνα 32	Τυπικά σετ εργαλείων κάμψης.....	37
➤ Εικόνα 33	Τυπικές μορφές άνω εργαλείων κάμψης.....	37
➤ Εικόνα 34	Μορφή εργαλείων ευρωπαϊκού και αμερικάνικου τύπου	38
➤ Εικόνα 35	Μορφή εργαλείων τύπου New Standard	39
➤ Εικόνα 36	Τυπικές μορφές κάτω εργαλείων (μήτρες)	40
➤ Εικόνα 37	Παράδειγμα 4V - μήτρας	40
➤ Εικόνα 38	Συμβατικό σύστημα συγκράτησης εργαλείων	41
➤ Εικόνα 39	Σχηματική αναπαράσταση συμβατικού συστήματος συγκράτησης.....	42
➤ Εικόνα 40	Διαδικασία αφαίρεσης εργαλείου σε συμβατικό σύστημα συγκράτησης	42

➤ Εικόνα 41	Διαδικασία εναλλαγής εργαλείων σε συμβατικό σύστημα συγκράτησης	43
➤ Εικόνα 42	Σειρά συστημάτων συγκράτησης New Standard Clamping από την WILA	44
➤ Εικόνα 43	Σύστημα "New Standard Premium Clamping" από την WILA	45
➤ Εικόνα 44	Μηχανισμός σύσφιξης συστήματος "New Standard Premium Clamping"	45
➤ Εικόνα 45	Ασφαλιστικό εργαλείων τύπου "New Standard"	46
➤ Εικόνα 46	Σκαρίφημα συστήματος "New Standard Premium Clamping"	46
➤ Εικόνα 47	Σύστημα συγκράτησης "New Standard Pro Clamping" από την WILA	47
➤ Εικόνα 48	Σύστημα συγκράτησης "ROL100 Clamping" από την ROLLER	48
➤ Εικόνα 49	Σύστημα συγκράτησης "ROL1 Clamping" από την ROLLER	49
➤ Εικόνα 50	Σύστημα συγκράτησης "ROL4 Clamping" από την ROLLER	50
➤ Εικόνα 51	Σύστημα συγκράτησης "W-ROL PN Clamping" από την ROLLER	50
➤ Εικόνα 52	Σύστημα συγκράτησης "EXPRESS RAIL" από την WILSON TOOL	51
➤ Εικόνα 53	Σκαρίφημα συστήματος "EXPRESS RAIL"	52
➤ Εικόνα 54	Υδραυλική μονάδα ισχύος συστήματος "EXPRESS RAIL"	52
➤ Εικόνα 55	Σύστημα συγκράτησης "PowerExpress" από την WILSON TOOL	53
➤ Εικόνα 56	Σκαρίφημα συστήματος "PowerExpress"	54
➤ Εικόνα 57	Μονάδα υδραυλικής ισχύος συστήματος "PowerExpress"	54
➤ Εικόνα 58	Υδραυλικό σύστημα συγκράτησης (1η πρόταση)	57
➤ Εικόνα 59	Υδραυλικό σύστημα συγκράτησης (1η πρόταση)	58
➤ Εικόνα 60	Διαδικασία αφαίρεσης εργαλείου (βήμα 1)	59
➤ Εικόνα 61	Διαδικασία αφαίρεσης εργαλείου (βήμα 2)	60
➤ Εικόνα 62	Διαδικασία τοποθέτησης εργαλείου (βήμα 1)	61
➤ Εικόνα 63	Διαδικασία τοποθέτησης εργαλείου (βήμα 2)	62
➤ Εικόνα 64	Υδραυλικό σύστημα συγκράτησης (2η πρόταση)	63
➤ Εικόνα 65	Υδραυλικό σύστημα συγκράτησης (2η πρόταση)	64
➤ Εικόνα 66	Τομές υδραυλικού συστήματος συγκράτησης σε διάφορα επίπεδα ...	65
➤ Εικόνα 67	Ενδιάμεση πλάκα (intermediate)	66
➤ Εικόνα 68	Σφικτήρας (Clamper)	66
➤ Εικόνα 69	Βάση μεντεσέ	67
➤ Εικόνα 70	Πίρος μεντεσέ	67
➤ Εικόνα 71	Ασφάλεια πείρου	67
➤ Εικόνα 72	Βίδα βάσης μεντεσέ	67
➤ Εικόνα 73	Πιστόνι	68
➤ Εικόνα 74	Βάκτρο	68
➤ Εικόνα 75	Ελατήριο επιστροφής εμβόλου	68
➤ Εικόνα 76	Οδηγός πιστονιού	69
➤ Εικόνα 77	Οδηγός βάκτρου	69
➤ Εικόνα 78	Τσιμούχα πιστονιού	69
➤ Εικόνα 79	Καπάκι εμβόλου	70
➤ Εικόνα 80	Double end banjo fitting	70
➤ Εικόνα 81	Banjo Bolt	70
➤ Εικόνα 82	Χάλκινη ροδέλα	70
➤ Εικόνα 83	Ελατήριο επιστροφής σφικτήρα	71
➤ Εικόνα 84	Οδηγός ελατηρίου	71
➤ Εικόνα 85	Διαδικασία αφαίρεσης εργαλείου (βήμα 1)	81

➤ Εικόνα 86	Διαδικασία αφαίρεσης εργαλείου (βήμα 2)	82
➤ Εικόνα 87	Διαδικασία τοποθέτησης εργαλείου (βήμα 1)	83
➤ Εικόνα 88	Διαδικασία τοποθέτησης εργαλείου (βήμα 2)	84
➤ Εικόνα 89	Διάγραμμα ελευθέρου σώματος (ΔΕΣ) σφικτήρα συμβατικού συστήματος συγκράτησης	85
➤ Εικόνα 90	Διάγραμμα ελευθέρου σώματος (ΔΕΣ) για σφικτήρα	86
➤ Εικόνα 91	Ανάλυση ενδιάμεσης πλάκας με πεπερασμένα στοιχεία μέσω εμπορικού πακέτου SOLIDWORKS	87
➤ Εικόνα 92	Στοιχεία πλεγματοποίησης ενδιάμεσης πλάκας	88
➤ Εικόνα 93	Διάγραμμα αναπτυσσόμενων τάσεων σε ενδιάμεση πλάκα.....	89
➤ Εικόνα 94	Διάγραμμα παραμορφώσεων κατά άξονα z της ενδιάμεσης πλάκας ..	90
➤ Εικόνα 95	Διάγραμμα συντελεστή ασφαλείας (Factor of safety) ενδιάμεσης πλάκας.....	91
➤ Εικόνα 96	Ανάλυση σφικτήρα με πεπερασμένα στοιχεία μέσω εμπορικού πακέτου SOLIDWORKS	92
➤ Εικόνα 97	Στοιχεία πλεγματοποίησης σφικτήρα	93
➤ Εικόνα 98	Διάγραμμα αναπτυσσόμενων τάσεων σε σφικτήρα.....	94
➤ Εικόνα 99	Διάγραμμα παραμορφώσεων κατά τον άξονα z σφικτήρα	95
➤ Εικόνα 100	Διάγραμμα συντελεστή ασφαλείας (Factor of safety) σφικτήρα	96
➤ Εικόνα 101	Βασικά μέρη συστήματος συγκράτησης όπως τυπώθηκαν σε 3D Printer.....	103
➤ Εικόνα 102	Συναρμολογημένο σύστημα συγκράτησης που τυπώθηκε σε 3D Printer (εμπρός όψη)	104
➤ Εικόνα 103	Συναρμολογημένο σύστημα συγκράτησης που τυπώθηκε σε 3D Printer (πλάγια όψη)	105
➤ Εικόνα 104	Συναρμολογημένο σύστημα συγκράτησης που τυπώθηκε σε 3D Printer (πίσω όψη)	106
➤ Εικόνα 105	Μονογραμμικό διάγραμμα υδραυλικού κυκλώματος.....	107
➤ Εικόνα 106	Τρόπος σύνδεσης υδραυλικής μονάδας στο υδραυλικό κύκλωμα της πρέσας.....	108
➤ Εικόνα 107	Ανακουφιστική βαλβίδα (relief valve).....	108
➤ Εικόνα 108	Ανακουφιστική βαλβίδα (check valve).....	109
➤ Εικόνα 109	Τρόπος λειτουργίας ηλεκτροβαλβίδας διεύθυνσης ροής.....	110
➤ Εικόνα 110	Ηλεκτροβαλβίδα διεύθυνσης ροής 3/2 normally open	110
➤ Εικόνα 111	Βάση - τάκος υδραυλικών βαλβίδων και συσσωρευτών όπως αυτός σχεδιάστηκε μέσω εμπορικού πακέτου SOLIDWORKS.....	111
➤ Εικόνα 112	Υδραυλική μονάδα ισχύος όπως αυτή αναπτύχθηκε για την συγκεκριμένη εφαρμογή και σχεδιάστηκε στο εμπορικό πακέτο SOLIDWORKS....	112
➤ Εικόνα 113	Υδραυλική μονάδα ισχύος (όψη σε τομή) όπως αυτή αναπτύχθηκε για την συγκεκριμένη εφαρμογή και σχεδιάστηκε στο εμπορικό πακέτο SOLIDWORKS.....	112
➤ Εικόνα 114	Τελικό μοντέλο υδραυλικού συστήματος συγκράτησης εργαλείων	116

Κατάλογος Πινάκων

➤ Πίνακας 1	Παράγοντες που επιδρούν στην γωνία επαναφοράς.....	24
➤ Πίνακας 2	Πίνακας τεμαχίων.....	72
➤ Πίνακας 3	Φασεολόγιο κατεργασιών ενδιάμεσης πλάκας.....	97
➤ Πίνακας 4	Φασεολόγιο κατεργασιών σφικτήρα.....	99
➤ Πίνακας 5	Φασεολόγιο κατεργασιών βάσης μεντεσέ.....	101
➤ Πίνακας 6	Κοστολόγηση συστήματος συγκράτησης.....	113

1 Διαμόρφωση μεταλλικών ελασμάτων με κάμψη

1.1 Γενικά

Η κατεργασία διαμόρφωσης μεταλλικών ελασμάτων με κάμψη ανήκει στην γενική κατηγορία των κατεργασιών διαμόρφωσης του επίπεδου ελάσματος. Κατά την κατεργασία διαμόρφωσης μεταλλικών ελασμάτων με κάμψη ένα φύλλο ελάσματος κάμπτεται χρησιμοποιώντας εργαλεία που αποτελούνται από ένα ή περισσότερα ζεύγη από έμβολα και μήτρες. Τα τεμάχια που προκύπτουν από την κάμψη ελασμάτων αποτελούν μερικά από τα πιο σημαντικά ημι-έτοιμα προϊόντα (Gurta, 2002). Μερικές από τις πιο συνήθεις εφαρμογές των τεμαχίων που προκύπτουν από την κάμψη μεταλλικών φύλλων είναι στην βιομηχανία παραγωγής αεροσκαφών, πλοίων, αυτοκινήτων, κλπ.



Εικόνα 1 Κατεργασία διαμόρφωσης μεταλλικού ελάσματος με κάμψη

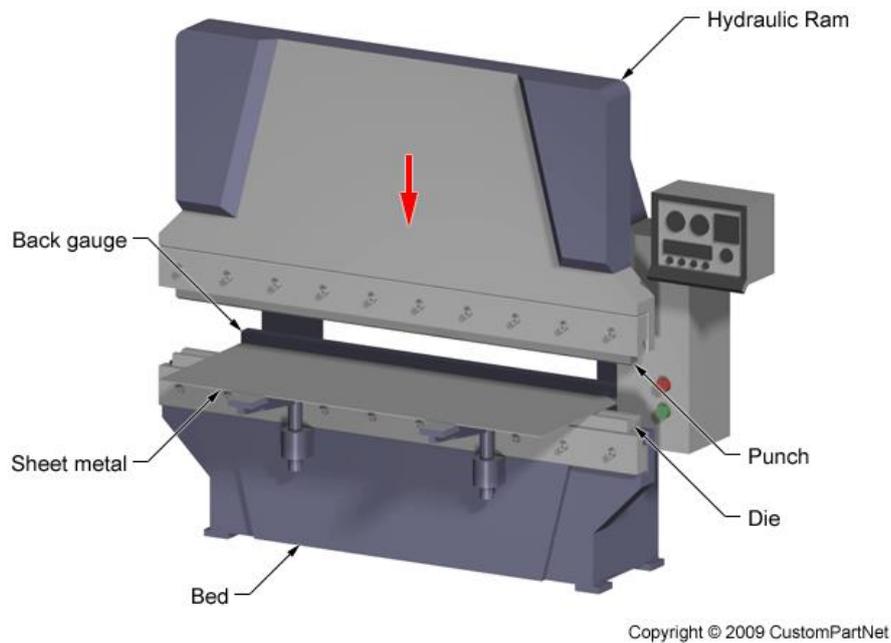
Δοχεία, προφίλ, καλύμματα και άλλα εξαρτήματα από λαμαρίνα παίρνουν την μορφή τους με διάφορες μεθόδους διαμορφώσεως με κάμψη. Απ' όλες τις κατεργασίες μορφοποίησης μεταλλικών φύλλων, η κάμψη είναι η ευκολότερη που μπορεί να γίνει με καλούπια σε πρέσες που σε συνδυασμό με το χαμηλό κόστος οδήγησε πολλά κομμάτια από λαμαρίνα τα οποία παλαιότερα παράγονταν με άλλες κατεργασίες διαμόρφωσης, έχουν ξανασχεδιαστεί ώστε η παραγωγή τους να γίνεται με κάμψη.



Εικόνα 2 Τελικά προϊόντα από κατεργασία κάμψης

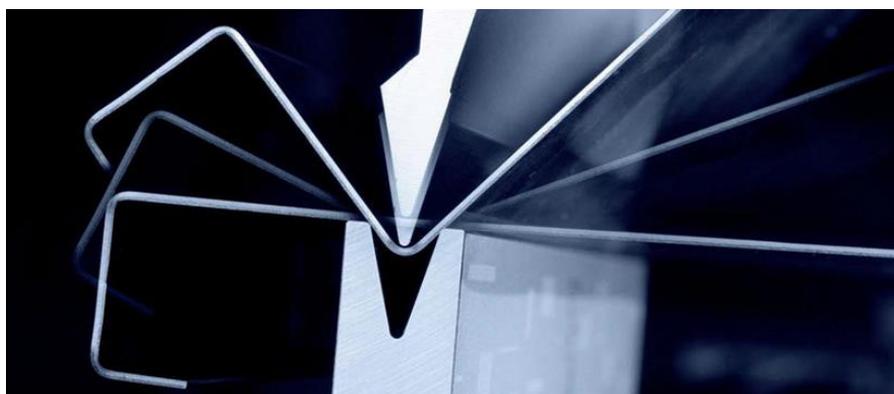
1.2 Κάμψη σε στραντζόπρεσα

Η κάμψη μεταλλικών ελασμάτων συνήθως πραγματοποιείται σε μια μηχανή που ονομάζεται στραντζόπρεσα (press brake), η οποία μπορεί να είναι είτε χειροκίνητη είτε αυτόματη. Οι στραντζόπρεσες είναι διαθέσιμες σε ένα μεγάλο εύρος μεγεθών (συνήθως από 20 μέχρι 200 τόννους) έτσι ώστε να ταιριάζουν στην εκάστοτε εφαρμογή. Η στραντζόπρεσα έχει ένα άνω εργαλείο που ονομάζεται έμβολο (punch) και ένα κάτω εργαλείο που ονομάζεται μήτρα (die), ανάμεσα στα οποία τοποθετείται το έλασμα.



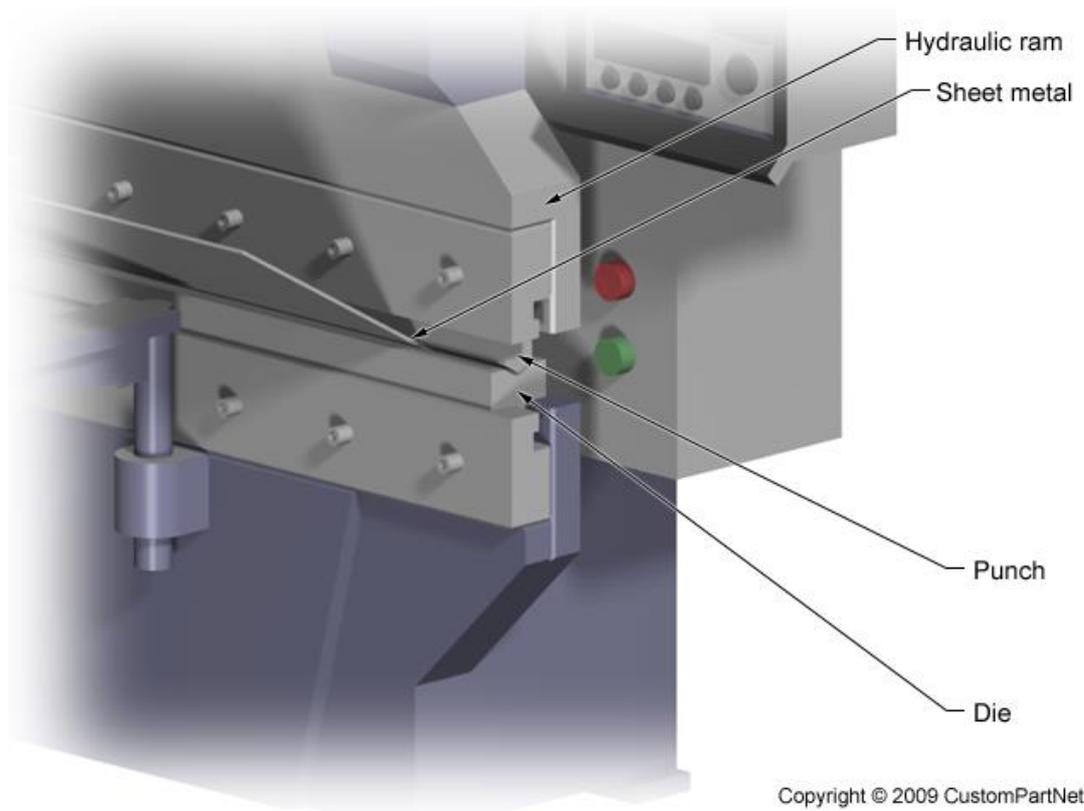
Εικόνα 3 Βασική δομή στραντζόπρεσας

Το έλασμα-φύλλο λαμαρίνας τοποθετείται προσεκτικά πάνω στην μήτρα και συγκρατείται στη θέση του από τον πίσω οδηγό (back gauge) καθώς το έμβολο χαμηλώνει και αναγκάζει το έλασμα να καμφθεί.



Εικόνα 4 Στιγμιότυπα από κάμψη ελάσματος

Η γωνία κάμψης που επιτυγχάνεται προσδιορίζεται από το βάθος στο οποίο το έμβολο σπρώχνει το έλασμα εντός της μήτρας. Αυτό το βάθος ελέγχεται με ακρίβεια για να επιτευχθεί η επιθυμητή κάμψη.



Copyright © 2009 CustomPartNet

Εικόνα 5 Βασική δομή στραντζόπρεσας (συνέχεια)

Συνήθως χρησιμοποιούνται τυποποιημένα εργαλεία του εμπορίου για έμβολο και μήτρα επιτρέποντας έτσι ένα χαμηλό αρχικό κόστος και βέβαια περιορισμένο μέγεθος παραγωγής. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν και εξειδικευμένα εργαλεία για εξεζητημένες εφαρμογές κάμψης αυξάνοντας όμως το κόστος. Το υλικό των εργαλείων επιλέγεται ανάλογα με την ποσότητα της παραγωγής, το υλικό του ελάσματος προς κάμψη, κλπ. Γενικά, ένα δυνατότερο εργαλείο απαιτείται για να αντέξει την παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων τεμαχίων, και για σκληρότερο υλικό ελάσματος.

1.3 Βασική ορολογία και βήματα κατεργασίας κάμψης

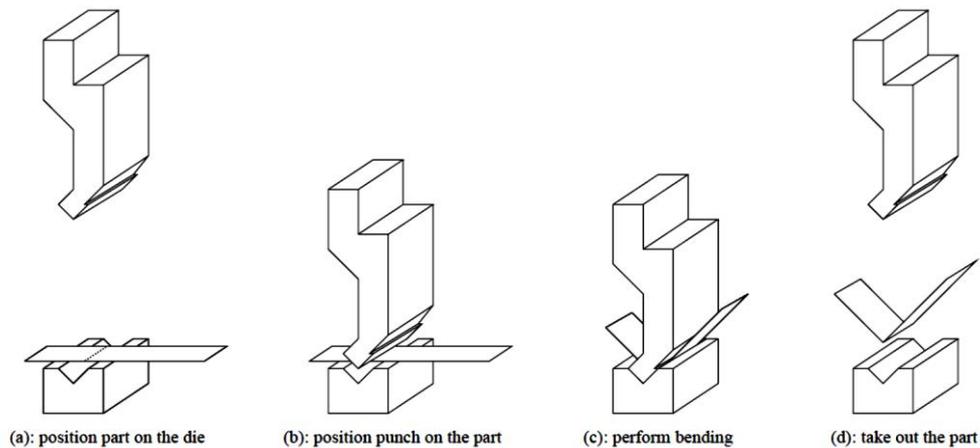
Κατά την κάμψη μεταλλικών ελασμάτων, ένα επίπεδο φύλλο λαμαρίνας κάμπτεται χρησιμοποιώντας ζεύγη από έμβολο (punches) και μήτρες (dies). Το έμβολο και η μήτρα είναι τοποθετημένα πάνω σε μια πρέσα κάμψης (στραντζόπρεσα) (press brake), η οποία ελέγχει την σχετική κίνηση ανάμεσα στο έμβολο και την μήτρα, και παρέχει το απαραίτητο φορτίο κάμψης



Εικόνα 6 Ονοματολογία βασικών μερών στραντζόπρεσας

Τα βήματα που ακολουθούνται κατά την κατεργασία της κάμψης φαίνονται στην παραπάνω εικόνα και είναι τα ακόλουθα (Gurta και Bourne και Kim και Krishnan, 1998):

- Τοποθετείται το έλασμα πάνω στην μήτρα στην κατάλληλη θέση
- Κατεβαίνει το έμβολο μέχρις ότου να έρθει σε επαφή με το έλασμα
- Το έμβολο κατεβαίνει περαιτέρω και πραγματοποιεί την κάμψη του ελάσματος
- Το έμβολο ανεβαίνει και το τεμάχιο είναι έτοιμο προς παραλαβή



Εικόνα 7 Βήματα κατεργασίας κάμψης

1.4 Είδη κάμψης

Όταν χρησιμοποιείται μια στραντζόπρεσα και τυπικά σετ εργαλείων υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία από τεχνικές που μπορούν να υιοθετηθούν για να καμφθεί ένα έλασμα. Οι κατεργασίες κάμψης διακρίνονται μεταξύ τους ανάλογα με την μέθοδο που χρησιμοποιούν για να παραμορφώσουν πλαστικά το έλασμα. Το υλικό του ελάσματος, το μέγεθος και το πάχος είναι οι βασικότεροι παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη για την επιλογή της κατεργασίας κάμψης. Κατά τον σχεδιασμό του τεμαχίου θα πρέπει να επιλεγεί η πιο αποδοτική μέθοδος κάμψης με βάση την φύση της επιθυμητής κάμψης και το υλικό που χρησιμοποιείται. Αρκετά είδη κάμψεων μπορεί να πραγματοποιούνται αποδοτικά από πολλές διαφορετικές κατεργασίες κάμψης, και τότε τα μηχανήματα που έχουμε στην διάθεσή μας θα καθορίσουν το είδος της κάμψης.



Εικόνα 8 Παράδειγμα κάμψης ελάσματος

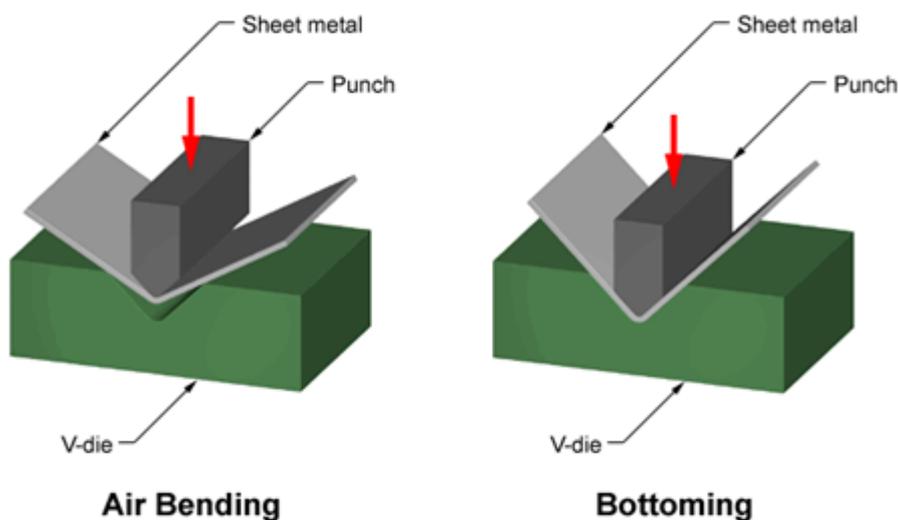
Οι κυριότερες κατηγορίες κάμψης είναι οι ακόλουθες :

1.4.1 Κάμψη-V

Η πιο γνωστή μέθοδος κάμψης ονομάζεται Κάμψη-V, διότι το έμβολο και η μήτρα έχουν σχήμα V. Το έμβολο πιέζει το έλασμα εντός αυλακιού σχήματος V που υπάρχει στην V-μήτρα, με αποτέλεσμα την κάμψη του.

Αν το έμβολο δεν αναγκάζει το φύλλο λαμαρίνας να φτάσει στον πάτο του αυλακιού της μήτρας, αφήνοντας κενό ή αέρα από κάτω, τότε ονομάζεται ελεύθερη κάμψη (Air Bending). Έτσι, το αυλάκι σχήματος V θα πρέπει να έχει μικρότερη γωνία από την γωνία κάμψης που θέλουμε να πάρει το έλασμα.

Αν το έμβολο αναγκάζει το φύλλο ελάσματος να φτάσει στον πάτο του αυλακιού της μήτρας τότε έχουμε κλειστή κάμψη (Bottoming). Αυτή η μέθοδος επιτρέπει καλύτερο έλεγχο της γωνίας κάμψης αφού υπάρχει λιγότερη ελαστική επαναφορά (springback) του ελάσματος. Βέβαια σε αυτή την περίπτωση απαιτείται πρέσα με μεγαλύτερο τονάζ.



Copyright © 2009 CustomPartNet

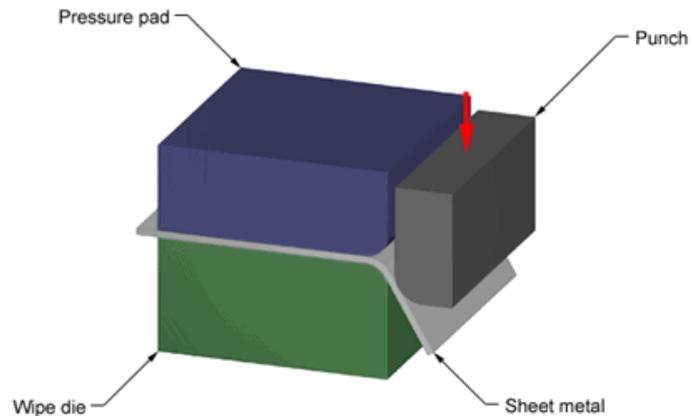
Εικόνα 9 Κάμψη - V

Και στις δύο περιπτώσεις το άνοιγμα του αυλακιού της μήτρας είναι συνήθως από 6 έως 18 φορές το πάχος του φύλλου του ελάσματος. Αυτή η τιμή ονομάζεται συντελεστής-λόγος της μήτρας (die ratio) και ισούται με το κλάσμα του ανοίγματος της μήτρας προς το πάχος του ελάσματος.

1.4.2 Κάμψη προβόλου

Άλλη μια πολύ γνωστή κατεργασία κάμψης επίπεδου ελάσματος είναι η κάμψη προβόλου. Η κάμψη προβόλου έχει σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις άλλες κατηγορίες. Όμως για γωνίες μεγαλύτερες των 90° απαιτείται πολύ περίπλοκος εξοπλισμός, αφού μεταβιβάζονται στο εργαλείο δυνάμεις και στον οριζόντιο άξονα. Επίσης, απαιτείται μια επιφάνεια πίεσης για την πάκτωση-συγκράτηση του ελάσματος, η οποία θα πρέπει να χειρίζεται ξεχωριστά από το

έμβολο. Βασικά, η επιφάνεια πίεσης συγκρατεί ένα τμήμα του ελάσματος πάνω στην μήτρα, η περιοχή που πραγματοποιείται η κάμψη βρίσκεται στην ακμή της μήτρας, και το υπόλοιπο του ελάσματος περισσεύει σαν πρόβολος. Έτσι, το έμβολο ασκεί δυνάμεις στο τμήμα του προβόλου προκαλώντας την κάμψη του ελάσματος πάνω στην ακμή της μήτρας.

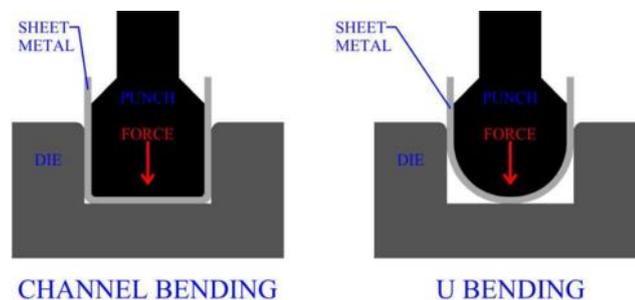


Copyright © 2009 CustomPartNet

Εικόνα 10 Κάμψη προβόλου

1.4.3 Διπλή κάμψη ή κάμψη U

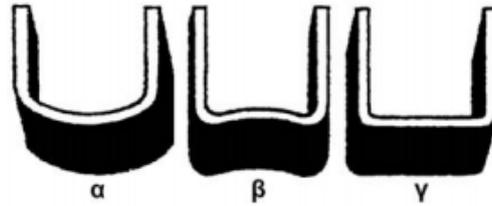
Στην κάμψη U χρησιμοποιούνται έμβολο και μήτρα γεωμετρίας τέτοιας ώστε το έλασμα να λάβει την μορφή καναλιού.



Εικόνα 11 Διπλή κάμψη ή κάμψη U

Μπορεί να διακριθεί στα ακόλουθα είδη:

- **Ελεύθερη κάμψη U:** κατά την οποία δεν υπάρχει καμία αντίθλιψη στο τέλος της διαδρομής του εμβόλου, με αποτέλεσμα ο πυθμένας του τεμαχίου να διαμορφώνεται έντονα κυρτός προς τα κάτω.
- **Κλειστή κάμψη με αντίθλιψη στο τέλος της διαδρομής:** κατά την οποία ο πυθμένας του τεμαχίου παρουσιάζεται στο τέλος της διαμόρφωσης ελαφρά κυρτός προς τα πάνω.
- **Κλειστή κάμψη με συγκράτηση:** (μέσω ελατηρίων ή πνευματική), κατά την οποία ο πυθμένας του τεμαχίου είναι σχεδόν επίπεδος. Η διάταξη συγκράτησης χρησιμοποιείται ταυτόχρονα και για την εξόλκευση του τεμαχίου.



Είδη διπλής κάμψης

- α: Ελεύθερη κάμψη**
- β: Κλειστή κάμψη με αντίθλιψη στο τέλος της διαδρομής**
- γ: Κλειστή κάμψη με συνεχή αντίθλιψη (συγκράτηση)**

Εικόνα 12 Είδη διπλής κάμψης

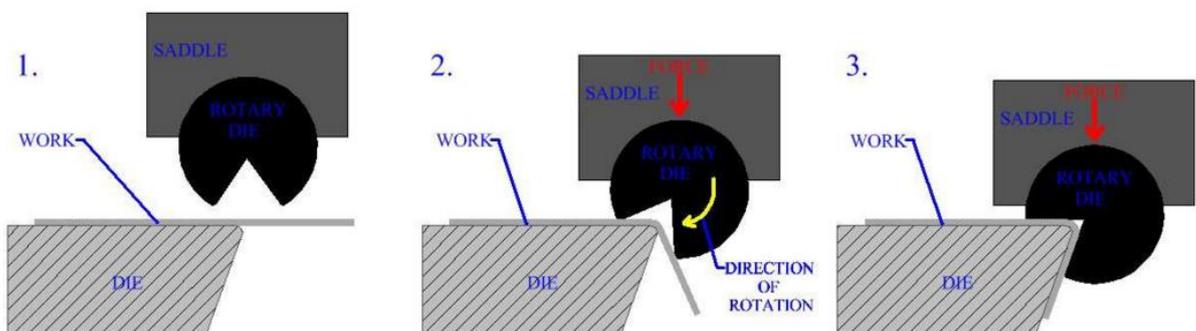
1.4.4 Περιστροφική κάμψη

Η περιστροφική κάμψη λειτουργεί με όμοιο τρόπο με την κάμψη προβόλου. Όμως το έμβολο και η μήτρα έχουν διαφορετικό σχεδιασμό.

Ένας κύλινδρος στον οποίο έχει αφαιρεθεί ένα τμήμα ορισμένης γωνίας (έχει δημιουργηθεί ένα αυλάκι σχήματος V) χρησιμοποιείται ως έμβολο (rotary die). Ο κύλινδρος μπορεί να περιστρέφεται γύρω από τον ένα άξονα και η κίνησή του εμποδίζεται αυστηρώς προς όλες τις άλλες διευθύνσεις από μια σέλλα (saddle).

Το έλασμα τοποθετείται ως πρόβολος έξω από την ακμή της κάτω μήτρας όπως στην κάμψη προβόλου. Όμως σε αυτή την περίπτωση δεν υπάρχει επιφάνεια πίεσης για την συγκράτηση. Ασκώντας απλά δύναμη στο έμβολο γίνονται όλες οι δουλειές. Το αυλάκι σχήματος V στον κύλινδρο σχηματίζει δύο επιφάνειες. Η πρώτη επιφάνεια βρίσκεται σε επαφή με το έλασμα ασκώντας πίεση που συγκρατεί αυτό πάνω στην κάτω μήτρα. Καθώς ασκείται δύναμη στο έμβολο ο κύλινδρος περιστρέφεται, με αποτέλεσμα η δεύτερη επιφάνεια να κάμπτεται το έλασμα γύρω από την ακμή της μήτρας, ενώ η πρώτη συνεχίζει να παρέχει συγκράτηση.

ROTARY BENDING OF SHEET METAL

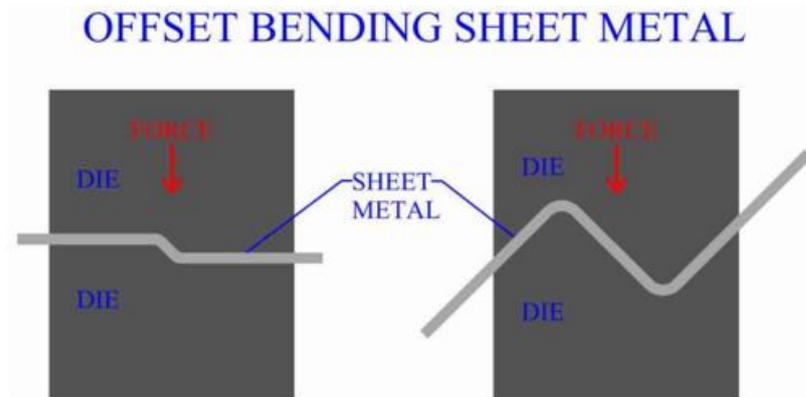


Εικόνα 13 Περιστροφική κάμψη

Η περιστροφική κάμψη πλεονεκτεί έναντι της κάμψης προβόλου αφού δέν χρειάζεται ξεχωριστή επιφάνεια πίεσης για συγκράτηση, και επιτρέπει γωνίες κάμψης μεγαλύτερες των 90° χωρίς να προκύπτουν δυνάμεις στον οριζόντιο άξονα.

1.4.5 Κάμψη όφσσετ

Η ανάγκες για την παραγωγή πολλών διαφορετικών και εξεζητημένων γεωμετριών μέσω της κάμψης επίπεδου ελάσματος έχουν οδηγήσει στην παραγωγή μη τυποποιημένων εργαλείων κάμψης για την εκάστοτε εφαρμογή.

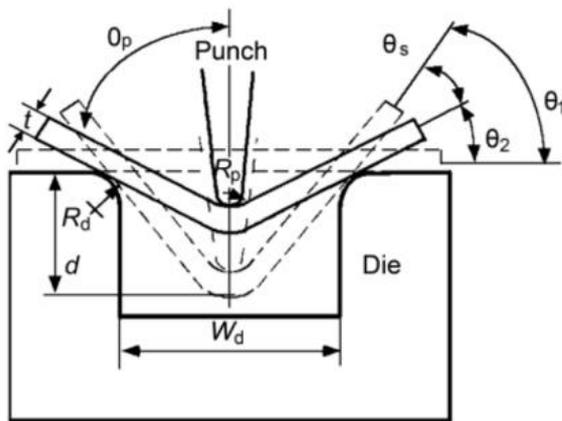


Εικόνα 14 Κάμψη όφσσετ

1.5 Μηχανική της κάμψης

Ακολουθεί η μελέτη του μηχανισμού της κάμψης (Altan και Tekkaya, 2012) θεωρώντας ότι συμβαίνει καθαρή κάμψη ελάσματος, δηλαδή πλαστική του παραμόρφωση υπό την επενέργεια μόνο καμπτικών ροπών

Οι μεταβλητές που θα χρησιμοποιηθούν στην παρούσα ανάλυση της μηχανικής της κάμψης φαίνονται στα ακόλουθα σχήματα:



όπου:

R_p = Ακτίνα καμπυλότητας εμβόλου

R_d = Ακτίνα καμπυλότητας μήτρας

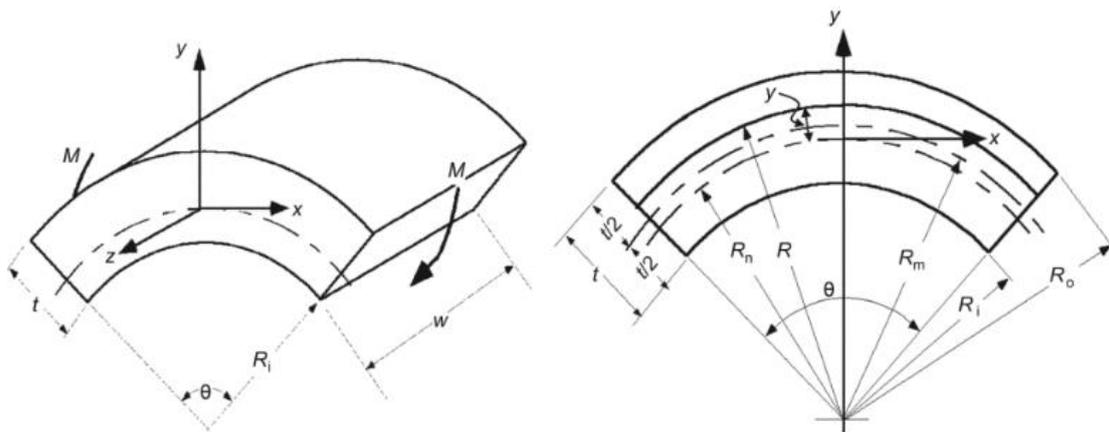
W_d = Άνοιγμα μήτρας

$\theta_s = 2\theta_1 - 2\theta_2$ = Γωνία ελαστικής επαναφοράς

θ_p = Ημιγωνία κάμψης (μετά την ελαστική επαναφορά)

t = Πάχος ελάσματος

Εικόνα 15 Σχηματική αναπαράσταση κάμψης



Εικόνα 16 Χαρακτηριστικά ζώνης παραμόρφωσης

όπου:

R_i = ακτίνα καμπυλότητας εσωτερικής θλιβόμενης πλευράς

R_o = ακτίνα καμπυλότητας εξωτερικής εφελκυσμένης πλευράς

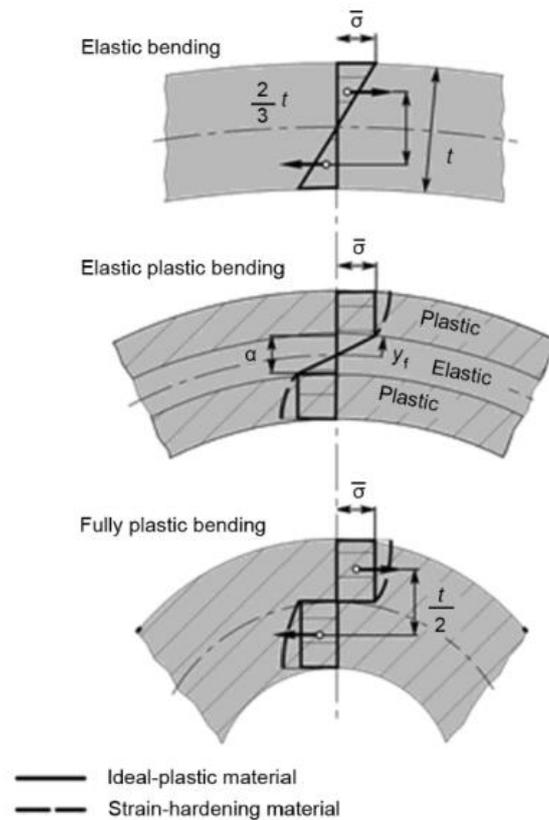
R_m = ακτίνα καμπυλότητας μέσου επιπέδου

R_n = ακτίνα καμπυλότητας ουδέτερου επιπέδου

Κατά την διάρκεια της κατεργασίας της κάμψης η εξωτερική πλευρά του ελάσματος εφελκύεται ενώ η εσωτερική θλίβεται. Η απλοποιημένη θεωρία της κάμψης, θεωρώντας ότι μια σταθερή ροπή κάμψης M , μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μια λογική αρχική προσέγγιση για το υπολογισμό των τάσεων, των παραμορφώσεων και της ελαστικής επαναφοράς.

1.5.1 Υπολογισμός των παραμορφώσεων

Η τομή ενός δοκιμίου που υπόκειται σε κάμψη με σταθερή ροπή M φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα:



Εικόνα 17 Ανάπτυξη τάσεων κατά την κάμψη ελάσματος

Η παραμόρφωση μιας ίνας σε απόσταση y από τον ουδέτερο άξονα υπό αυτές τις συνθήκες φόρτισης μπορεί να εκφραστεί κατά προσέγγιση ως:

$$\varepsilon_b = \ln\left(\frac{l}{l_0}\right) = \ln\left(\frac{R}{R_n}\right)$$

Όπου: ε_b : η παραμόρφωση λόγω κάμψης

l : το μήκος μιας ίνας σε απόσταση y από τον ουδέτερο άξονα

l_0 : το μήκος του ουδέτερου άξονα

R : η ακτίνα καμπυλότητας της ίνας

R_n : η ακτίνα καμπυλότητας του ουδέτερου άξονα

Αν γράψουμε την ακτίνα καμπυλότητας R συναρτήσει του y τότε έχουμε:

$$\varepsilon_b = \ln\left(1 \pm \frac{y}{R_n}\right)$$

Για κάμψη με μεγάλο συντελεστή R/t η R_n ισούται κατά προσέγγιση με την R_m :

$$R_n \approx R_m = R_i + \frac{t}{2}$$

Χρησιμοποιώντας το ανάπτυγμα Taylor η παραμόρφωση μπορεί να γραφτεί:

$$\varepsilon_b = \dots = \frac{y}{R_n} \left[1 - \frac{y}{2R_m} \right]$$

Για μεγάλες ακτίνες καμπυλότητας κατά την κάμψη η πραγματική παραμόρφωση ε_b έχει τιμή πολύ κοντινή στην ονομαστική παραμόρφωση e_b , γίνεται γραμμικός ανεξάρτητη με την ακτινική απόσταση y . Οπότε:

$$\varepsilon_b \approx e_b = \frac{y}{R_m}$$

Επομένως, η μέγιστη παραμόρφωση στην εξωτερική ίνα μπορεί να γραφεί ως:

$$\varepsilon_b^{max} = \ln \left(1 \pm \frac{t/2}{R_m} \right) = \ln \left(1 \pm \frac{t}{2R_i + t} \right)$$

ή

$$\varepsilon_b^{max} \approx e_b^{max} = \pm \frac{t}{2R_i + t}$$

1.5.2 Υπολογισμός τάσεων

Σύμφωνα με τον νόμο του Hooke, η συνιστώσα της τάσης $\sigma_{b,e}$ που προκαλεί την ελαστική παραμόρφωση υπολογίζεται ως:

$$\sigma_{b,e} = \frac{E}{(1 - \nu^2)} \varepsilon_b = \pm \frac{E}{(1 - \nu^2)} \frac{y}{R_m}, \quad 0 < \varepsilon_b < \varepsilon_{e,o}$$

όπου E = μέτρο ελαστικότητας

ν = λόγος Poisson

$\varepsilon_{e,o}$ = όριο ελαστικότητας

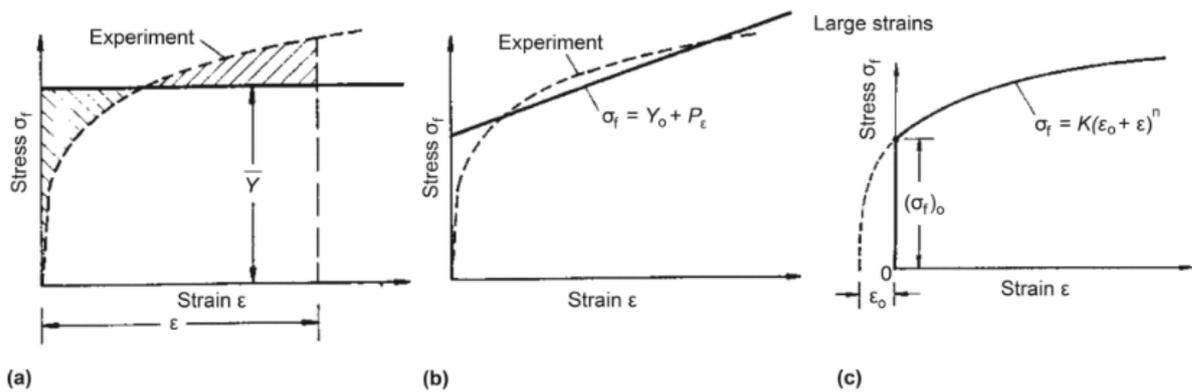
Η συνιστώσα της τάσης $\sigma_{b,p}$ που προκαλεί την πλαστική παραμόρφωση υπολογίζεται ανάλογα με ποιο μοντέλο θα επιλέξουμε.

Σύμφωνα με το μοντέλο του ανελαστικού – τέλεια πλαστικού υλικού (εικόνα 18a), χρησιμοποιώντας στην σταθερά F του νόμου του Hill τάση είναι:

$$\sigma_{b,p} = F * \bar{\sigma}, \quad \varepsilon_{e,o} < \varepsilon_b$$

Σύμφωνα με το γενικευμένο ενεργειακό μοντέλο (νόμος του Swift) (εικόνα 18c) η τάση προκύπτει:

$$\sigma_{b,p} = KF^{n+1} \left[\frac{\varepsilon_o - \varepsilon_{e,o}}{F} + \varepsilon_b \right]^n = KF^{n+1} \left[\frac{\varepsilon_o - \varepsilon_{e,o}}{F} + \ln \left(1 \pm \frac{y}{R_n} \right) \right]^n, \quad \varepsilon_{e,o} < \varepsilon_b$$



Εικόνα 18 Μοντέλο για συσχέτιση τάσεων παραμορφώσεων: (α) μοντέλο ανελαστικού-τέλεια πλαστικού υλικού, (β) γραμμικό μοντέλο, (γ) γενικευμένο ενεργειακό μοντέλο

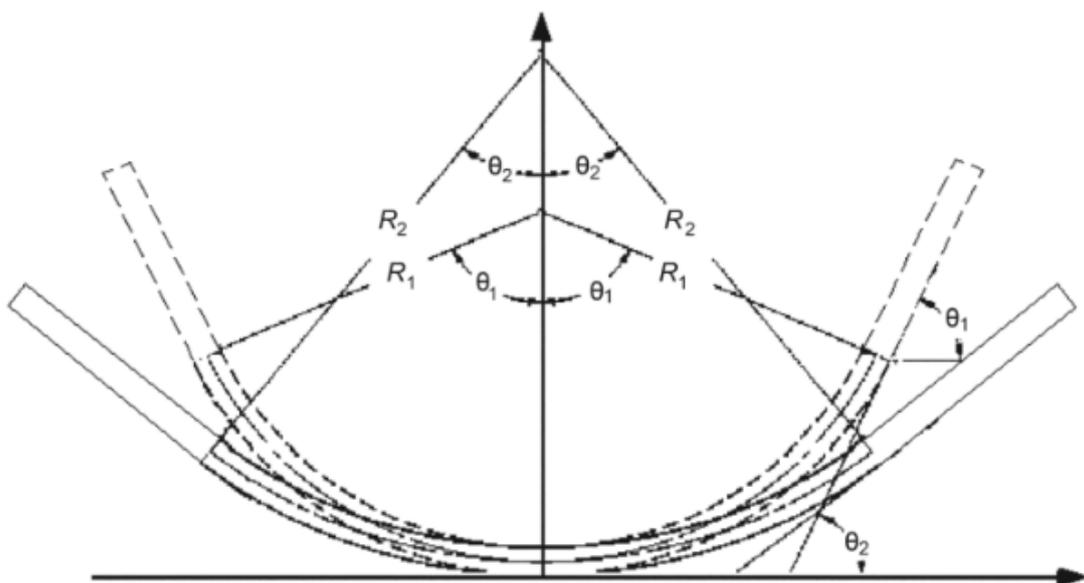
1.5.3 Υπολογισμός ροπής κάμψης

Η ροπή κάμψης θα υπολογιστεί από την ολοκλήρωση των καμπτικών τάσεων σε όλο το πάχος του ελάσματος. Οπότε, θεωρώντας ανελαστικό – τέλεια πλαστικό υλικό έχουμε:

$$M = M_p = \int_0^t \sigma_x y \, dy = \int_{-t/2}^{t/2} F \bar{\sigma} y \, dy = F \bar{\sigma} \frac{t^2}{4}$$

1.5.4 Ελαστική επαναφορά (springback)

Ελαστική επαναφορά ή αναπήδηση (springback) ονομάζεται το φαινόμενο κατά το οποίο μετά την ανύψωση του εμβόλου εμφανίζεται μερική επαναφορά του διαμορφωμένου ελάσματος προς την αρχική του κατάσταση, λόγω των αναπτυσσόμενων παραμενουσών τάσεων, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 19 Ελαστική επαναφορά (springback)

Η γωνία επαναφοράς $\Delta\theta = 2(\theta_1 - \theta_2)$ εξαρτάται κυρίως από το υλικό του ελάσματος και τις παραμέτρους της κατεργασίας. Οι μεταβλητές και τα αποτελέσματά τους στην αναπήδηση είναι τα παρακάτω:

- i. Τα σκληρότερα μέταλλα παρουσιάζουν μεγαλύτερο βαθμό αναπήδησης, γιατί το όριο ελαστικότητας σε αυτά είναι υψηλότερο, με αποτέλεσμα να δημιουργείται μεγαλύτερη ελαστική λωρίδα κατά την κάμψη.
- ii. Μια αιχμηρή ή μικρότερη ακτίνα καμπυλότητας στην περιοχή της κάμψης ελαττώνει την αναπήδηση, γιατί αναπτύσσεται μια μεγαλύτερη πλαστική ζώνη και ίσως να προκληθούν σχισμές στην εξωτερική επιφάνεια, λόγω μεγαλύτερων τάσεων
- iii. Όσο μεγαλώνει η γωνία της κάμψης σε μοίρες, τόσο η πλαστική ζώνη επεκτείνεται και ο ρυθμός αναπήδησης μειώνεται για κάθε αύξηση της γωνίας κάμψης. Όμως, η ολική αναπήδηση αυξάνει με την αύξηση της καμπτικής γωνίας.
- iv. Τα παχύτερα μεταλλικά φύλλα παρουσιάζουν μικρότερη αναπήδηση, αφού μεγαλύτερη πλαστική παραμόρφωση προκαλείται, θεωρώντας σταθερή την ακτίνα καμπυλότητας της μήτρας του καλουπιού.

Οι βασικότερες παραμέτρους που επιδρούν στην ελαστική επαναφορά συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 1 Παράγοντες που επιδρούν στην γωνία επαναφοράς

Springback angle, $\Delta\theta$	Parameter	
	Bending angle, θ	↗
	R_1/t	↗
	E	↘
	σ_y or Y	↗
	K	↗
	n	↘
	Anisotropy	↗

Η γωνία επαναφοράς γράφεται ως:

$$\Delta\theta = S \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

όπου: $\Delta\theta$ = γωνία επαναφοράς

S = το μήκος του τόξου της εσωτερικής πλευράς

R_1 = ακτίνα καμπυλότητας υπό την επίδραση φορτίου

R_2 = ακτίνα καμπυλότητας μετά την αφαίρεση του φορτίου

Όμως ισχύει ότι:

$$\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} = \frac{M(1 - \nu^2)}{IE}$$

όπου: M = ροπή κάμψης

N = λογος Poisson

I = ροπή αδρανείας

E = μέτρο ελαστικότητας

Επομένως, για την γωνία επαναφοράς ισχύει:

$$\Delta\theta = S \frac{M(1 - \nu^2)}{IE}$$

Για σχετικά μικρές γωνίες κάμψης μπορεί να οριστεί ο συντελεστής ελαστικής επαναφοράς K ως:

$$K = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{R_1 + \frac{t}{2}}{R_2 + \frac{t}{2}}, \quad (K \leq 1)$$

1.5.5 Αντιμετώπιση της ελαστικής επαναφοράς:

Οι κυριότερες μέθοδοι που εφαρμόζονται για την αντιμετώπιση της ελαστικής επαναφοράς είναι (Kalpakjian και Schmid, 2008) :

1) Υπέρβαση της γωνίας κάμψης

Η υπέρβαση της γωνίας κάμψης είναι τόση, ώστε μετά να παραμείνει η επιθυμητή γωνία κάμψης. Η υπέρβαση μπορεί να πραγματοποιηθεί ελαττώνοντας το διάκενο του καλουπιού ή φτιάχνοντας το έμβολο και τη μήτρα σε μικρότερη γωνία απ' αυτή που απαιτείται στην περίπτωση ενός καλουπιού V-μορφής.

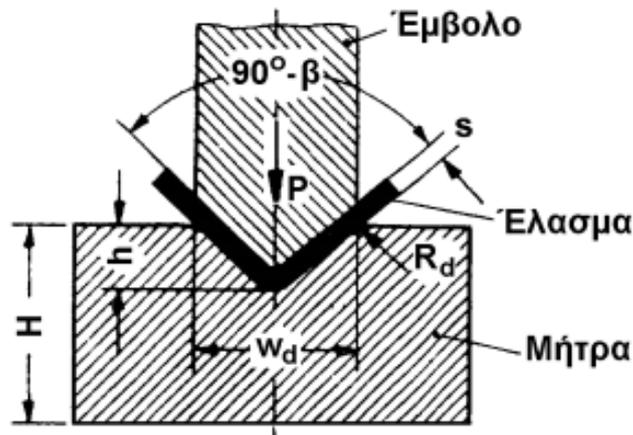
2) Κάμψη με κρούση

Η κάμψη με κρούση πραγματοποιείται με μια οξεία πρόσκρουση του μετάλλου στην περιοχή της κάμψης. Αυτό προκαλεί στο μέταλλο μεγάλη δύναμη συμπίεσης και έτσι το υλικό περνά το όριο ροής. Η κάμψη αυτή επιτυγχάνεται τοποθετώντας μια προεξοχή στο έμβολο.

3) Κάμψη με ταυτόχρονη τάνυση του ελάσματος

Κατά την κατεργασία αυτή το έλασμα κατ' αρχήν τεντώνεται τόσο, ώστε το μέταλλο σε όλες τις περιοχές του να περάσει το όριο ροής. Μετά, το έλασμα τυλίγεται επάνω στο έμβολο, ώστε να δημιουργηθεί η απαιτούμενη μορφή. Πολύ μικρή αναπήδηση υλικού προκαλείται, η οποία οφείλεται σε αυτό το τέντωμα πριν την κάμψη. Με αυτή τη μέθοδο μπορούμε να κάμψουμε κομμάτια με μεγάλες, σχετικά, ακτίνες καμπυλότητας, αφού απότομες ακτίνες θα προκαλούσαν στις περιοχές αυτές εντάσεις πέραν του ορίου αντοχής σε εφελκυσμό. Το έλασμα πρέπει να έχει ομοιομορφία ως προς την αντοχή κατά την κατεργασία αυτή. Οποιοδήποτε ελάττωμα μπορεί να προκαλέσει αστοχία. κάμψη με τάνυση γίνεται σε ειδικές υδραυλικές πρέσες και όχι σε πρέσες με έκκεντρο. Φυσικά, στις υδραυλικές πρέσες έχουμε μικρότερη παραγωγή ανά ώρα.

1.5.6 Πρακτικός κανόνας υπολογισμού για την V-κάμψη



Εικόνα 20 Σχηματική απεικόνιση V-κάμψης

Ακτίνα καμπυλότητας στα άκρα της μήτρας: $R_d = 2.5 s$

Ακτίνα καμπυλότητας στο μέσο της μήτρας: $R = 0.7 (R_p + s)$

Βάθος μήτρας h: Σύμφωνα με τον Πίνακα που ακολουθεί

h(mm)	4	7	11	15	18	22	25	28
s(mm)	1	2	3	4	5	6	7	8
H(mm)	20	30	40	45	55	65	70	80

Μέγιστο φορτίο κάμψης: $P = \frac{1.2 * w * s^2 * \sigma_B}{w_d}$

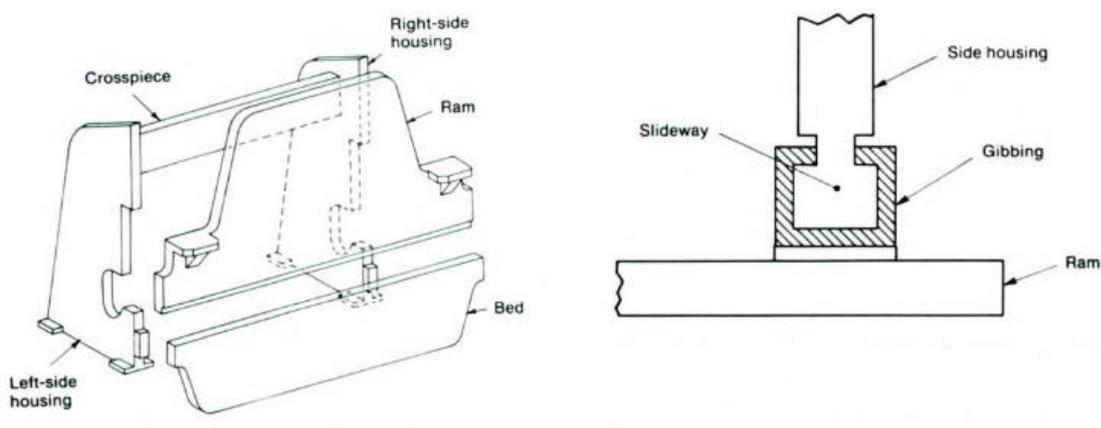
Έργο κατεργασίας: $W = x * P * h \approx \frac{1}{3} * P * h$

2 Στραντζόπρεσα

2.1 Βασική δομή

Η **στραντζόπρεσα (press brake)** είναι μια από τις περισσότερο συναντούμενες μηχανές στην βιομηχανία.

Μια στραντζόπρεσα βασικά αποτελείται από πέντε πλάκες χάλυβα όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (Lascoe, 1988) . Τα δύο **πλαϊνά κελύφη (side housings)** συγκρατώνται μεταξύ τους στην πάνω πλευρά από μια **εγκάρσια πλάκα ατσαλιού (crosspiece)** και στην κάτω μεριά από μια πλάκα χάλυβα που ονομάζεται **κρεβάτι (Bed)**.



Εικόνα 21 Βασικά μέρη στραντζόπρεσας

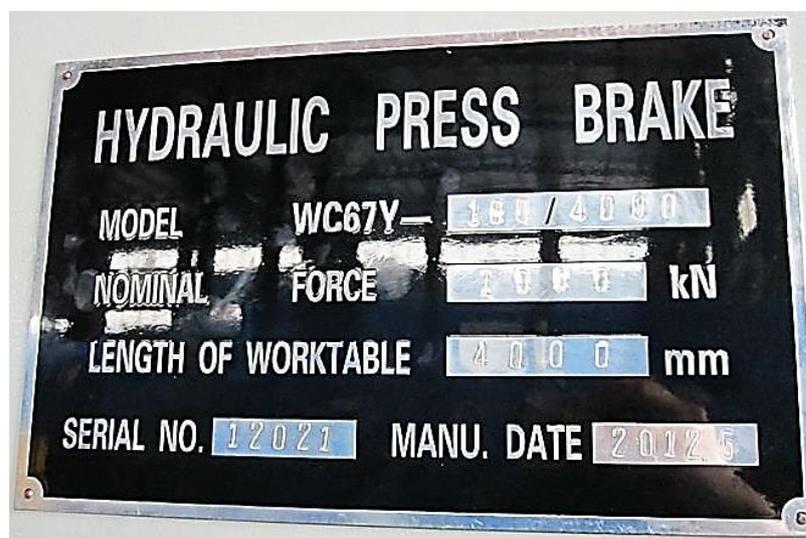
Το **έμβολο (Ram)** βρίσκεται εμπρός από τα πλαϊνά κελύφη, κινείται ευθύγραμμα πάνω – κάτω με την βοήθεια οδηγών, και η δουλειά του είναι να ασκεί πίεση κόντρα στο κρεβάτι. Το έμβολο σπρώχνεται κάτω και τραβιέται πάνω με την βοήθεια δύο υδραυλικών κυλίνδρων ή διωστήρων (για υδραυλική ή μηχανική πρέσσα αντίστοιχα), το καθένα από τα οποία συνδέει το αντίστοιχο πλαϊνό κέλυφος με την αντίστοιχη μεριά του εμβόλου.



Εικόνα 22 Παράδειγμα τυπικής στραντζόπρεσας

2.2 Τονάζ και πλάτος κρεβατιού

Οι στραντζόπρεςες διαβαθμίζονται με βάση δύο βασικές παραμέτρους: το **τονάζ (tonnage)** και το **πλάτος του κρεβατιού (Bed width)** (Fournier, 1989).



Εικόνα 23 Αναγραφή τονάζ και πλάτους κρεβατιού στο ταμπελάκι της πρέσας

Το τονάζ είναι η ποσότητα της δύναμης σε τόνους που η πρέσα μπορεί να ασκήσει για την πραγματοποίηση της κάμψης. Το τονάζ κάθε πρέσας είναι σταθερό και καθορίζει το πάχος του ελάσματος που η στραντζόπρεσα είναι σε θέση να κάμψει.

Το πλάτος του κρεβατιού είναι το ολικό πλάτος της μηχανής. Το πλάτος του κρεβατιού καθορίζει το μέγιστο πλάτος του ελάσματος που η στραντζόπρεσα είναι σε θέση να κάμψει.

2.3 Ταχύτητα εμβόλου

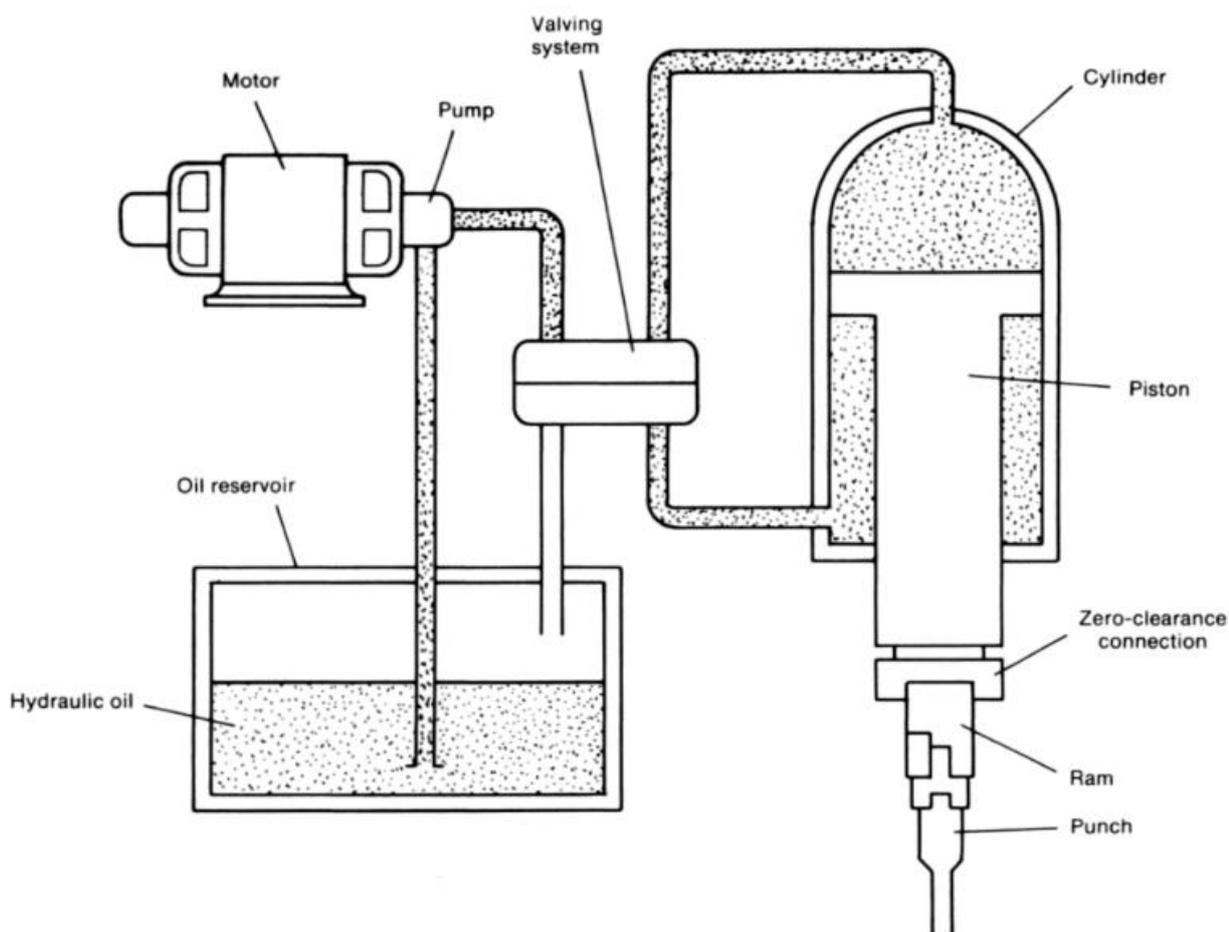
Στην στραντζόπρεσα η κάμψη πραγματοποιείται πιέζοντας το φύλλο λαμαρίνας μεταξύ του άνω εργαλείου (έμβολο) και του κάτω εργαλείου (μήτρα). Το κάτω εργαλείο (μήτρα) είναι στατικό. Το πάνω εργαλείο κατεβαίνει προς το έλασμα και την πιέζει προς την μήτρα. Τόσο σύντομα πραγματοποιείται η κάμψη.

Η **ταχύτητα του εμβόλου (ram speed)** καθορίζει πόσο γρήγορα το έμβολο (άνω εργαλείο) κινείται πάνω – κάτω και είναι εύκολα ελέγξιμη (Fournier, 1989). Το έμβολο κινείται προς τα πάνω με μεγάλη ταχύτητα επειδή για λόγους ασφαλείας πρέπει να απομακρύνεται γρήγορα από το έλασμα και τα χέρια του χειριστή. Όταν το έμβολο κινείται προς τα κάτω η ταχύτητά του ελέγχεται με ακρίβεια από τον χειριστή. Το έμβολο κατεβαίνει με πολύ μικρότερη ταχύτητα για λόγους ασφαλείας. Έτσι είναι εφικτό το έλασμα να τοποθετείται στην θέση του από τον χειριστή με ακρίβεια. Μόλις το άνω εργαλείο ακουμπήσει το έλασμα ο χειριστής την αφήνει και πραγματοποιείται η κάμψη της με ταχύτητα και ακρίβεια.

Ορισμένες πρέσες σύγχρονης τεχνολογίας έχουν μια ιδιαίτερη ρύθμιση σχετικά με την ταχύτητα που κατεβαίνει το έμβολο. Αυτή επιτρέπει το έμβολο να κατεβαίνει με μεγάλη ταχύτητα μέχρις ότου να φτάσει σε απόσταση περίπου 1 ίντσα από το έλασμα. Έτσι ο χειριστής είναι σε θέση να ελέγξει ότι τα χέρια του είναι σε ασφαλή θέση. Μόλις το έμβολο έρθει σε επαφή με το έλασμα ο χειριστής πρέπει να πατήσει ένα ποδομοχλό για να πραγματοποιηθεί η κάμψη.

2.4 Υδραυλική στραντζόπρεσα

Οι **υδραυλικές στραντζόπρεσες** έχουν το λιγότερο περίπλοκο σύστημα κίνησης. Αποτελείται από έναν ηλεκτροκινητήρα, μια υδραυλική αντλία, ένα σύστημα βαλβίδων, και μία ή περισσότερες υδραυλικοί κύλινδροι οι οποίες συνδέουν το κέλυφος της πρέσας με το έμβολό της. Το σύστημα αυτό φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (Lascoe, 1988).



Οι **υδραυλικοί κύλινδροι** που χρησιμοποιούνται είναι συνήθως διπλής ενεργείας.

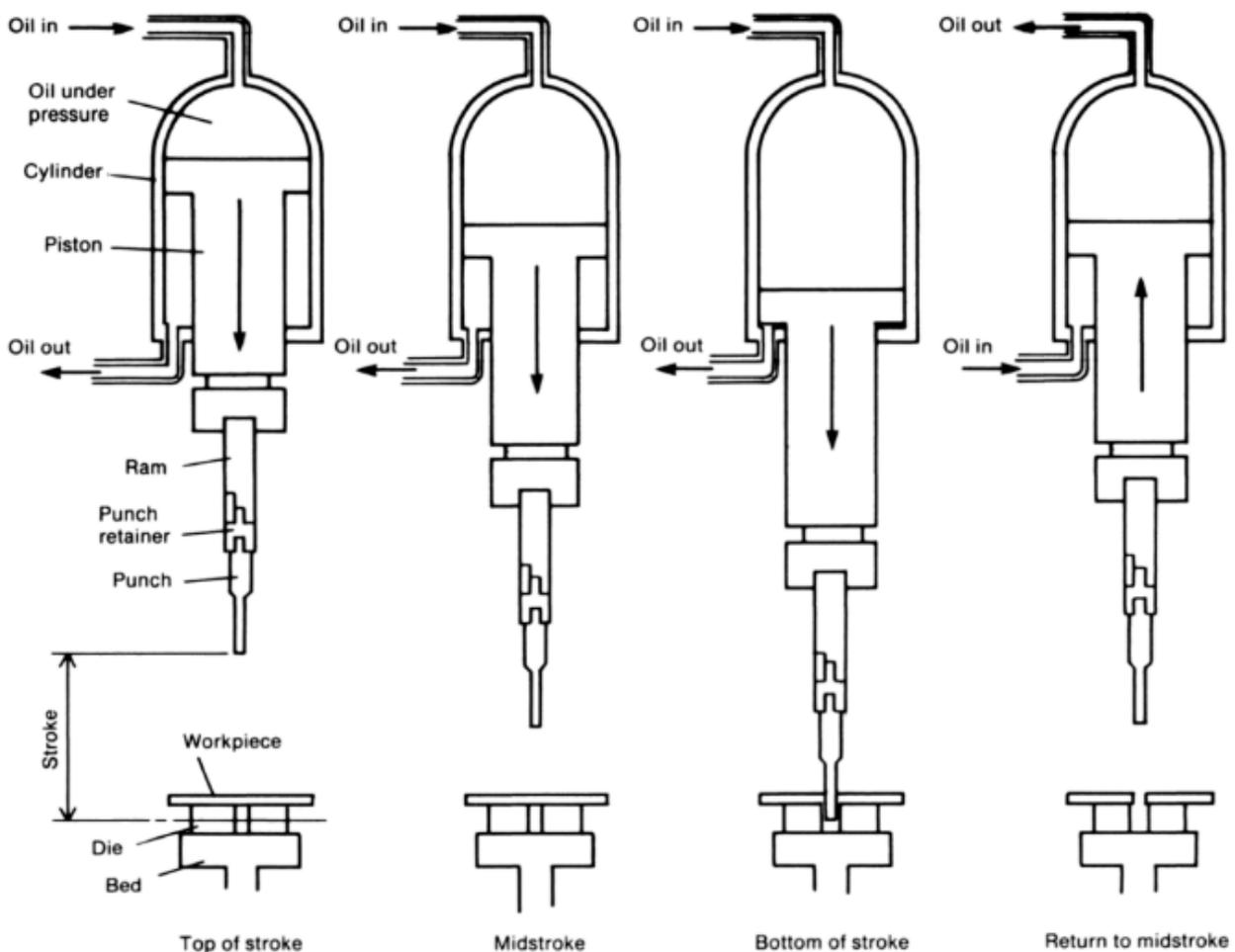
Εικόνα 24 Υδραυλικό κύκλωμα στραντζόπρεσας

Δηλαδή, διοχετεύεται λάδι υπό πίεση στην στην πάνω μεριά της (άνωθεν του πιστονιού) για να κινηθεί το έμβολο της πρέσας προς τα κάτω και αντιστοίχως διοχετεύεται λάδι υπό πίεση στην στην κάτω μεριά της (εκατέρωθεν του πιστονιού) για να κινηθεί το έμβολο της πρέσας προς τα πάνω. Διατηρώντας ορισμένη πίεση λαδιού ταυτόχρονα πάνω και κάτω από το πιστόνι τότε το πιστόνι μπορεί να παραμένει κλειδωμένο σε σταθερή θέση σε οποιαδήποτε φάση του κύκλου του στραντζαρίσματος. Η πίεση του λαδιού εκατέρωθεν του πιστονιού συνήθως διατηρείται μεταξύ 10% και 15% της πίεσης άνωθεν του. Αυτό συμβαίνει για να μην μπορεί το έμβολο της πρέσας να κατέβει λόγω βαρύτητας και για να είναι ευκολότερος ο έλεγχός του κατά την διάρκεια του κύκλου.

Όταν το έμβολο της πρέσας κινείται προς τα κάτω σημαίνει ότι η πίεση του λαδιού που εισέρχεται στον κύλινδρο άνωθεν του πιστονιού είναι πολύ μεγαλύτερη της πίεσης εκατέρωθεν του. Αντίστοιχα, η προς τα πάνω κίνηση του εμβόλου της πρέσας προκαλείται αντιστρέφοντας την παραπάνω διαδικασία. Το σύστημα υδραυλικών βαλβίδων που υπάρχει εξασφαλίζει τον επιθυμητό έλεγχο της ροής του λαδιού, είτε προς τα μέσα είτε προς τα έξω από την μπουκάλια.

Στις υδραυλικές στραντζόπρες δεν υπάρχει μηχανική σύζευξη για την μετατροπή της περιστροφικής κίνησης του ηλεκτροκινητήρα σε γραμμική παλινδρομική κίνηση. Η περιστροφική κίνηση του ηλεκτροκινητήρα εξυπηρετεί την κίνηση μια **υδραυλικής αντλίας** η οποία εφοδιάζει με λάδι το υδραυλικό κύκλωμα.

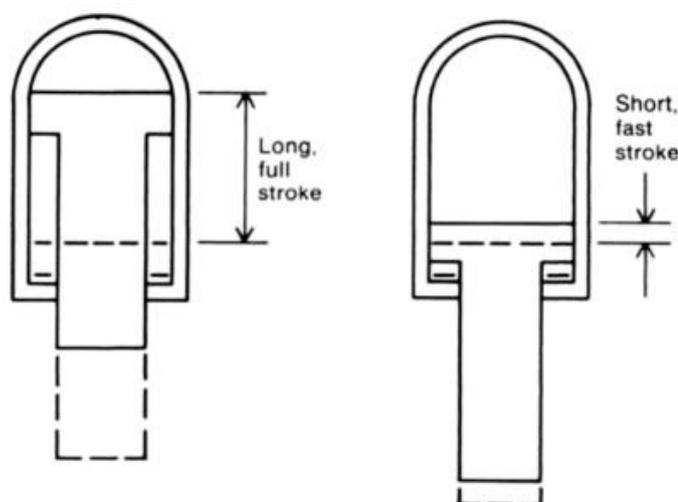
Επειδή η **πίεση του λαδιού** είναι σταθερή, παρά τον έλεγχο της ροής του λαδιού, το τονάζ της υδραυλικής στραντζόπρες είναι σταθερό σε όλες τις φάσεις της διαδρομής καθόδου του εμβόλου της (βλέπε παρακάτω εικόνα) (Lascos, 1988) . Το έμβολο της πρέσας μπορεί ανα πάσα στιγμή να ακινητοποιηθεί κατά την διαδρομή καθόδου της για λόγους ασφαλείας απλά αφήνοντας τον ποδομοχλό ασφαλείας.



Εικόνα 25 Φάσεις διαδρομής καθόδου του εμβόλου

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα των υδραυλικών πρεσών είναι ότι επιτρέπουν την εκτέλεση πολύ **μεγαλύτερων διαδρομών στραντζαρίσματος** έναντι των μηχανικών. Αυτό γιατί μπορούν να εγκατασταθούν σε αυτές υδραυλικοί κύλινδροι πολύ μεγάλου μήκους επιτρέποντας την εκτέλεση διαδρομών της τάξεως μέχρι και του 1,5 μέτρου.

Επιπλέον, το **μήκος της διαδρομής του εμβόλου** σε μια υδραυλική στραντζόπρεσα μπορεί να ρυθμίζεται έτσι ώστε να ταιριάζει στην εργασία που πραγματοποιείται κάθε φορά. Έτσι, επαναληπτικές διαδρομές ακόμα και της τάξεως των 10mm μπορούν να γίνουν οπουδήποτε εντός του εύρους της ολικής διαδρομής της πρέσας. Με αυτό τον τρόπο, μειώνοντας την διαδρομή του εμβόλου μειώνεται σημαντικά και ο χρόνος που διαρκεί ένας κύκλος στραντζαρίσματος(βλέπε παρακάτω εικόνα).

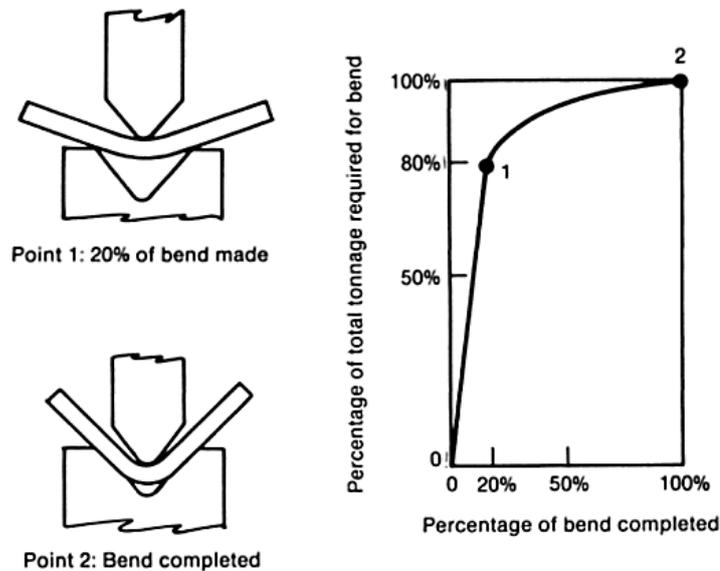


Εικόνα 26 Ρύθμιση μήκους διαδρομής εμβόλου

Η **υπερφόρτωση** δεν αποτελεί πρόβλημα για τις υδραυλικές στραντζόπρεσες. Η πίεση του λαδιού στους κυλίνδρους είναι έτσι ρυθμισμένη ώστε να παρέχει ένα συγκεκριμένο τονάζ. Οποιαδήποτε εργασία απαιτεί μεγαλύτερο τονάζ θα προκαλέσει το σταμάτημα του εμβόλου, αλλά δεν θα επιφέρει καμία ζημιά στον μηχανισμό κίνησης της πρέσας ή στην δομή της επειδή δεν θα προσδώσει μεγαλύτερο φορτίο από το προρυθμισμένο τονάζ. Βέβαια είναι γεγονός ότι μια μικρή αύξηση στην πίεση του λαδιού θα οδηγήσει στην αύξηση του τονάζ της πρέσας, αφού οι κατασκευαστές δίνουν ένα περιθώριο 10% με 15% σε υπερπίεσεις για λόγους ασφαλείας. Όμως δεν παροτρύνουν τέτοιες ενέργειες, γιατί εάν το έκαναν θα βρίσκονταν χειριστές που θα λειτουργούσαν συνεχώς την πρέσα στο όριο της με αποτέλεσμα την πιθανή καταστροφή του μηχανισμού κίνησής της αλλά και του πλαισίου της.

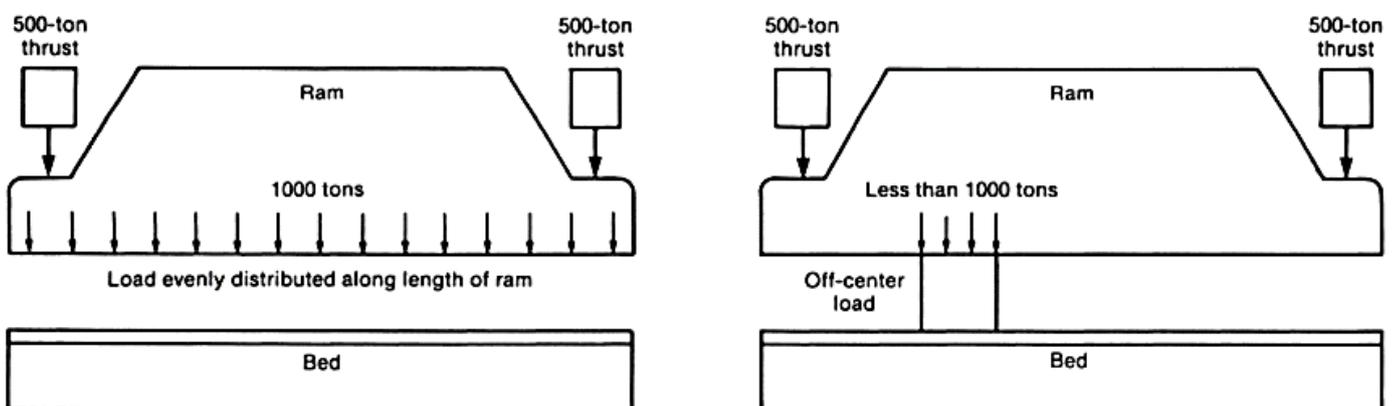
Το πλαίσιο και τα επιμέρους κομμάτια της πρέσας έχουν σχεδιαστεί να λειτουργούν κοντά στο προκαθορισμένο τονάζ για κάποιο λόγο. Αν αυτά τα κομμάτια σχεδιάζονταν περισσότερο ενισχυμένα θα αυξανόταν το κόστος κατασκευής και το αποτέλεσμα θα ήταν κάτι που ήδη υπάρχει: μια πρέσα μεγέθους της αμέσως επόμενης κατηγορίας.

Σχετικά με τον κύκλο κάμψης ενός ελάσματος, υπάρχει **συσχέτιση ανάμεσα στο ποσοστό ολοκλήρωσης του κύκλου κάμψης και το απαιτούμενο τονάζ** την κάθε στιγμή. Αναφέρεται το χαρακτηριστικό παράδειγμα ελεύθερης κάμψης λαμαρίνας σε V-μήτρα γωνίας 90° (βλέπε παρακάτω εικόνα). Κατά την φάση της έναρξης της κάμψης απαιτείται το 80% με 90% του συνολικού τονάζ που χρειάζεται για την κάμψη. Δηλαδή όταν το άνω εργαλείο (έμβολο) έχει πραγματοποιήσει μια γωνία κάμψης περίπου 20° σχεδόν όλη η δουλειά έχει γίνει, επειδή το μέταλλο του ελάσματος έχει φτάσει στο όριο διαρροής του. Μετά από αυτό απαιτείται πολύ μικρή αύξηση στο φορτίο (τονάζ).



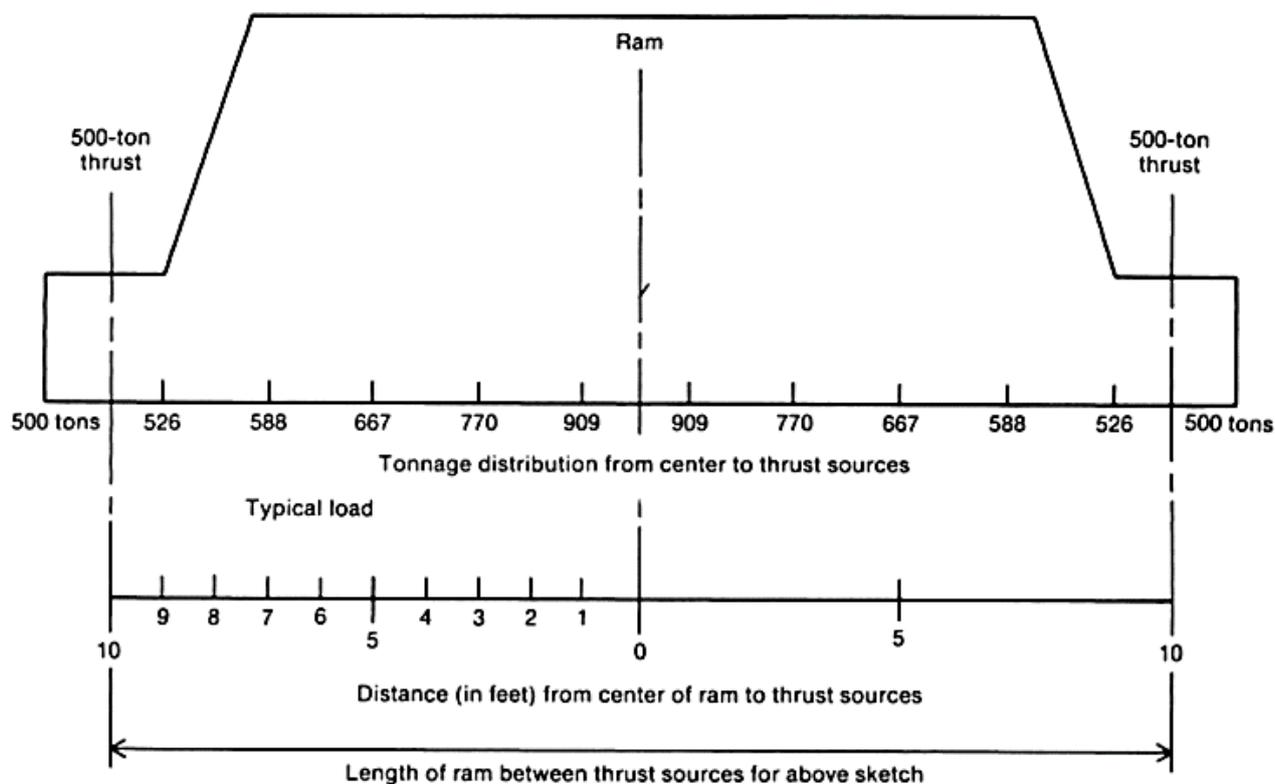
Εικόνα 27 Συσχέτιση ανάμεσα στο ποσοστό ολοκλήρωσης της κάμψης και απαιτούμενου τονάζ

Επίσης, οι προδιαγραφές για την **κατανομή του τονάζ** θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την κατεργασία (Lascoe, 1988). Όπως έχει προαναφερθεί η κατασκευή της στραντζόπρεσας βασίζεται σε ένα μακρύ έμβολο (ram) με δύο υδραυλικούς κύλινδρους στα άκρα του. Με βάση αυτό τον σχεδιασμό το πλήρες τονάζ μιας πρέσας μπορεί να αποδοθεί με την προϋπόθεση ότι το φορτίο κατανέμεται ομοιόμορφα σε όλο το μήκος του εμβόλου (βλέπε παρακάτω εικόνα).



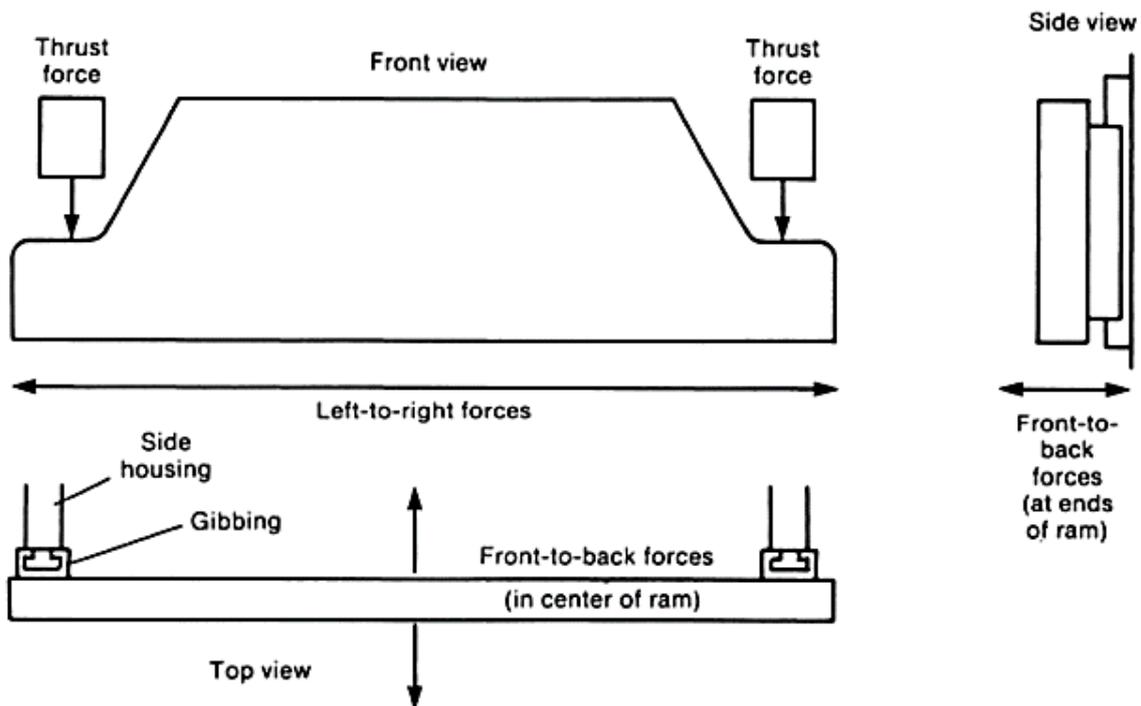
Εικόνα 28 Κατανομή του τονάζ κατά μήκος του κρεβατιού

Αν πραγματοποιείται κάποια σύντομη-μικρή εργασία και το φορτίο έχει κεντραριστεί στο κέντρο του εμβόλου τότε το ολικό τονάζ και από τους δύο κυλίνδρους μπορεί να αποδοθεί. Αν το φορτίο τοποθετηθεί από την μεριά του ενός κυλίνδρου τότε μόνο το μισό τονάζ (απο αυτό τον κύλινδρο) θα είναι διαθέσιμο για την κάμψη (βλέπε παρακάτω εικόνα). Μετακινώντας το φορτίο προς το κέντρο του εμβόλου δίνεται η δυνατότητα και στον άλλο κύλινδρο να συνεισφέρει στην κατεργασία, και έτσι το διαθέσιμο τονάζ αυξάνεται καθώς το φορτίο κινείται προς το κέντρο μέχρις ότου φτάσει στην μέση. Τότε ολόκληρο το τονάζ και από τους δύο κυλίνδρους αποδίδεται στο φορτίο.



Εικόνα 29 Διαθέσιμο τονάζ ανάλογα με την θέση τοποθέτησης του φορτίου

Σχετικά με τις **έκκεντρες φορτίσεις**. Το σχήμα του εμβόλου της πρέσας είναι έτσι σχεδιασμένο ώστε να αντιστέκεται στις παραμορφώσεις καλύτερα στην κατακόρυφη (πάνω - κάτω), από αριστερά προς δεξιά, κατεύθυνση. Οπότε, αφού συμπεριφέρεται σαν δοκός όσο μεγαλύτερο ύψος έχει το έμβολο σε μια κατακόρυφη τομή του τόσο αυξάνεται η στιβαρότητά του και η ακαμψία του. Όμως στην οριζόντια κατεύθυνση (εμπρός - πίσω) είναι σχετικά αδύναμο επειδή εδράζεται μόνο στους οδηγούς που βρίσκονται στην από πίσω πλευρά στα δύο άκρα του και αυτοί είναι που παραλαμβάνουν όλες τις δυνάμεις (βλέπε παρακάτω εικόνα).



Εικόνα 30 Δυνάμεις που αναπτύσσονται στην στραντζόπρεσα

Έτσι, οι παραμορφώσεις στην εμπρός – πίσω κατεύθυνση αποτελούν πρόβλημα ακόμα και στα πιο στιβαρά έμβολα. Για αυτό το λόγο οι χειριστές οφείλουν να κεντράρουν το φορτίο σε αυτή την κατεύθυνση, διαφορετικά αναπτύσσονται μεγάλες τάσεις στην μηχανή που μπορεί να καταστρέψουν τους οδηγούς του εμβόλου.

Κριτήρια επιλογής συσχετιζόμενα με την εκτελούμενη εργασία

Οι δύο βασικοί παράγοντες που επιδρούν στην επιλογή μιας στραντζόπρεσας είναι: (1) Η εργασία που θα εκτελεί, (2) οι χειριστές που θα την χειρίζονται (Lascoe, 1988). Όλοι οι άλλοι παράγοντες στις περισσότερες των περιπτώσεων θεωρούνται υποδεέστεροι.

Οι απαιτήσεις της εργασίας ή των εργασιών που εκτελούνται στην στραντζόπρεσα, όταν αναλυθούν προσεκτικά, μπορούν να υποδείξουν το μέγεθος, τον τύπο και τα αξεσουάρ που απαιτούνται. Τα βασικότερα από αυτά τα κριτήρια επιλογής είναι:



Εικόνα 31 Κριτήρια επιλογής

1. Ποιά είναι η φύση της εργασίας;

Υπάρχουν παραπάνω από 40 τύποι κατεργασιών διαμόρφωσης, αποκοπής, κλπ που μπορούν να πραγματοποιηθούν σε μια πρέσα. Κάποιες μπορούν να γίνουν

μεμονωμένα, κάποιες σε συνδυασμούς, κάποιες απαιτούν μικρή διαδρομή, κάποιες απαιτούν εξαιρετικά μεγάλη διαδρομή, κάποιες μπορούν να αυτοματοποιηθούν και για άλλες η αυτοματοποίηση μπορεί να είναι ούτε λειτουργικά πρακτική ούτε οικονομικά βιώσιμη.

2. Τι είδους εργαλεία θα χρησιμοποιηθούν;

Ευτυχώς, υπάρχουν πολλές τυποποιημένες μήτρες οι οποίες μπορούν εύκολα να ταιριάξουν στις πρέσες του εμπορίου. Αυτές οι μήτρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολλές εργασίες που συναντώνται στην βιομηχανία. Οι περισσότεροι κατασκευαστές προσφέρουν μια συλλογή από τυποποιημένες μήτρες και μπορούν είτε να κατασκευάσουν εξεζητημένες μήτρες κατά παραγγελία είτε να συστήσουν κάποιον εξουσιοδοτημένο συνεργάτη για την κατασκευή.

3. Τι είδους μέταλλο θα χρησιμοποιηθεί;

Γενικά στην βιομηχανία η αξιολόγηση των δυνατοτήτων μιας στραντζόπρεσας γίνεται με βάση φύλλα μαλακού χάλυβα με αντοχή σε εφελκυσμό 415 MPa. Μέταλλα με μεγαλύτερη αντοχή θα χρειαστούν κατ' αναλογία περισσότερο τονάζ και θα έχουν άλλα χαρακτηριστικά κατά την κατεργασία τους. Για παράδειγμα, ορισμένα μέταλλα με υψηλή αντοχή είναι ευκολότερο κατεργάσιμα αν προθερμαθούν προτού καμφθούν για να αποφευχθεί η θραύση του.

4. Πόσο παχύ είναι το φύλλο που υφίσταται κατεργασία;

Τα χαρακτηριστικά των μητρών ποικίλουν ανάλογα με το πάχος του ελάσματος. Γενικά ορίζεται ως επίπεδο έλασμα (ή φύλλο λαμαρίνας) ένα μέταλλο όταν έχει πάχος μέχρι περίπου 5mm, ενώ όταν είναι παχύτερο ορίζεται ως πλάκα. Οι μήτρες που είναι σχεδιασμένες για φύλλα λαμαρίνας μπορούν να καταστραφούν αν λειτουργήσουν με πλάκες, ενώ από την άλλη η ακρίβεια και η οξύτητα των γωνιών που απαιτούνται κατά την κάμψη φύλλων λαμαρίνας δεν μπορούν να επιτευχθούν με μήτρες για πλάκες.

5. Πόσο μακρύ είναι το φύλλο που θα καμφθεί;

Το μήκος της κάμψης επηρεάζει το συνολικό τονάζ που απαιτείται για την ολοκλήρωση της κατεργασίας. Όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος της κάμψης τόσο περισσότερο τονάζ απαιτείται. Επίσης, η εκτέλεση πολλαπλών διεργασιών στην ίδια διαδρομή αυξάνει το τονάζ που απαιτείται. Οι κατασκευαστές πρεσών εκδίδουν διάφορα διαγράμματα για να κάνουν τον υπολογισμό του τονάζ ευκολότερο.

6. Ποιός είναι ο όγκος των εργασιών;

Ο απαιτούμενος όγκος και ρυθμός παραγωγής βοηθάει στην απόφαση του τύπου της πρέσας που χρειάζεται. Η πρέσα θα εκτελεί την ίδια εργασία συνεχώς με υψηλές ταχύτητες παραγωγής ή θα χρειάζεται να ακινητοποιείται ταχύτατα για να κάνει συχνές εναλλαγές; Αν το δεύτερο τότε ένα μηχανικό φρένο θα ταίριαζε καλύτερα, ενώ ένα υδραυλικό φρένο είναι καλύτερο για εφαρμογές γενικής φύσης.

Κριτήρια επιλογής συσχετιζόμενα με ανθρώπινους παράγοντες

Τα κριτήρια επιλογής που βασίζονται σε ανθρώπινους παράγοντες (Lascoe, 1988) είναι τα ακόλουθα:

1. Χρειάζονται έμπειροι χειριστές;

Οι περισσότερες πρέσες (περισσότερο οι μηχανικές) απαιτούν υψηλό βαθμό ικανοτήτων από τον χειριστή εαν πρόκειται να λειτουργήσουν παραγωγικά. Όμως,

ορισμένοι κατασκευαστές φτιάχνουν πρέσες τόσο απλές στο χειρισμό που ακόμα και άπειρο προσωπικό μπορεί να μάθει να τις λειτουργεί εύκολα.

2. Πόσο εύκολος είναι ο χειρισμός της πρέσας;

Η μηχανή πρέπει να είναι απλή στη εκκίνηση και στην λειτουργία της, να ανταποκρίνεται άμεσα στις κινήσεις του χειριστή, να αποδίδει με ακρίβεια την επιθυμητή διεργασία, και να την επαναλαμβάνει ξανά και ξανά με την ίδια αρχική ακρίβεια.

3. Πόση ώρα διαρκεί το σετάρισμα και η ρύθμιση;

Ο χρόνος και η προσπάθεια που απαιτούνται για το σετάρισμα της πρέσας και για την εναλλαγή από ένα σετ εργαλείων σε ένα άλλο πρέπει να είναι τα ελάχιστα για να αποφευχθούν αδικαιολόγητες καθυστερήσεις. Οι ρυθμίσεις της πρέσας πρέπει να γίνονται εύκολα και να μην απαιτούν διαρκή έλεγχο.

4. Πόσο ασφαλής είναι η πρέσα στον χειρισμό;

Φυσικά ο χειριστής πρέπει να είναι συνεχώς σε επαγρύπνηση, αλλά πρέπει να ακολουθούνται περίπλοκες διαδικασίες και να χρησιμοποιούνται μέσα προφύλαξης για την αποφυγή ατυχημάτων; Θα είναι σε θέση ο χειριστής να σταματήσει την πρέσα άμεσα σε περίπτωση ατυχήματος ή να αποφύγει την πιθανότητα ενός ατυχήματος;

5. Πόσο θόρυβο και διαταραχή προκαλεί η πρέσα;

Ο χειρισμός της πρέσας θα αναταράσσει όλο το δάπεδο και θα αποσυντονίζει του διπλανούς εργαζόμενους; Τα επίπεδα θορύβου θα είναι αποδεκτά για τον χειριστή και το δίπλα προσωπικό; Κάποια μηχανουργεία έχουν ήδη υψηλά επίπεδα θορύβου εφόσον λειτουργούν πριόνια, πλάνες, σφυρόπρεσες, ψαλίδια, κλπ και έτσι ο θόρυβος ίσως να μην αποτελεί πρόβλημα. Όμως άλλα μηχανουργεία δεν παράγουν τόσο θόρυβο με αποτέλεσμα το προσωπικό να μην είναι εξοικειωμένο με θορυβώδεις μηχανές.

6. Πόσο κουραστική θα είναι η πρέσα για τον χειριστή;

Μπορεί η πρέσα να δουλέψει σε τέτοια ταχύτητα που να είναι βολική για τον χειριστή έτσι ώστε να μειωθεί η κούραση του και τα πιθανά ατυχήματα που θα προκληθούν από έλλειψη προσοχής λόγω κόπωσης;

Άλλα κριτήρια επιλογής

Το κόστος συχνά είναι το πρώτο που λαμβάνεται υπόψη κατά την αγορά μιας πρέσας, αλλά δεν θα έπρεπε. Η αγορά μιας πρέσας δεν μοιάζει με την αγορά συμβατικού εξοπλισμού εφόσον είναι μια επένδυση που μπορεί να επιστρέψει το αρχικό κεφάλαιό της ακόμα και σε μερικούς μήνες ανάλογα με τον φόρτο εργασίας.

Άλλοι παράγοντες που πρέπει να παίζουν ρόλο στην επιλογή είναι η πιθανή συντήρηση και επισκευές που θα χρειαστούν, και η δυνατότητα παροχής υπηρεσιών από τον κατασκευαστή σε μακροχρόνια βάση.

Επίσης, θα πρέπει να αποφασιστεί με τι αξεσουάρ λειτουργίας θα εξοπλιστεί η πρέσα πέρα του βασικού εξοπλισμού. Ορισμένα από αυτά θα ανήκουν στο βασικό εξοπλισμό κάποιων μηχανών ενώ άλλα θα είναι προαιρετικά.

2.5 Άνω εργαλεία κάμψης

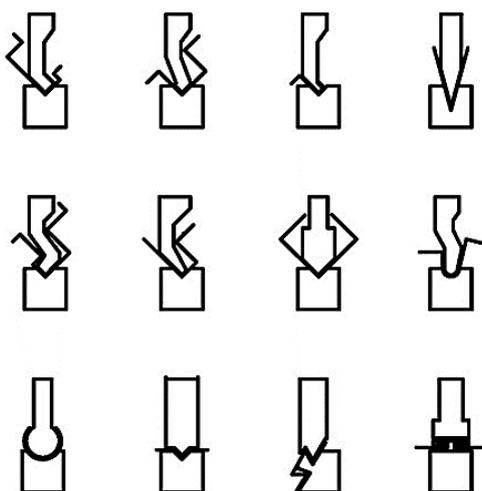
Τα άνω εργαλεία κάμψης ή αλλιώς έμβολα κατηγοριοποιούνται ανάλογα με την γωνία της ακμής τους, την μορφή τους, και το ύψος τους.

Τυπικές γωνίες για τα άνω εργαλεία που κυκλοφορούν στο εμπόριο είναι 30° , 45° , 60° , 75° , 88° , 90° . Τα έμβολα γωνιών 30° , 45° είναι γνωστά και ως οξέα έμβολα. Τα έμβολα γωνιών 60° , 75° χρησιμοποιούνται συνήθως για ελεύθερη κάμψη ενώ αυτά των 88° , 90° για κλειστή κάμψη.



Εικόνα 32 Τυπικά σετ εργαλείων κάμψης

Η μορφή τους μεταβάλλεται ανάλογα με την εφαρμογή (βλέπε ακόλουθη εικόνα). Για παράδειγμα, όταν πρόκειται να γίνουν επαναλαμβανόμενες κάμψεις το εργαλείο παίρνει μια καμπυλωτή μορφή έτσι ώστε να αφήνει χώρο στο πλάι και να μην ακουμπάει σε αυτό το τεμάχιο.



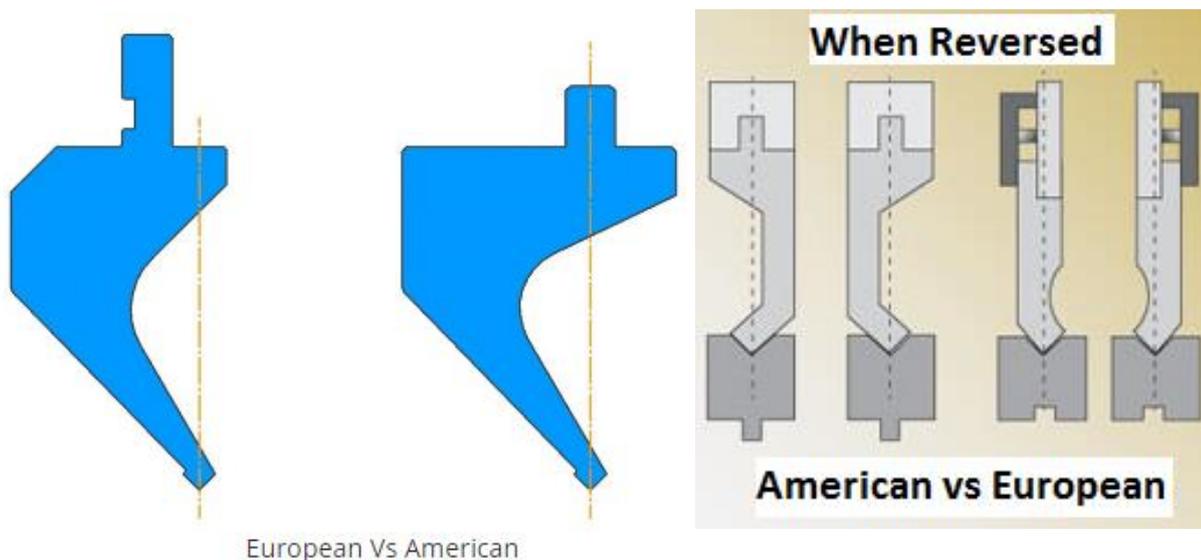
Εικόνα 33 Τυπικές μορφές άνω εργαλείων κάμψης

Το ύψος του άνω εργαλείου μιας στραντζόπρεσας είναι η απόσταση μεταξύ της ακμής του εργαλείου και του σημείου που συνδέεται με το σύστημα συγκράτησης. Για τα

εργαλεία ευρωπαϊκού τύπου υπάρχουν 7 τυποποιημένα ύψη: 65mm, 67mm, 70mm, 90mm, 95mm, 104mm, και 105mm.

Τα άνω εργαλεία χωρίζονται σε τρεις τύπους ανάλογα με τον τρόπο που συγκρατούνται στο άνω σύστημα συγκράτησης: τα **αμερικάνικου τύπου**, τα **ευρωπαϊκού τύπου**, και τα **New Standard** (Bishop, 2011). Τα αμερικάνικου τύπου είναι τα παλαιότερα από τα τρία. Τα ευρωπαϊκού τύπου είναι τα συχνότερα συναντώμενα σε πρέσες που παράγονται στην Ιαπωνία, στην Κίνα, στην Τουρκία, και στην Ευρώπη. Τα New Standard αποτελούν την τελευταία λέξη της τεχνολογίας σε εργαλεία στραντζόπρεσας.

Η βασική διαφορά ανάμεσα στα εργαλεία αμερικάνικου και ευρωπαϊκού τύπου είναι στον τρόπο που μεταφέρεται η δύναμη από το σύστημα συγκράτησης δια μέσου του εργαλείου στο τεμάχιο. Στα **αμερικάνικου τύπου** η δύναμη μεταβιβάζεται δια μέσου της λαβής του πάνω σε μια νοητή γραμμή που βρίσκεται στο μέσο της. Έτσι το εργαλείο μπορεί εύκολα και χωρίς σκέψη να αντιστραφεί. Όμως αυτό απαιτεί από τους κατασκευαστές να λειαίνουν με ακρίβεια και την δεξιά και την αριστερή επιφάνεια επαφής της λαβής αφού και από τις δύο εξαρτάται κάθε φορά η θέση της ακμής του εργαλείου. Στα **ευρωπαϊκού τύπου** η λαβή είναι μετατοπισμένη και είναι υπεύθυνη για την σταθεροποίηση – ευθυγράμμιση και όχι για να παραλαμβάνει φορτία. Το φορτίο παραλαμβάνεται δεξιάτερα της λαβής σε μια επιφάνεια που είναι ευθυγραμμισμένη με την ακμή του εργαλείου. Για να αντιστραφεί το εργαλείο απαιτείται ειδικό σύστημα συγκράτησης με σφιγκτήρες και στις δύο πλευρές.



Εικόνα 34 Μορφή εργαλείων ευρωπαϊκού και αμερικάνικου τύπου

Ποιος από τους δύο παραπάνω τύπους είναι καλύτερος; Παρόλο που είναι δύσκολο γενικά να απαντήσει κανείς προτιμώνται τα ευρωπαϊκού τύπου επειδή είναι περισσότερο διαδεδομένα στην βιομηχανία και προσφέρουν περισσότερες επιλογές. Οι κατασκευαστές εργαλείων συνήθως έχουν στους καταλόγους τους διπλάσια ποικιλία από εργαλεία ευρωπαϊκού τύπου σε σχέση με αμερικάνικου. Αυτό γιατί λόγω της μετατοπισμένης λαβής τους έχουν πιο εκλεπτυσμένη μορφή αυξάνοντας έτσι τις δυνατότητες σχετικά με τις γεωμετρίες που θα προκύψουν από την κάμψη. Το μόνο μειονέκτημα των ευρωπαϊκού τύπου είναι ότι απαιτούν ακριβότερο σύστημα συγκράτησης.

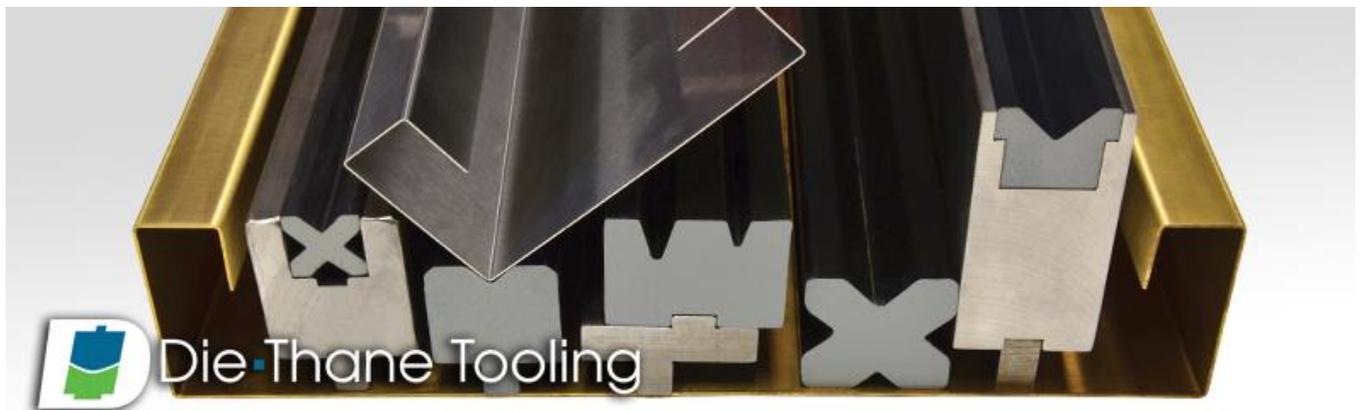
Τα **New Standard** σχεδιάστηκαν με σκοπό να συνδυάσουν τα πλεονεκτήματα των αμερικάνικου και ευρωπαϊκού τύπου και ταυτόχρονα να αυξήσουν την ταχύτητα εναλλαγής εργαλείων, την ακρίβεια, την αντοχή, και την ευελιξία. Είναι σχεδιασμένα να συνεργάζονται με υδραυλικά συστήματα συγκράτησης. Όσα έχουν βάρος λιγότερο από 13kg διαθέτουν Safety-Clicks επιτρέποντας έτσι την κατακόρυφη φόρτωση-εκφόρτωση (βλέπε ακόλουθη εικόνα). Βέβαια έχουν ορισμένα μειονεκτήματα όπως: είναι τα πιο ακριβά, απαιτούν ειδικό σύστημα συγκράτησης, και λόγω του ότι είναι καινούργια στην αγορά δεν έχουν κυκλοφορήσει ακόμα εργαλεία για ειδικές εφαρμογές.



Εικόνα 35 Μορφή εργαλείων τύπου New Standard

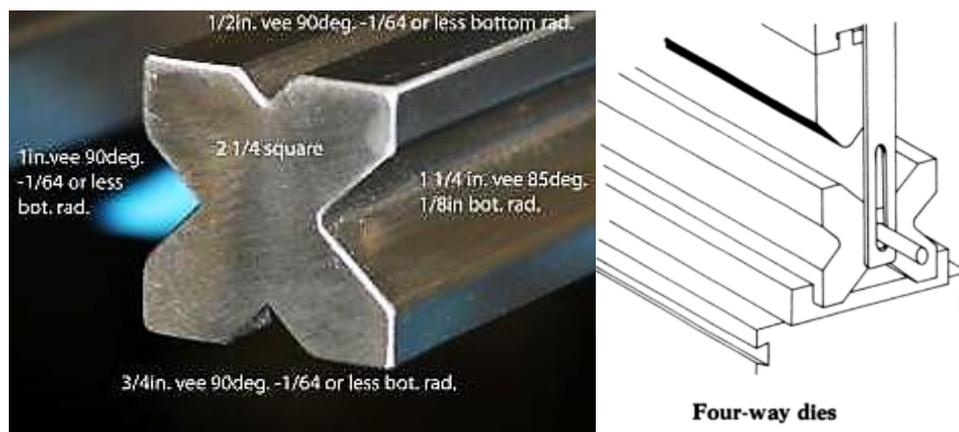
2.6 Κάτω εργαλεία (μήτρες)

Τα κάτω εργαλεία είναι γνωστά και ως μήτρες. Οι μήτρες κατηγοριοποιούνται ανάλογα με το σχήμα του αυλακιού, τον αριθμό των αυλακιών, και το ύψος της μήτρας.



Εικόνα 36 Τυπικές μορφές κάτω εργαλείων (μήτρες)

Ο πιο γνωστός τύπος μήτρας είναι η V-μήτρα που όπως υποδηλώνει το όνομά της είναι ένα μπλοκ από εργαλειοχάλυβα που του έχει αφαιρεθεί ένα αυλάκι σχήματος V. Μια V-μήτρα με ένα μονάχα αυλάκι ονομάζεται 1V-μήτρα, μήτρα με δύο αυλάκια ονομάζεται 2V-μήτρα και πάει λέγοντας. Οι 2V-μήτρες έχουν πάντα την ίδια γωνία στο αυλάκι προς αποφυγήν καταστροφή της από ατύχημα. Όμως το άνοιγμα των αυλακιών συνήθως διαφέρει για να επιτρέψει στον χειριστή να διαλέγει αν θα κάμπτεται λεπτό ή χοντρό έλασμα χωρίς να αλλάζει μήτρα.



Εικόνα 37 Παράδειγμα 4V - μήτρας

2.7 Σύστημα συγκράτησης εργαλείων

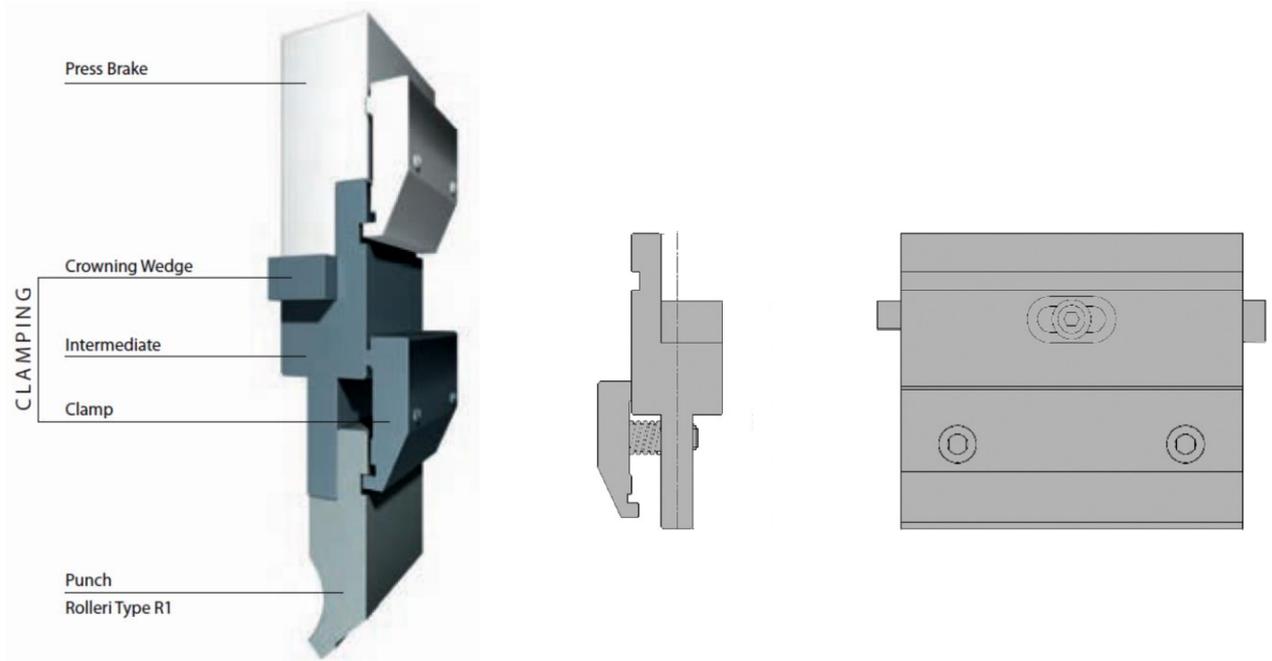
Ανάλογα με την γεωμετρία του τελικού προϊόντος και με τον τύπο των κάμψεων που πρόκειται να πραγματοποιηθούν σε μια στραντζόπρεσα μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια μεγάλη ποικιλία από εργαλεία. Για την συγκράτηση του πάνω εργαλείου στο έμβολο της πρέσας υπάρχουν συστήματα συγκράτησης εργαλείων με στόχο να είναι δυνατή η εναλλαξιμότητα αυτών (Altan και Tekkaya, 2012).



Εικόνα 38 Συμβατικό σύστημα συγκράτησης εργαλείων

Όταν οι συνθήκες παραγωγής δεν απαιτούν συχνές εναλλαγές εργαλείων τα συμβατικά ή μηχανικά συστήματα συγκράτησης είναι μια καλή επιλογή. Τα μηχανικά συστήματα συγκράτησης διακρίνονται για την στιβαρότητά τους αφού δεν έχουν όριο στο τόνάζ αλλά αντιθέτως μπορούν να αντέξουν ακόμα και τις υψηλότερες τιμές αυτού.

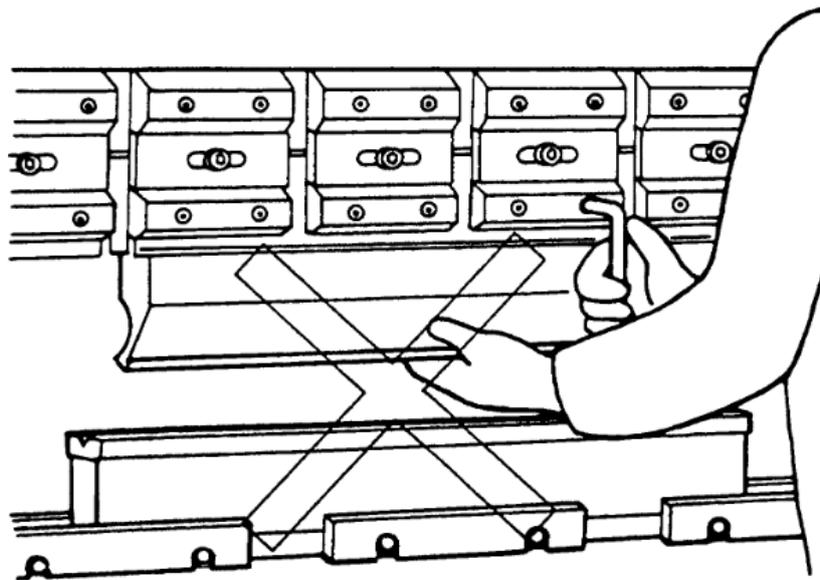
Ο τρόπος λειτουργίας τους είναι απλός. Ο κάθε σφικτήρας (clamp) εδράζεται-εφάπτεται στο άνω μέρος του πάνω στην ενδιάμεση πλάκα (intermediate) ή αλλιώς έμβολο της πρέσας και στο κάτω μέρος του πάνω στο εργαλείο (tool or punch). Έχει στο μέσο του δύο κοχλίες τύπου άλεν οι οποίοι βιδώνουν στο τμήμα της ενδιάμεσης πλάκας (intermediate) που βρίσκεται πίσω από τον σφικτήρα (clamp), όπως φαίνεται στις παρακάτω εικόνες. Συνεπώς, συσφίγγοντας (δημιουργία προένταση) τους κοχλίες ο σφικτήρας ασκεί πίεση (κάθετη αντίδραση) στις επιφάνειες επαφής του με την ενδιάμεση πλάκα και το εργαλείο. Έτσι, λόγω της μεγάλης τριβής που αναπτύσσεται μεταξύ των επιφανειών το σύστημα ενδιάμεση πλάκα – σφικτήρας – εργαλείο λειτουργεί σαν ενιαίο στερεό σώμα.



Εικόνα 39 Σχηματική αναπαράσταση συμβατικού συστήματος συγκράτησης

Η διαδικασία τοποθέτησης του εργαλείου είναι: Τοποθετούμε το εργαλείο συρταρωτά από το πλάι του συστήματος συγκράτησης, το σέρνουμε πλαγίως μέχρις ότου φτάσει στην επιθυμητή θέση, κατεβάζουμε το έμβολο έτσι ώστε τα άνω εργαλεία να ευθυγραμμιστούν με την μήτρα (κάτω εργαλεία), και τέλος συσφίγγουμε τις αλενόβιδες.

Η διαδικασία αφαίρεσης του εργαλείου είναι η αντίστροφη της προηγούμενης: Αποσυσφίγγουμε τις αλενόβιδες, και σέρνουμε το εργαλείο πλαγίως μέχρις ότου αφαιρεθεί. ΠΡΟΣΟΧΗ: κατά την διαδικασία της αφαίρεσης πρέπει τα χέρια να μην βρίσκονται κάτω από το εργαλείο γιατί αν αυτό πέσει υπάρχει κίνδυνος σοβαρού τραυματισμού (βλέπε ακόλουθη εικόνα).



Εικόνα 40 Διαδικασία αφαίρεσης εργαλείου σε συμβατικό σύστημα συγκράτησης

3 Ανάλυση του προβλήματος

Η ελαχιστοποίηση του χρόνου που απαιτείται για την εναλλαγή και το σετάρισμα των εργαλείων είναι το κλειδί για την αύξηση της παραγωγικότητας σε μια στραντζόπρεσα. Όμως, για να ελαχιστοποιηθεί αυτός ο χρόνος κρίνεται αναγκαίο να εξελιχθούν τα συμβατικά συστήματα συγκράτησης εργαλείων αφού κάνουν την διαδικασία του σεταρίσματος χρονοβόρα και κουραστική (The Fabricator®, January 2011).

Συμβατικά, ένα σετ εργαλείων συγκρατείται στο έμβολο ή στο κρεβάτι της στραντζόπρεσας συσφίγγοντας μια σειρά από κοχλίες και περικόχλια που απέχουν μεταξύ τους απόσταση περίπου 100mm. Όμως, οι μεγάλες στραντζόπρεσες έχουν έμβολα και κρεβάτια που μπορεί να ξεπερνούν τα 10m σε μήκος. Έτσι, κάθε φορά που χρειάζεται να αλλαχτεί ένα σετ εργαλείων χρειάζεται πρώτα να χαλαρώνεται και μετά να σφίγγεται ένας μεγάλος αριθμός κοχλιών ή περικοχλίων, όπως φαίνεται στην ακόλουθη εικόνα.



Εικόνα 41 Διαδικασία εναλλαγής εργαλείων σε συμβατικό σύστημα συγκράτησης

Συνεπώς, για τα συμβατικά συστήματα συγκράτησης εργαλείων ο μεγάλος χρόνος εναλλαγής εργαλείων αποτελεί αναμφίβολα μείζον πρόβλημα, το οποίο γίνεται ιδιαίτερα έντονο όταν πολλές σύντομες εργασίες πρέπει να γίνονται στην ίδια πρέσα αφού τότε γίνονται συχνότερες εναλλαγές.

Για την επίλυση του προβλήματος χρειάζεται η ανάπτυξη ενός συστήματος συγκράτησης εργαλείων που θα μειώνει τον χρόνο εναλλαγής, θα έχει υψηλή ακρίβεια, θα αντέχει στον χρόνο, θα είναι ασφαλές, θα είναι συμβατό με τις πρέσες και τα εργαλεία του εμπορίου, και τέλος να είναι οικονομικά βιώσιμο.

Αξίζει να σημειωθεί ότι πολλές προτάσεις για καινοτόμα συστήματα συγκράτησης εργαλείων έχουν γίνει και κυκλοφορήσει στο εμπόριο από διάφορες εταιρίες αλλά καθένα από αυτά έχει τις αδυναμίες του όπως παρουσιάζονται σε επόμενη ενότητα.

4 Υπάρχουσες λύσεις

4.1 WILA – NEW STANDARD CLAMPING

Η NEW STANDARD CLAMPING της WILA είναι μια καινοτόμα και πολύ παραγωγική σειρά συστημάτων συγκράτησης άνω εργαλείων για στραντζόπρες. Συνεργάζονται με εργαλεία τύπου NEW STANDARD και είναι σχεδιασμένα με βάση την φιλοσοφία Universal Press Brake Concept (UPB) έτσι ώστε να μπορούν να εγκατασταθούν σε οποιαδήποτε πρέσα.



Εικόνα 42 Σειρά συστημάτων συγκράτησης New Standard Clamping από την WILA

Τα βασικότερα πλεονεκτήματά τους σύμφωνα με την εταιρία παραγωγής είναι:

- Επιτρέπει ταχύτατες εναλλαγές εργαλείων
- Μεγιστοποιεί τον έλεγχο των κάθετων ανοχών (Tx- axis alignment) κατά την διαδικασία του στραντζαρίσματος
- Προσφέρει εξαιρετικά ακριβή συγκράτηση αναφορικά με την θέση και την ευθυγράμμιση του εργαλείου
- Διαθέτει μεμονωμένα έμβολα σύσφιξης ανα τμήμα των εργαλείων για κορυφαία δύναμη σύσφιξης
- Επιτρέπει κατακόρυφη και οριζόντια φόρτωση και εκφόρτωση εργαλείων για την μεγιστοποίηση της ταχύτητας και της ασφάλειας
- Έχει επαγγελματική εμφάνιση – φινιρίσμα, συμπεριλαμβανομένου ενός αριθμημένου κανόνα για την ευκολότερη τοποθέτηση των εργαλείων
- Ταιριάζει σε όλες τις μάρκες και μεγέθη από στραντζόπρες
- Παρέχει υψηλή παραγωγικότητα όταν χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με εργαλεία της WILA

Η WILA αυτή την στιγμή διαθέτει δύο βασικά μοντέλα συστημάτων συγκράτησης εργαλείων, καθένα από τα οποία συναντάται σε διάφορες εκδόσεις. Αυτά είναι το “New Standard Premium Clamping”, και το “New Standard Pro Clamping”.

4.1.1 New Standard Premium Clamping

Το **"New Standard Premium Clamping"** είναι το βέλτιστο μοντέλο της WILA. Μπορεί να παρέχει υψίστης ποιότητας συγκράτηση για όλους τους τύπους των πρεσών με την προσθήκη του κατάλληλου αντάπτορα. Διακρίνεται για την αντοχή του αφού είναι κατασκευασμένος από "High tensile CrMo steel alloy" με αντοχή 1000 N/mm^2 και μπορεί να λειτουργήσει σε φορτία μέχρι 300 t/m . Για μέγιστη ανθεκτικότητα σε βάθος χρόνου όλες οι επιφάνειες που δέχονται φορτία έχουν σκληρυνθεί με την μέθοδο "CNC-Deerhardened®" επιτυγχάνοντας σκληρότητα 56 HRC. Επίσης, καινοτόμα χαρακτηριστικό είναι ότι η φόρτωση και εκφόρτωση εργαλείων μπορεί να γίνεται κατακόρυφα και οριζόντια .



Εικόνα 43 Σύστημα "New Standard Premium Clamping" από την WILA

Το σύστημα σύσφιξης είναι υδραυλικό, λειτουργεί με υδραυλική πίεση λαδιού 50 bar, και μπορεί να συγκρατήσει εργαλεία μήκους από 10mm και βάρους μέχρι 300 kg/m . Ο τρόπος λειτουργίας του είναι απλός: Μέσω υδραυλικής πίεσης οδηγούνται σφήνες τριγωνικής μορφής στην αντίστοιχη κοιλότητα που υπάρχει στο εργαλείο (βλέπε ακόλουθη εικόνα), με αποτέλεσμα το εργαλείο να ευθυγραμμίζεται και να συσφίγγεται ταυτόχρονα.



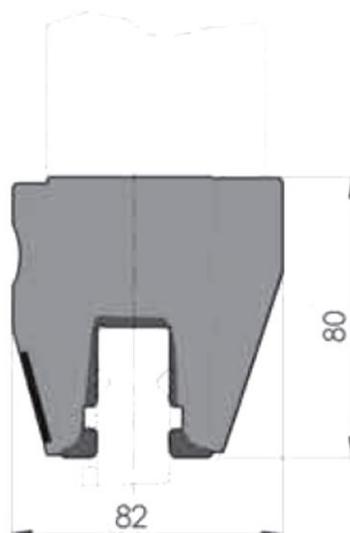
Εικόνα 44 Μηχανισμός σύσφιξης συστήματος "New Standard Premium Clamping"

Ως ασφαλιστικό, για να μὴν πέφτουν τα εργαλεία κάτω κατά την αποσύσφιξη, τα εργαλεία τύπου “New Standard” ἔχουν δύο κουμπιά στα πλάγια τους. Μόνο όταν αυτά πατηθούν το εργαλείο μπορεί να κινηθεῖ προς τα κάτω. Ο τρόπος που λειτουργοῦν εἶναι: Πάνω στο εργαλείο υπάρχουν δύο γαντζάκια (βλέπε ἀκόλουθη εικόνα) που σπρώχνονται ἀπὸ ελατήριο ὥστε κατά την τοποθέτησή τους γαντζώνονται σε ἓνα αυλάκι που ὑπάρχει πάνω στο σύστημα συγκράτησης. Ἔτσι δεν αφήνουν το εργαλείο να κινηθεῖ προς τα κάτω. Πατώντας τα δύο κουμπιά τα γαντζάκια ἔλκονται προς το εσωτερικό του εργαλείου και το ἀπελευθερώνουν.



Εικόνα 45 Ασφαλιστικό εργαλείων τύπου "New Standard"

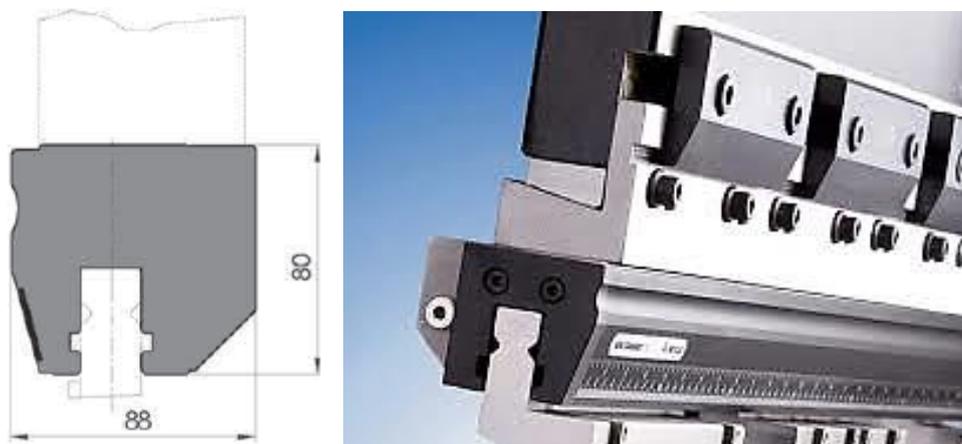
Το σκαρίφημα με τις διαστάσεις του συστήματος “New Standard Premium Clamping” εἶναι το ἀκόλουθο:



Εικόνα 46 Σκαρίφημα συστήματος "New Standard Premium Clamping"

4.1.2 New Standard Pro Clamping

Το μοντέλο **“New Standard Pro Clamping”** αποτελεί μια πιο οικονομική παραλλαγή του προηγούμενου αλλά με συγκρίσιμη απόδοση. Το σκαρίφιμα με τις διαστάσεις είναι:



Εικόνα 47 Σύστημα συγκράτησης "New Standard Pro Clamping" από την WILA

Οι διαφορές του με το προηγούμενο μοντέλο είναι:

- Είναι κατασκευασμένο από χάλυβα χαμηλότερης ποιότητας (High quality tool steel, 600-720 N/mm²)
- Οι επιφάνειες επαφής-πίεσης του δεν είναι σκληρυμένες
- Μπορεί να συγκρατήσει εργαλεία μήκους από 15mm και βάρους μέχρι 100 kg/m
- Λειτουργεί σε φορτία μέχρι 250 t/m
- Διαθέτει προαιρετικά σφήνες για την καλιμπράρισμα καθ' ύψος

4.2 ROLLERl clamping systems

Η εταιρία ROLLERl είναι μια από τις λίγες πραγματικές κατασκευάστριες εταιρίες εργαλείων για στραντζόπρες. Δίνει μεγάλη έμφαση στο ότι είναι η ίδια παραγωγός αφού έτσι μπορεί να παρέχει στους πελάτες της πλεονεκτήματα όπως άμεση πρόσβαση στην παραγωγική διαδικασία, άμεση επικοινωνία και εξυπηρέτηση, εγγυημένους χρόνους παράδοσης παραγγελιών, και το χαμηλότερο δυνατό κόστος.

Τα επικρατέστερα μοντέλα συστημάτων συγκράτησης εργαλείων που διαθέτει αυτή την στιγμή η ROLLERl στην αγορά είναι τα: ROL100 Clamping, ROL1 Clamping, ROL4 Clamping, W-ROL PN Clamping. Καθένα από αυτά θα αναλυθεί στην συνέχεια.

4.2.1 ROL100 Clamping

Το ROL100 είναι η πιο πρόσφατη καινοτομία από το τμήμα έρευνας και ανάπτυξης της εταιρίας. Το σύστημα σύσφιξης μπορεί να είναι κατ' επιλογή είτε μηχανικό είτε πνευματικό. Τα κυριότερα πλεονεκτήματά του είναι:

- Μπορεί να εγκατασταθεί σε οποιαδήποτε στραντζόπρεσα χωρίς καμία μετατροπή
- Δέχεται όλα τα εργαλεία ευρωπαϊκού τύπου
- Επιτρέπει κατακόρυφη (μόνο) εναλλαγή εργαλείων
- Πραγματοποιεί ασφαλείς και γρήγορες εναλλαγές εργαλείων



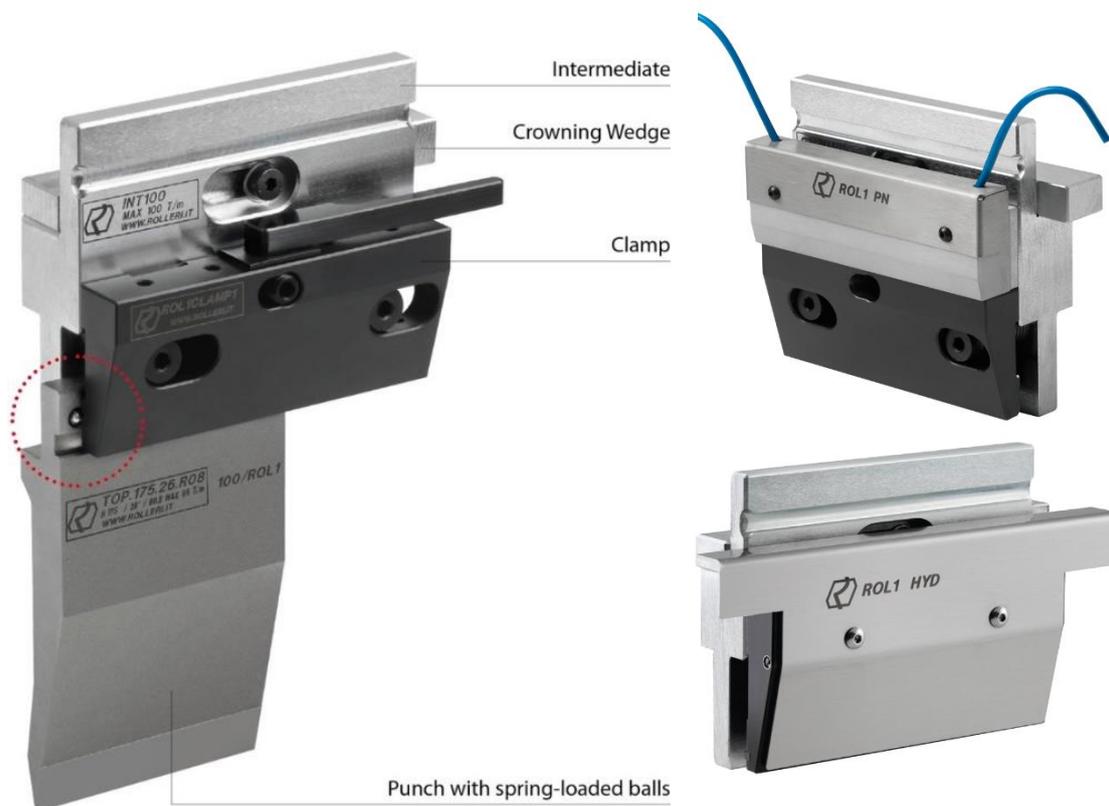
Εικόνα 48 Σύστημα συγκράτησης "ROL100 Clamping" από την ROLLERl

Η διαδικασία τοποθέτησης του εργαλείου είναι: Απλά βάζουμε το εργαλείο εντός του συστήματος συγκράτησης από την κάτω πλευρά, και συσφίγγουμε την αλενόβιδα (για το μηχανικό) ή ανοίγουμε τον αέρα (για το πνευματικό).

Η διαδικασία αφαίρεσης του εργαλείου είναι: Αποσυσφίγγουμε την αλενόβιδα (για το μηχανικό) ή κλείνουμε τον αέρα (για το πνευματικό), σηκώνουμε ελαφρά το εργαλείο και μετά το αφαιρούμε προς τα κάτω.

4.2.2 ROL1 Clamping

Το ROL1 είναι άλλο ένα σύστημα συγκράτησης εργαλείων από την ROLLERI. Το ROL1 έχει την ιδιότητα ότι μπορεί να συνεργαστεί μόνο με ειδικά διαμορφωμένα εργαλεία που διατίθενται από την ROLLERI και είναι εξοπλισμένα με σφαίρες προφορτισμένες με ελατήριο.



Εικόνα 49 Σύστημα συγκράτησης "ROL1 Clamping" από την ROLLERI

Τα βασικότερα πλεονεκτήματά του είναι:

- Επιτρέπει την κατακόρυφη (μόνο) τοποθέτηση των εργαλείων χάρις σε μια σειρά από προφορτισμένες σφαίρες με ελατήριο που βρίσκονται πάνω σε αυτά, που ταυτόχρονα δρουν ως ασφαλιστικό για να μην πέφτουν τα εργαλεία κατά την αποσύφιξη
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλες τις πρέσες χωρίς τροποποίηση
- Διατίθεται με μηχανικό, πνευματικό και υδραυλικό σύστημα σύφιξης
- Προσφέρει σημαντική μείωση στον χρόνο εναλλαγής εργαλείων

4.2.3 ROL4 Clamping

Το ROL4 είναι άλλο ένα σύστημα συγκράτησης εργαλείων από την ROLLERI. Μπορεί να συνεργαστεί με οποιαδήποτε πρέσα χωρίς καμία μετατροπή. Είναι συμβατό με όλα τα εργαλεία ευρωπαϊκού τύπου. Το σύστημα σύσφιξης μπορεί να είναι είτε μηχανικό είτε υδραυλικό. Επιτρέπει την οριζόντια (μόνο) εναλλαγή εργαλείων.



Εικόνα 50 Σύστημα συγκράτησης "ROL4 Clamping" από την ROLLERI

4.2.4 W-ROL PN Clamping

Το W-ROL PN είναι ένα σύστημα συγκράτησης της ROLLERI που έχει στόχο την αύξηση της παραγωγικότητας. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλες τις πρέσες χωρίς τροποποίηση. Είναι συμβατό με όλα τα εργαλεία τύπου New Standard. Το σύστημα σύσφιξης είναι πνευματικό και επιτρέπει την κατακόρυφη (μόνο) εναλλαγή εργαλείων.



Εικόνα 51 Σύστημα συγκράτησης "W-ROL PN Clamping" από την ROLLERI

4.3 WILSON TOOL

Η ελαχιστοποίηση του χρόνου σεταρίσματος των εργαλείων είναι το κλειδί στην αύξηση της παραγωγικότητας μιας στραντζόπρεσας. Η WILSON TOOL προσφέρει μια ποικιλία από καινοτομικά συστήματα συγκράτησης εργαλείων για να βοηθήσει τους κατασκευαστές να μειώσουν τον χρόνο που απαιτείται για την φόρτωση και την εκφόρτωση των εργαλείων σε μια στραντζόπρεσα. Η WILSON TOOL διαθέτει δύο μοντέλα αυτή την στιγμή στην αγορά: το ExpressRail™ και το PowerExpress®.

4.3.1 ExpressRail™

Το ExpressRail™ είναι ένα υδραυλικό σύστημα συγκράτησης εργαλείων που μειώνει το χρόνο σεταρίσματος των εργαλείων σημαντικά αφού συσφίγγει αυτά σε χρόνο δευτερολέπτων με το πάτημα ενός κουμπιού ενός ασύρματου τηλεκοντρόλ. Δέχεται όλα τα εργαλεία αμερικάνικου τύπου αλλά και τα εργαλεία τύπου WT (παράγονται από την WILSON).

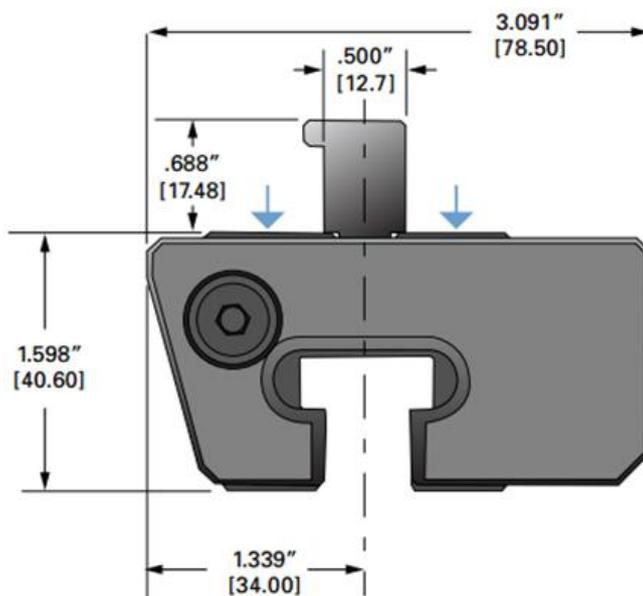


Εικόνα 52 Σύστημα συγκράτησης "EXPRESS RAIL" από την WILSON TOOL

Τα βασικότερα πλεονεκτήματά του είναι:

- Ασύρματος έλεγχος: Απλά τοποθετούνται τα εργαλεία στην πρέσα και με το πάτημα ενός κουμπιού στο ασύρματο τηλεκοντρόλ αυτόματα συσφίγγονται τα εργαλεία.
- Μεγαλύτερη διαδρομή: Το ExpressRail έχει ένα μοναδικά σχεδιασμένο χαμηλό προφίλ έτσι ώστε να μην καταλαμβάνει μέρος της διαδρομής στραντζαρίσματος που είναι απαραίτητη για τα μεγάλα τεμάχια.
- Κατασκευασμένο δυνατότερο για μεγαλύτερη διάρκεια ζωής: Οι επιφάνειες πίεσης του ExpressRail είναι επενδυμένες με βάση την τεχνολογία Nitrex™ που εφαρμόζεται σε όλα τα εργαλεία της WILSON παρέχοντας σκληρότητα επιφανείας 70 HRC, αυξημένη αντοχή σε διάβρωση και αυξημένη διάρκεια ζωής.
- Μοναδική αξιοπιστία: Το ExpressRail είναι το πιο αξιόπιστο υδραυλικό σύστημα συγκράτησης στην αγορά. Ελεγχόμενη από το ασύρματο τηλεκοντρόλ η μονάδα διαχείρισης του υδραυλικού συστήματος καταγράφει την στάθμη του λαδιού και στέλνει προειδοποίηση αν πέσει η στάθμη του κάτω από το όριο.

Το σκαρίφημα του ExpressRail™ στο οποίο αναγράφονται οι διαστάσεις του είναι:



Εικόνα 53 Σκαρίφημα συστήματος "EXPRESS RAIL"

Το ExpressRail™ συνοδεύεται μαζί με την αντίστοιχη μονάδα υδραυλικής ισχύος (βλέπε ακόλουθη εικόνα). Αυτή κατά την λειτουργία της παρέχει πίεση 35-52 bar και παροχή 7.21 l/min.



Εικόνα 54 Υδραυλική μονάδα ισχύος συστήματος "EXPRESS RAIL"

4.3.2 PowerExpress®

Το PowerExpress® είναι ένα υδραυλικό σύστημα συγκράτησης εργαλείων που έχει σχεδιαστεί για να μεγιστοποιήσει την παραγωγικότητα μέσω της εύκολης εγκατάστασης, της μακροπρόθεσμης αξιοπιστίας, και μέσω της αύξησης των δυνατοτήτων για κάμψη. Αυτό είναι συμβατό με όλες τις πρέσες αμερικάνικου τύπου αλλά και με τις υπόλοιπες μέσω κατάλληλων προσαρμογών.

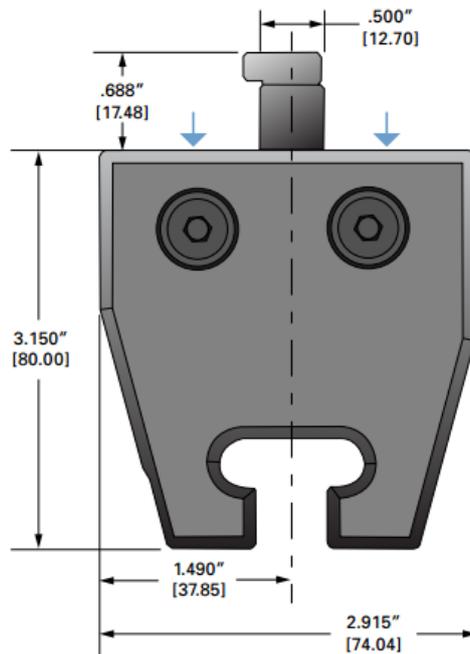


Εικόνα 55 Σύστημα συγκράτησης "PowerExpress" από την WILSON TOOL

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά του είναι:

- ✓ Σύσφιξη και ευθυγράμμιση με ένα βήμα:
Με ένα άγγιγμα του τηλεκοντρόλ ενεργοποιείται το υδραυλικό σύστημα που αυτόματα ευθυγραμμίζει και συσφίγγει τα εργαλεία σε δευτερόλεπτα.
- ✓ Συμβατότητα με οποιοδήποτε εργαλείο αμερικανικού τύπου
- ✓ Ευκολία εγκατάστασης:
Ένας έμπειρος χειριστής μπορεί μόνος του να εγκαταστήσει το σύστημα σε λιγότερο από μια ώρα.
- ✓ Μακροπρόθεσμη αξιοπιστία:
Το υδραυλικό σύστημα είναι έτσι σχεδιασμένο ώστε να παρέχει μακροχρόνια απροβλημάτιστη λειτουργία
- ✓ Αυξημένες δυνατότητες κάμψης:
Επειδή το σχήμα του έχει αεροδυναμική μορφή αφήνει περισσότερο ελεύθερο χώρο για την πραγματοποίηση της κάμψης
- ✓ Σκληρημένες επιφάνειες:
Οι επιφάνειες πίεσης του είναι επενδυμένες με βάση την τεχνολογία Nitrex™ που εφαρμόζεται σε όλα τα εργαλεία της WILSON παρέχοντας σκληρότητα επιφανείας 70 HRC, αυξημένη αντοχή σε διάβρωση και αυξημένη διάρκεια ζωής

Το σκαρίφημα στο οποίο φαίνονται οι διαστάσεις του είναι:



Εικόνα 56 Σκαρίφημα συστήματος "PowerExpress"

Το PowerExpress® συνοδεύεται μαζί με την αντίστοιχη μονάδα υδραυλικής ισχύος (βλέπε ακόλουθη εικόνα). Αυτή κατά την λειτουργία της παρέχει πίεση 165-193 bar και παροχή 1.42 l/min.



Εικόνα 57 Μονάδα υδραυλικής ισχύος συστήματος "PowerExpress"

5 Προκλήσεις

Διαβάζοντας την προηγούμενη ενότητα (υπάρχουσες λύσεις) εύκολα μπορεί να διαπιστώσει κάποιος ότι τα μη συμβατικά συστήματα συγκράτησης που κυκλοφορούν στον εμπόριο είναι λίγα και καθένα από αυτά έχει τα ελαττώματά του, τις ελλείψεις του, και τις ιδιοτροπίες του. Έτσι, στην βιομηχανική παραγωγή που οι απαιτήσεις είναι υψηλές τα παραπάνω συστήματα δεν έχουν γίνει ευρέως αποδεκτά.

Άρα, για να κατασκευαστεί ένα σύστημα συγκράτησης που θα είναι όχι απλώς ανταγωνιστικό με τα υπόλοιπα αλλά θα γίνει ευρέως αποδεκτό και θα κυριαρχήσει στην βιομηχανική παραγωγή πρέπει να προσδιοριστούν οι προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν ή αλλιώς οι αρχές πάνω στις οποίες θα πρέπει να βασιστεί ο σχεδιασμός.

Για να προσδιοριστούν οι βασικές αρχές με βάση τις οποίες θα γίνει ο σχεδιασμός πραγματοποιήθηκαν δύο ενέργειες εξίσου σημαντικές. Αρχικά μελετήθηκε εξονυχιστικά ο ανταγωνισμός για να προσδιοριστούν όλες οι αδυναμίες και οι παραλείψεις του. Όμως, αυτό δεν ήταν αρκετό εφόσον για να μπορέσει κάποιος να αξιολογήσει ένα σύστημα συγκράτησης εργαλείων θα πρέπει όχι απλά να το έχει δει ή μελετήσει αλλά να το έχει δουλέψει για μεγάλο χρονικό διάστημα ώστε να παρουσιαστούν όλες οι πρακτικές αδυναμίες του. Έτσι, ζητήθηκε η γνώμη των ατόμων που είναι πραγματικά γνώστες του αντικειμένου που δεν είναι άλλοι από τους χειριστές.

Με βάση τα παραπάνω οι βασικά γνωρίσματα που θα πρέπει να έχει ένα σύστημα συγκράτησης είναι:

✓ **Υψηλή ακρίβεια στην συγκράτηση**

Η κύρια επιδίωξη κατά την διαδικασία του στραντζαρίσματος είναι να προκύψει ένα τεμάχιο συγκεκριμένης-δεδομένης γεωμετρίας. Για να γίνει αυτό θα πρέπει το σύστημα συγκράτησης να εξασφαλίζει υψηλή ακρίβεια αναφορικά με την θέση και την ευθυγράμμιση του εργαλείου. Διαφορετικά όσα πλεονεκτήματα και αν έχει δεν θα έχουν καμία πρακτική αξία.

✓ **Ταχύτατες και απλές εναλλαγές εργαλείων**

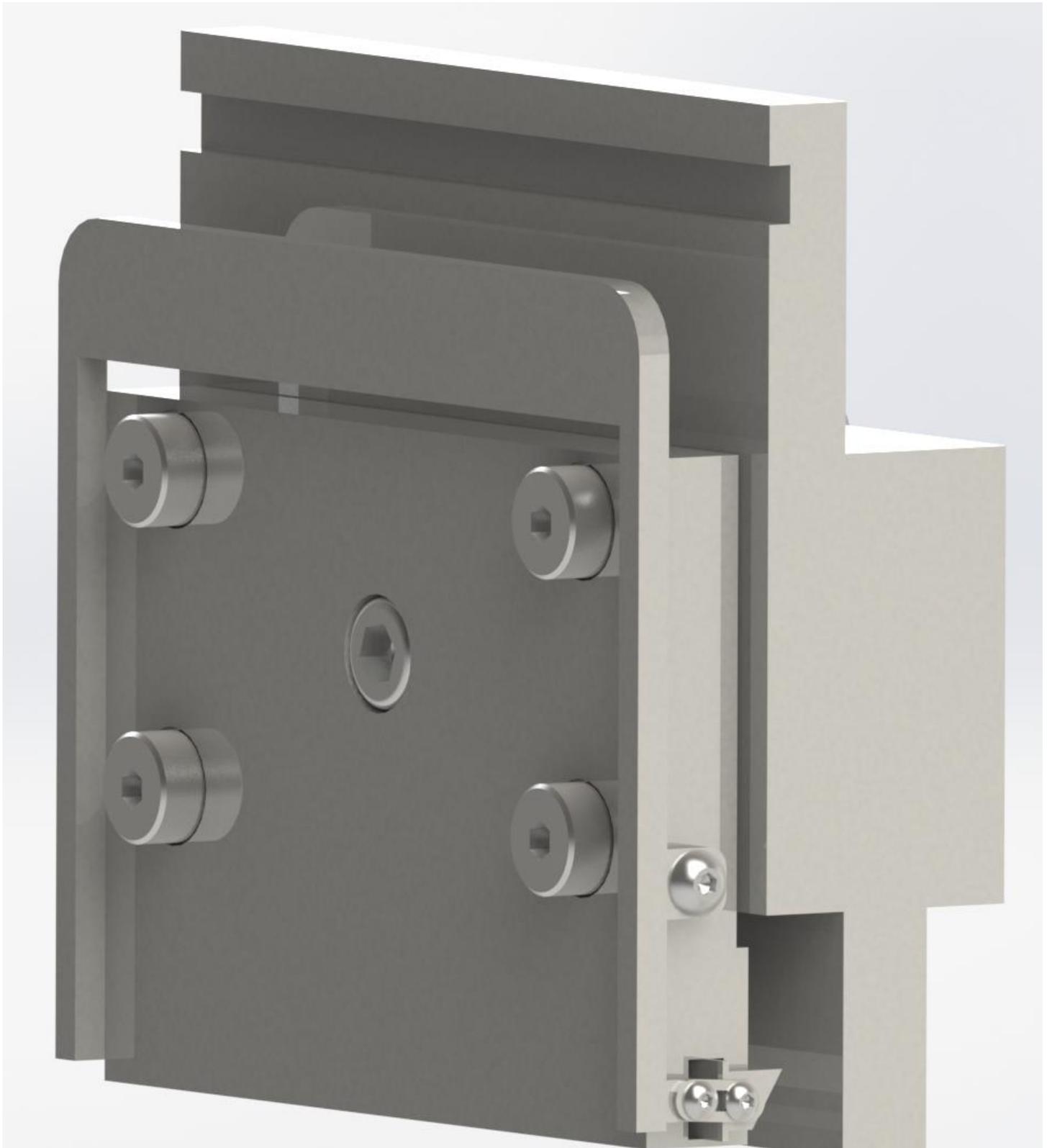
Το μοναδικό μειονέκτημα των συμβατικών συστημάτων συγκράτησης είναι ότι μειώνουν σημαντικά την παραγωγικότητα μιας στραντζόπρεσας λόγω του μεγάλου χρόνου που δαπανάται κατά την εναλλαγή των εργαλείων. Συνεπώς για να έχει λόγο ύπαρξης ένα μη συμβατικό σύστημα θα πρέπει να μειώνει σημαντικά αυτό τον χρόνο χωρίς όμως να απαιτείται η εκτέλεση περίπλοκων διαδικασιών.

✓ **Συμβατότητα με πρέσες**

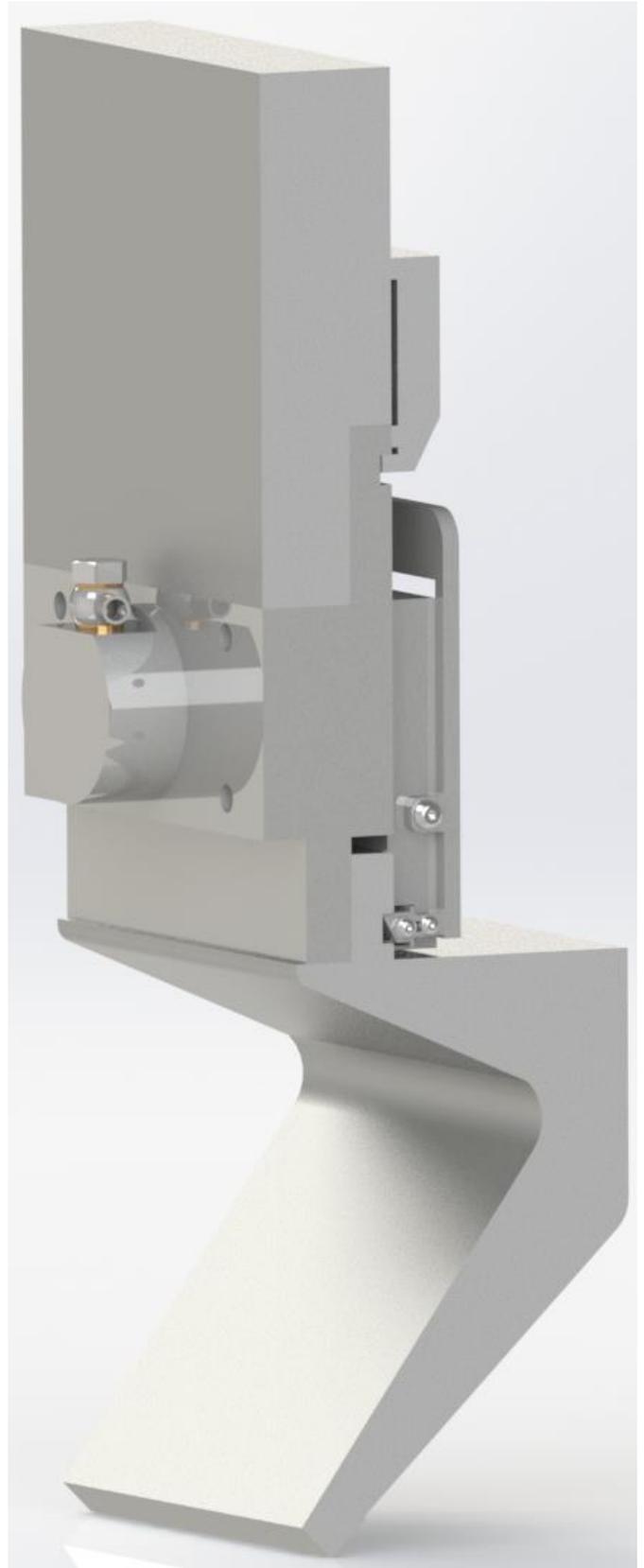
Το σύστημα συγκράτησης θα πρέπει να είναι συμβατό με τις περισσότερες πρέσες που συναντώνται στην βιομηχανική παραγωγή (ευρωπαϊκού και αμερικάνικου τύπου), ανεξαρτήτως μεγέθους ή μάρκας, χωρίς να απαιτείται κάποια προσαρμογή σε αυτές.

- ✓ **Συμβατότητα με εργαλεία**
Το σύστημα συγκράτησης θα πρέπει να είναι συμβατό και να δέχεται εργαλεία είτε ευρωπαϊκού είτε αμερικάνικου τύπου που είναι ευρέως διαδεδομένα στην βιομηχανία και κυκλοφορούν στο εμπόριο.
- ✓ **Υψηλή αξιοπιστία**
Το σύστημα συγκράτησης θα πρέπει να διαθέτει υψηλή αξιοπιστία έτσι ώστε να μην διακόπτεται η παραγωγή από τυχόν εμφάνιση δυσλειτουργιών ή βλαβών.
- ✓ **Μεγάλη διάρκεια ζωής**
Το σύστημα συγκράτησης θα πρέπει να είναι ανθεκτικό σε βάθος χρόνου παρά την ενδεχόμενη κακομεταχείρισή του και τις αντίξοες συνθήκες λειτουργίας που πιθανώς θα αντιμετωπίσει στο βιομηχανικό περιβάλλον.
- ✓ **Υψηλές δυνατότητες στραντζαρίσματος**
Το σύστημα συγκράτησης εργαλείων θα πρέπει να εξασφαλίζει όσο την δυνατόν υψηλότερες δυνατότητες στραντζαρίσματος. Δηλαδή, αφενός θα πρέπει να μην περιορίζει την διαδρομή του στραντζαρίσματος που είναι απαραίτητη για την κατεργασία μεγάλων και περίπλοκων τεμαχίων, και αφετέρου θα πρέπει να έχει τέτοια γεωμετρία και διαστάσεις ώστε να αφήνει ελεύθερο χώρο για την πραγματοποίηση αρκετά οξείων γωνιών κάμψης.
- ✓ **Κατακόρυφη ή ταυτόχρονα κατακόρυφη και οριζόντια φόρτωση-εκφόρτωση εργαλείων**
Σύμφωνα με τους χειριστές των πρεσών η κατακόρυφη φόρτωση-εκφόρτωση εργαλείων είναι βασικό ζητούμενο εφόσον απλουστεύει πολύ την διαδικασία. Αυτό συμβαίνει, γιατί έτσι τοποθετείται ή αφαιρείται μεμονωμένα το συγκεκριμένο εργαλείο κάθε φορά χωρίς να απαιτείται η αφαίρεση και των υπόλοιπων, όπως γίνεται συμβατικά.
- ✓ **Μέγιστη ασφάλεια**
Το σημαντικότερο που πρέπει να χαρακτηρίζει ένα σύστημα συγκράτησης είναι η ασφάλεια. Δηλαδή τόσο κατά την διαδικασία του στραντζαρίσματος όσο και κατά την εναλλαγή εργαλείων θα πρέπει να εξασφαλίζει την μέγιστη δυνατή ασφάλεια στον χειριστή της πρέσας.

6 1^η Πρόταση



Εικόνα 58 Υδραυλικό σύστημα συγκράτησης (1η πρόταση)



Εικόνα 59 Υδραυλικό σύστημα συγκράτησης (1η πρόταση)

6.1 Τρόπος λειτουργίας

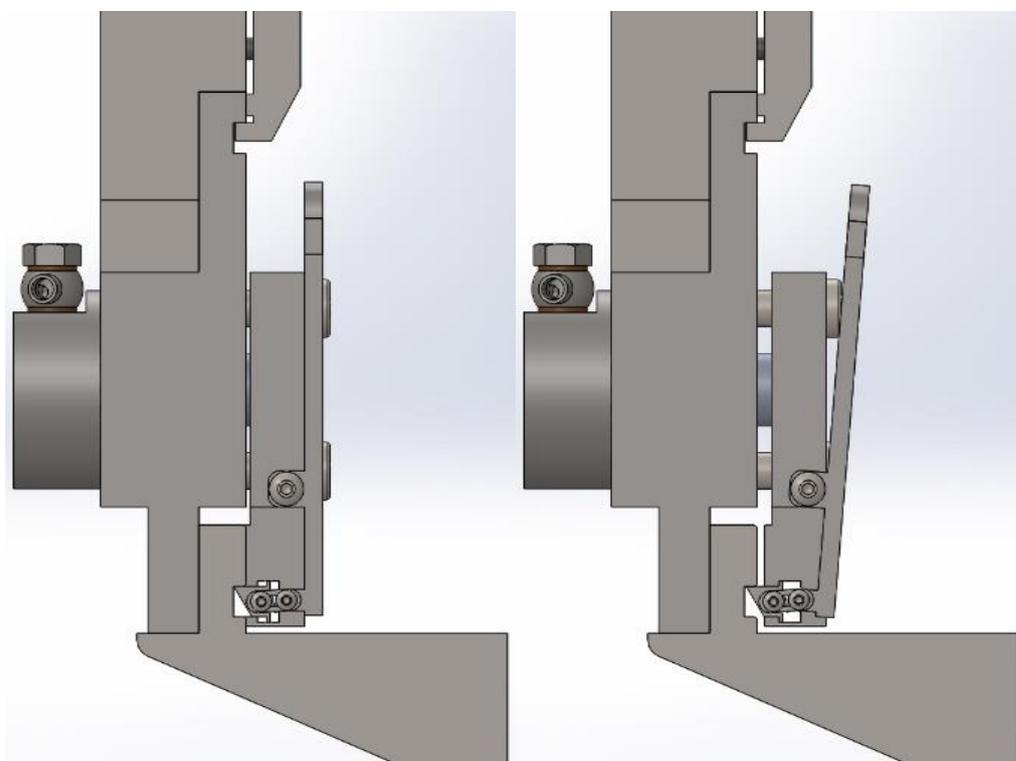
Διαδικασία κατακόρυφης αφαίρεσης εργαλείου:

Βήμα 1:

Ρίχνουμε την πίεση στο υδραυλικό κύκλωμα. Έτσι το έμβολο που εμπεριέχει προφορτισμένο ελατήριο κινείται προς τα έξω, κινώντας προς τα έξω και τον σφιγκτήρα.

Λόγω προφορτισμένων ελατηρίων (περίπου 20N) που υπάρχουν πίσω από τη γλώσσα, αυτή παραμένει ακίνητη και αγκιστρωμένη πάνω στο αυλάκι που υπάρχει για την συγκράτηση του εργαλείου.

Έτσι το εργαλείο συνεχίζει να είναι ασφαλισμένο. Δεν μπορεί να κινηθεί προς τα κάτω αφού το συγκρατεί η γλώσσα.

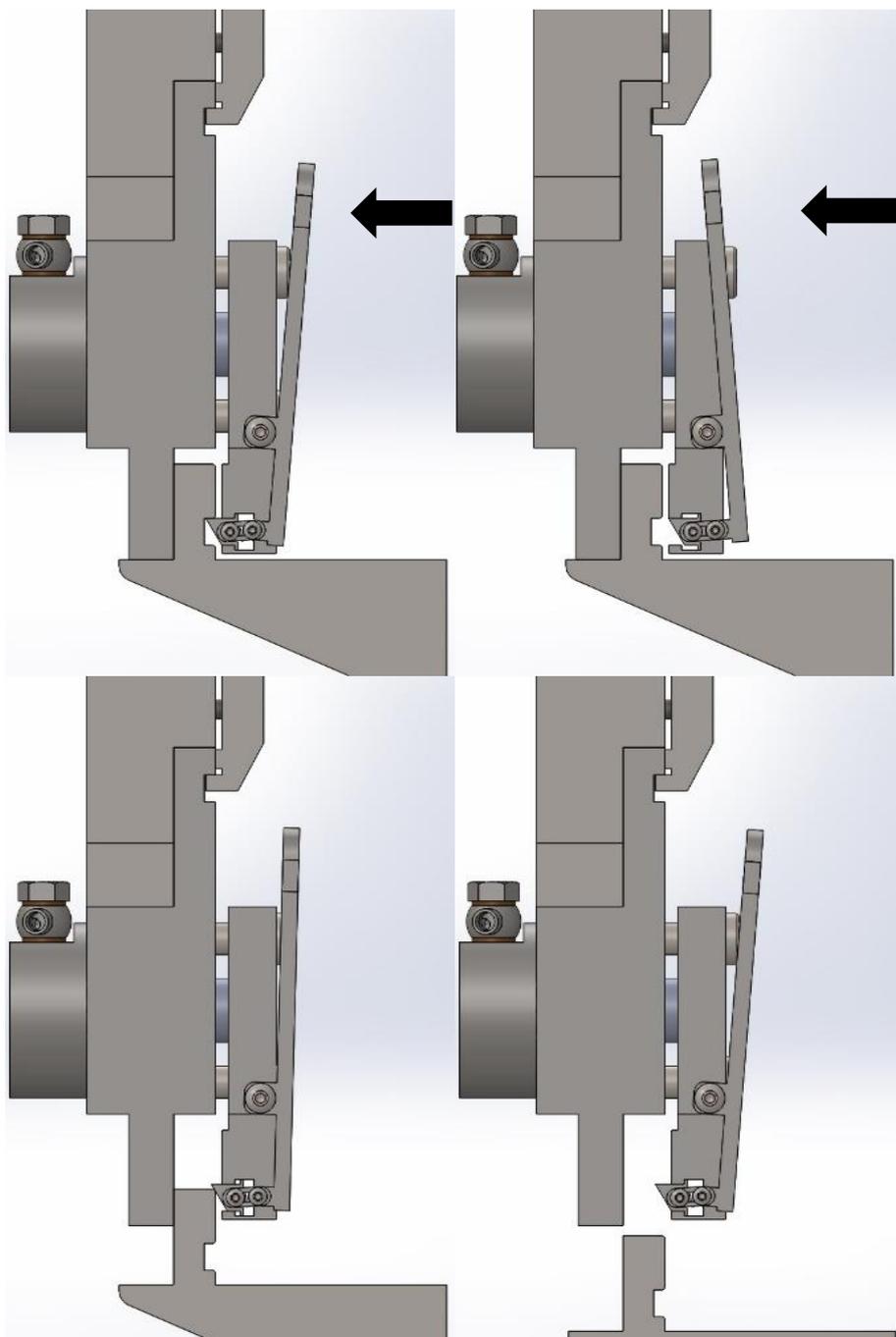


Εικόνα 60 Διαδικασία αφαίρεσης εργαλείου (βήμα 1)

Βήμα 2:

Ασκούμε δύναμη (περίπου 3 kg) με το ένα χέρι στον μοχλό που βρίσκεται στο άνω μέρος ενώ με το άλλο χέρι κρατάμε το εργαλείο. Έτσι ο μοχλός μέσω ενός σχετικά απλού κινηματικού μηχανισμού αναγκάζει την γλώσσα να τραβηχτεί προς τα μέσα. Με το τράβηγμα της γλώσσας το εργαλείο απασφαλίζεται.

Μόλις απασφαλιστεί σταματάμε να ασκούμε δύναμη στον μοχλό και το εργαλείο είναι ελεύθερο να κινηθεί προς τα κάτω για να το παραλάβουμε.



Εικόνα 61 Διαδικασία αφαίρεσης εργαλείου (βήμα 2)

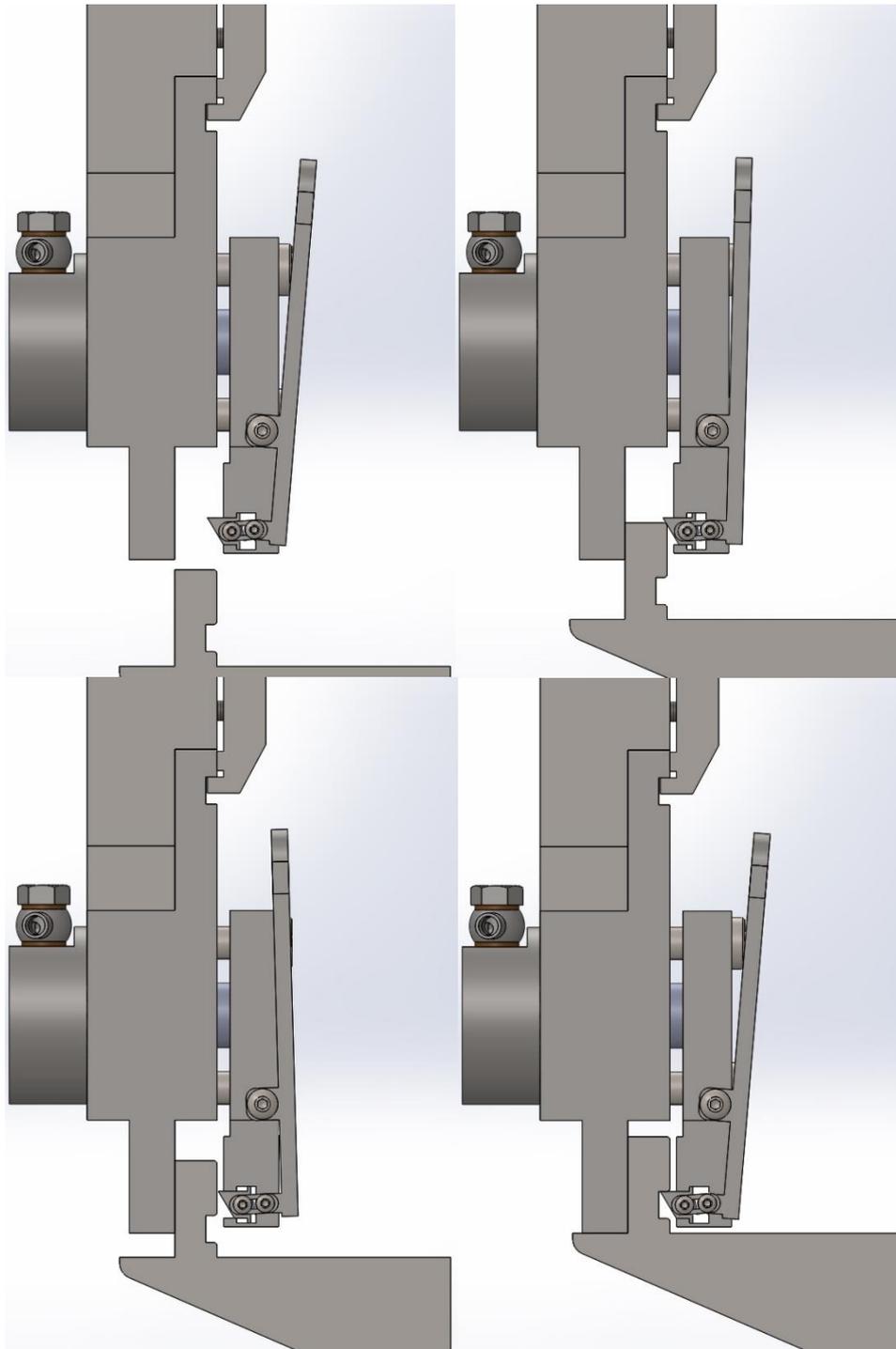
Διαδικασία κατακόρυφης τοποθέτησης εργαλείου

Βήμα 1:

Σπρώχνουμε το εργαλείο προς τα πάνω μέχρις ότου ασφαλιστεί.

Το εργαλείο ασφαρίζεται από τη γλώσσα που εισέρχεται σε εσοχή του εργαλείου.

Μόλις ασφαλιστεί το εργαλείο το αφήνουμε, αφού παραμένει ασφαλισμένο λόγω προφορτισμένων ελατηρίων που υπάρχουν στο πίσω μέρος της γλώσσας.

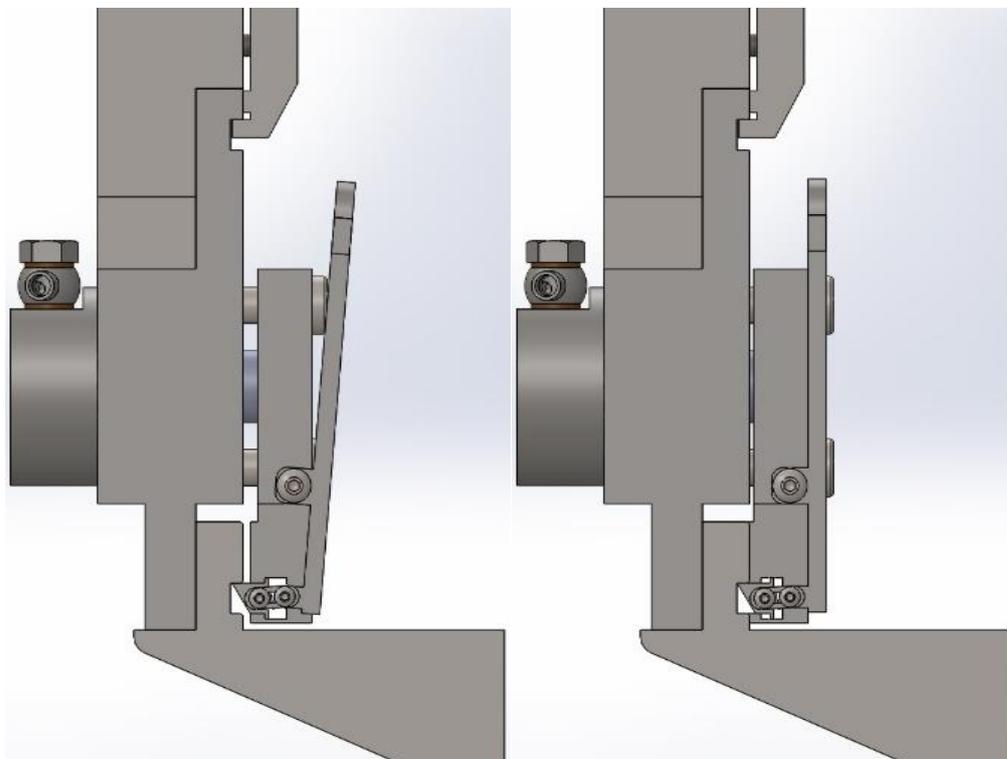


Εικόνα 62 Διαδικασία τοποθέτησης εργαλείου (βήμα 1)

Βήμα 2:

Δίνουμε πίεση στο υδραυλικό κύκλωμα.

Έτσι, το έμβολο κινείται προς τα μέσα μαζί με το σφιγκτήρα ο οποίος τελικά έρχεται σε επαφή με το εργαλείο και του ασκεί την δύναμη που απαιτείται για την συγκράτηση του.



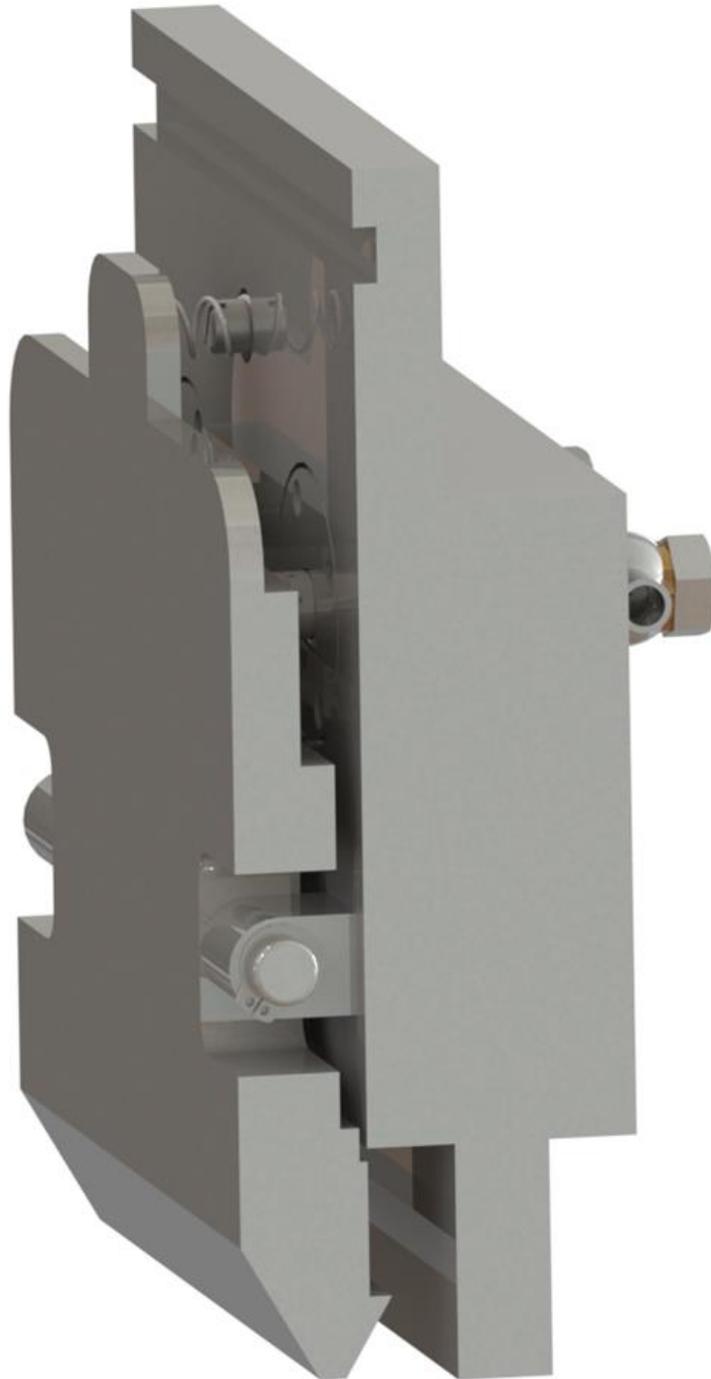
Εικόνα 63 Διαδικασία τοποθέτησης εργαλείου (βήμα 2)

6.2 Αξιολόγηση

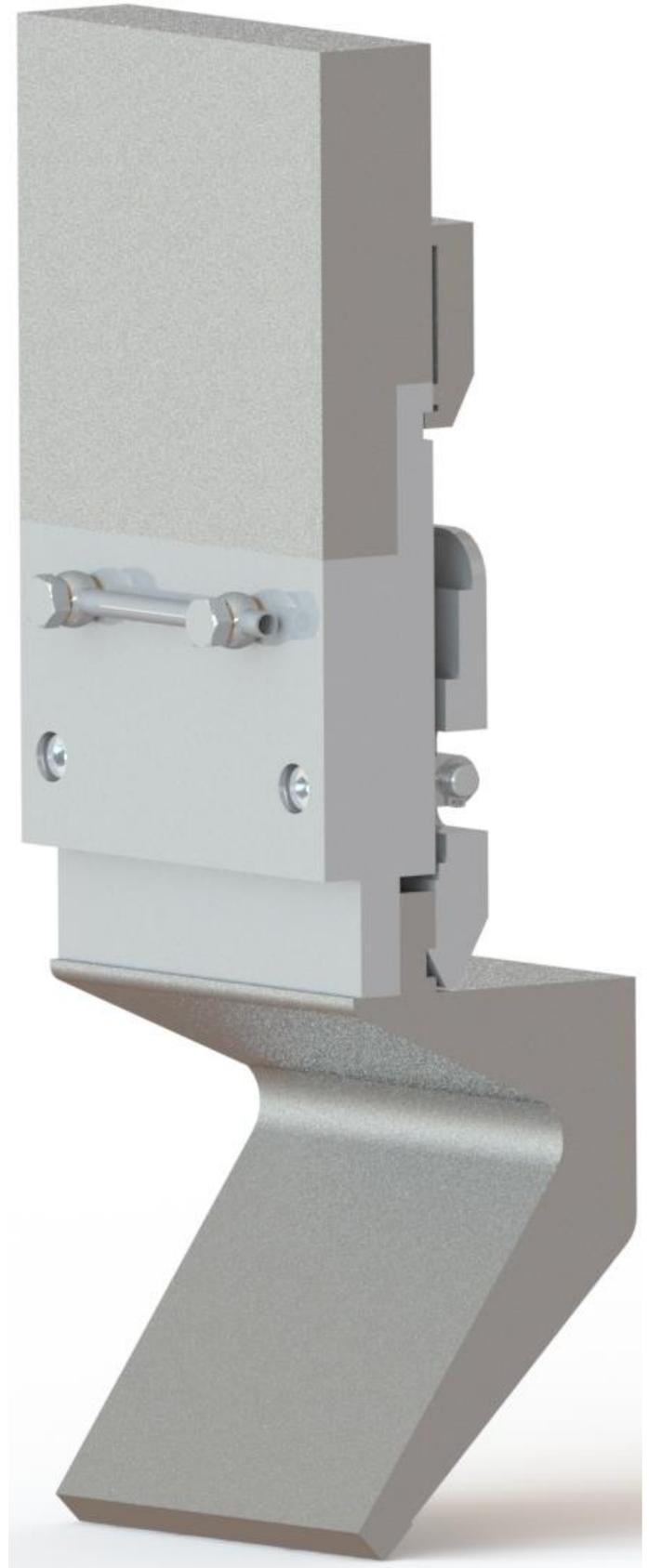
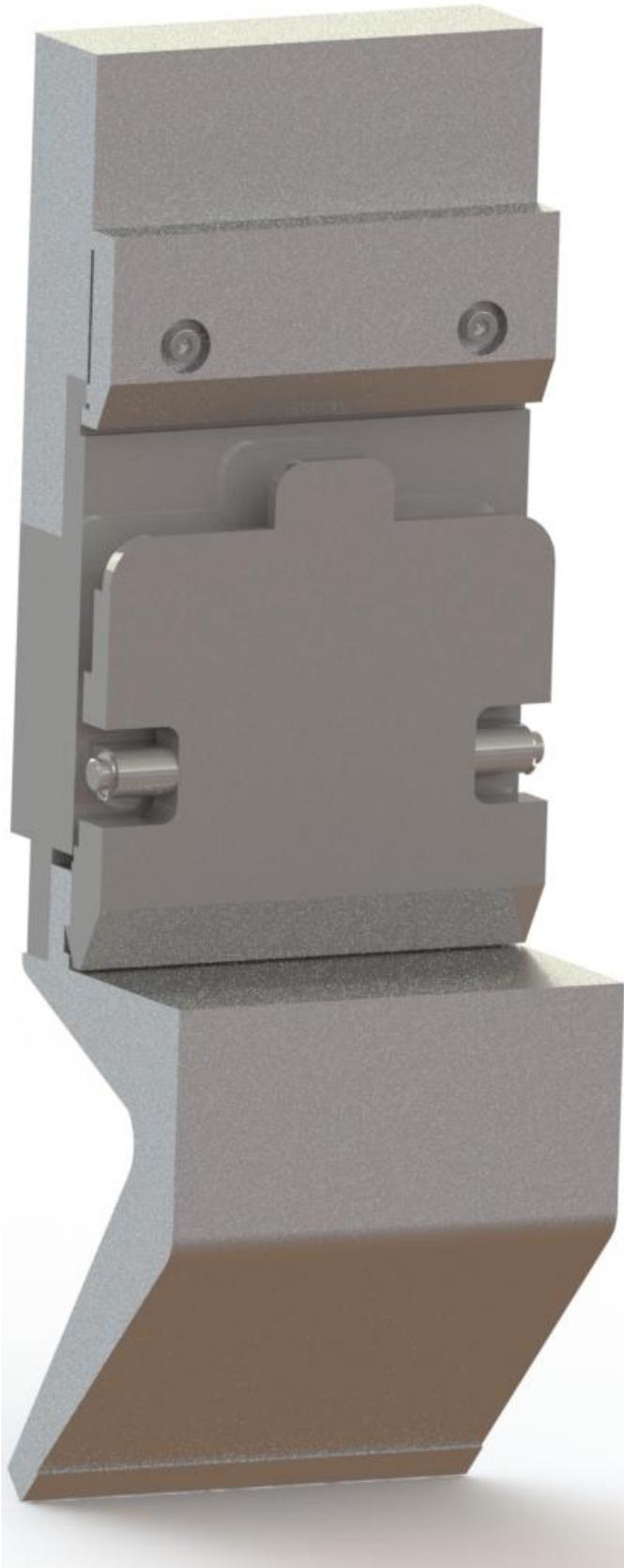
Παρόλο που η 1^η πρόταση που έγινε είναι πλήρως λειτουργική παρουσιάζει ένα σημαντικό μειονέκτημα. Αυτό είναι η πολυπλοκότητα κατασκευής. Ακόμα και με μια πρόχειρη ματιά φαίνεται ότι για την ασφάλιση και την απασφάλιση του εργαλείου έχει σχεδιαστεί ένας μηχανισμός που έχει πολλά εξαρτήματα μικρών διαστάσεων τα οποία είναι σχετικά δύσκολο να κατασκευαστούν. Επιπλέον, αυτά τα μικρά εξαρτήματα θα φθείρονται εύκολα κατά την λειτουργία του μηχανισμού με αποτέλεσμα να χρειάζονται συχνά αντικατάσταση, μειώνοντας έτσι την αξιοπιστία του συστήματος.

Για αυτό το λόγο η παραπάνω ιδέα δεν μελετήθηκε περαιτέρω και αναζητήθηκε άλλη πρόταση που θα βασίζεται στην απλότητα και στην αξιοπιστία.

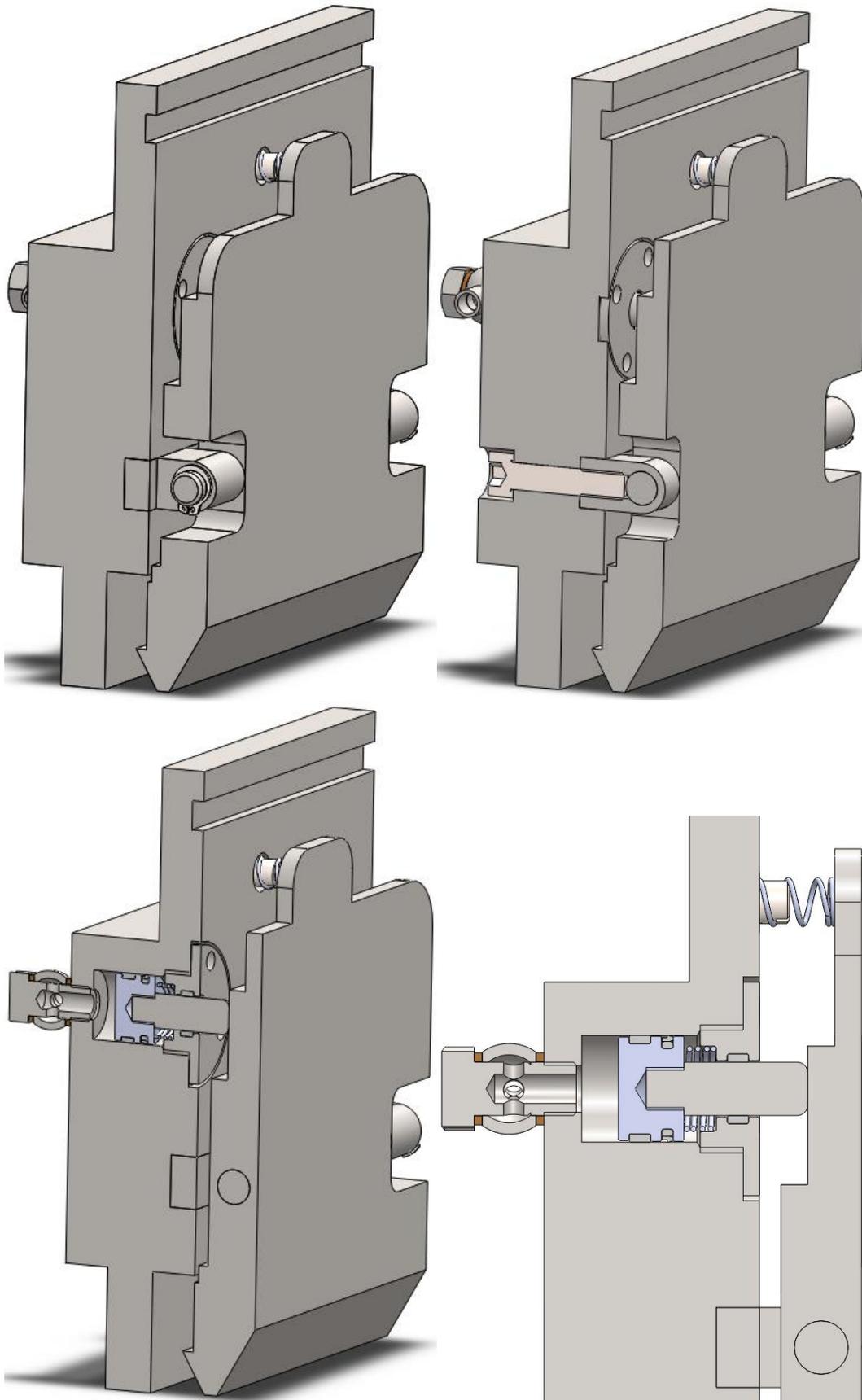
7 2^η Πρόταση



Εικόνα 64 Υδραυλικό σύστημα συγκράτησης (2η πρόταση)



Εικόνα 65 Υδραυλικό σύστημα συγκράτησης (2η πρόταση)



Εικόνα 66 Τομές υδραυλικού συστήματος συγκράτησης σε διάφορα επίπεδα

7.1 Μέρη συστήματος συγκράτησης – Πίνακας τεμαχίων – Κατασκευαστικά Σχέδια

Τα τμήματα από τα οποία αποτελείται το σύστημα συγκράτησης είναι:

1. Ενδιάμεση πλάκα

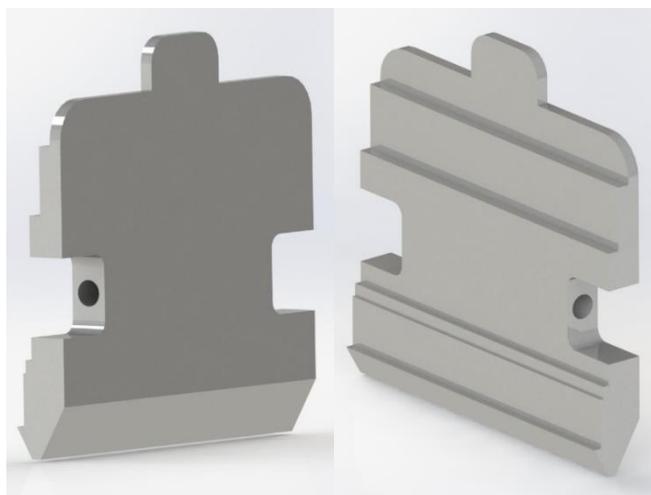
Η ενδιάμεση πλάκα είναι το τμήμα που χρησιμοποιείται ως βάση για την κατασκευή, δηλαδή όλα τα υπόλοιπα τμήματα συναρμολογούνται πάνω σε αυτήν. Όπως υποδηλώνει το όνομά της μεσολαβεί ανάμεσα στο έμβολο της πρέσας και στο άνω εργαλείο. Για την κατασκευή της χρησιμοποιείται ως αρχικό τεμάχιο η ενδιάμεση πλάκα "Intermediate ROLLER INT150" από χάλυβα AISI 1045 που μετά από διάφορες κατεργασίες μπορεί να φτάσει στην επιθυμητή μορφή.



Εικόνα 67 Ενδιάμεση πλάκα (intermediate)

2. Σφικτήρας

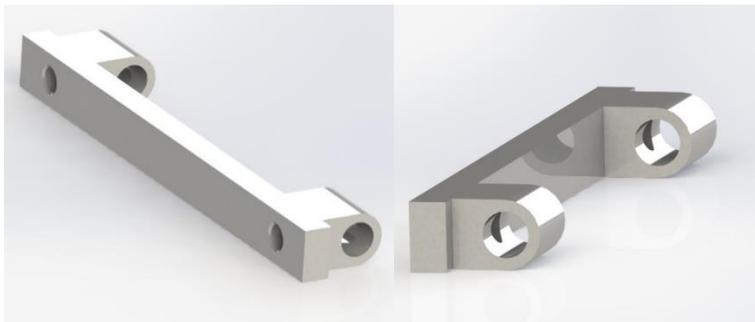
Ο σφικτήρας ίσως είναι το σημαντικότερο τμήμα της κατασκευής. Αυτός εδράζεται μέσω κυλινδρικής άρθρωσης (μεντεσέ) πάνω στην ενδιάμεση πλάκα. Η λειτουργία του είναι αφενός να λαμβάνει την δύναμη που του ασκείται από τα υδραυλικά έμβολα και να την μεταφέρει ως δύναμη σύσφιξης στο εργαλείο και αφετέρου να συγκρατεί το εργαλείο ως ασφαλιστικό για να μην πέσει κατά την φάση της αποσύσφιξης. Για την κατασκευή του χρησιμοποιείται ως βάση μια πλάκα από χάλυβα AISI 1045 η οποία μετά από κατεργασίες έρχεται στην επιθυμητή μορφή.



Εικόνα 68 Σφικτήρας (Clamper)

3. Βάση μεντεσέ

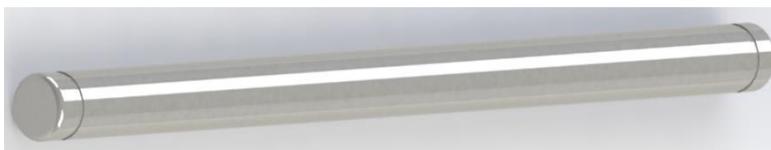
Η βάση του μεντεσέ είναι το τμήμα που εδράζεται μέσω δύο κοχλιών πάνω στην ενδιάμεση πλάκα σε ειδικά διαμορφωμένο αυλάκι που υπάρχει σε αυτή. Μέσω ενός πείρου αρθρώνεται πάνω στην βάση του μεντεσέ ο σφικτήρας. Για την κατασκευή του χρησιμοποιείται ως βάση τάκος από χάλυβα AISI 1045 ο οποίος μετά από κατεργασίες έρχεται στην επιθυμητή μορφή.



Εικόνα 69 Βάση μεντεσέ

4. Πείρος μεντεσέ

Πρόκειται για έναν πείρο $\Phi 10h6$ που τοποθετείται για τον σχηματισμό της άρθρωσης μεταξύ της βάσης μεντεσέ και του σφικτήρα.



Εικόνα 70 Πείρος μεντεσέ

5. Ασφάλειες πείρου

Πρόκειται για δύο κοινές ασφάλειες αξόνων $\Phi 10$ που τοποθετείται στα δύο άκρα του πείρου.



Εικόνα 71 Ασφάλεια πείρου

6. Βίδες βάσης μεντεσέ

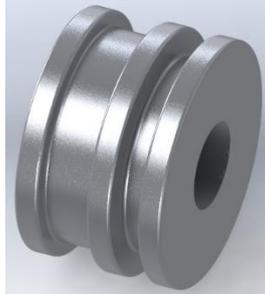
Πρόκειται για δύο βίδες με κεφαλή Άλλεν τύπου M8X35 Class 10.9 που χρησιμοποιούνται για την συγκράτηση της βάσης του μεντεσέ πάνω στην ενδιάμεση πλάκα.



Εικόνα 72 Βίδα βάσης μεντεσέ

7. Πιστόνι

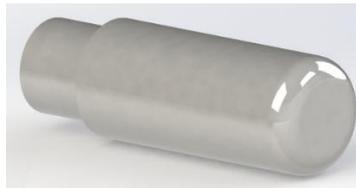
Πρόκειται για το πιστόνι που θα χρησιμοποιηθεί για τα υδραυλικά εμβολάκια. Επειδή για την συγκεκριμένη εφαρμογή οι διαστάσεις είναι πολύ μικρές δεν υπήρχε κατάλληλο τυποποιημένο πιστόνι του εμπορίου, σχεδιάστηκε ένα εξαρχής.



Εικόνα 73 Πιστόνι

8. Βάκτρο

Πρόκειται για το βάκτρο που θα χρησιμοποιηθεί για τα υδραυλικά εμβολάκια. Η μια του πλευρά είναι βιδωμένη πάνω στο πιστόνι και η άλλη του πλευρά όταν το υδραυλικό κύκλωμα έχει πίεση ασκεί μια κάθετη δύναμη εξ επαφής στον σφικτήρα.



Εικόνα 74 Βάκτρο

9. Ελατήριο επιστροφής εμβόλου

Πρόκειται για ένα ελατήριο που βρίσκεται στο εσωτερικό του υδραυλικού εμβόλου. Δουλειά του είναι όταν πέφτει η πίεση του υδραυλικού συστήματος να σπρώχνει τα έμβολα προς τα μέσα. Τα χαρακτηριστικά του ελατηρίου είναι: Nom Free Length=20 mm, Spring Rate=5 N/mm, Solid Height= 4mm, Out Max Diam=15 mm, In Min Diam=11mm.



Εικόνα 75 Ελατήριο επιστροφής εμβόλου

10. Οδηγός πιστονιού

Πρόκειται για τον οδηγό του υδραυλικού πιστονιού. Είναι τύπου Trelleborg gr4300200.



Εικόνα 76 Οδηγός πιστονιού

11. Οδηγός βάρου

Πρόκειται για τον οδηγό του βάρου. Είναι τύπου Trelleborg gr4300100.



Εικόνα 77 Οδηγός βάρου

12. Τσιμούχα πιστονιού

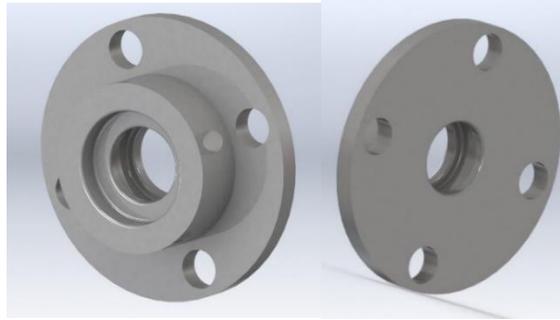
Πρόκειται για την τσιμούχα που χρησιμοποιείται στο πιστόνι για την στεγάνωση του υδραυλικού ελαίου. Είναι τύπου Trelleborg psk000200.



Εικόνα 78 Τσιμούχα πιστονιού

13. Καπάκι εμβόλου

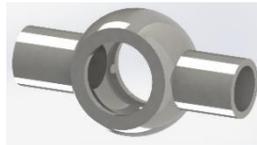
Πρόκειται για το καπάκι του υδραυλικού εμβόλου. Αυτό έχει εξωτερικά σπείρωμα για να βιδώνει πάνω στην ενδιάμεση πλάκα και στο εσωτερικό του έχει κατάλληλη διαμόρφωση για την τοποθέτηση του οδηγού του βάκτρου. Επιπλέον, προσφέρει αντιστήριξη στο ελατήριο επιστροφής του εμβόλου.



Εικόνα 79 Καπάκι εμβόλου

14. Double End Banjo Fitting

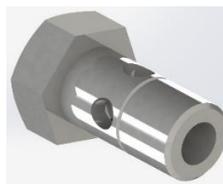
Για την τροφοδότηση του υδραυλικού εμβόλου χρησιμοποιείται Double End Banjo Fitting 10mm.



Εικόνα 80 Double end banjo fitting

15. Banjo Bolt

Για να βιδωθεί το Banjo Fitting πάνω στην ενδιάμεση πλάκα (έχει το ρόλο υδραυλικού κυλίνδρου) χρησιμοποιείται Banjo Bolt M10x1.5



Εικόνα 81 Banjo Bolt

16. Χάλκινη ροδέλα

Για την στεγανοποίηση του υδραυλικού ελαίου μεταξύ Banjo Bolt - Banjo Fitting και Banjo Fitting – Intermediate χρησιμοποιούνται χάλκινες ροδέλες M10



Εικόνα 82 Χάλκινη ροδέλα

17. Ελατήριο ασφάλισης σφικτήρα

Προκειμένου ο σφικτήρας να μην επιτρέπει την πτώση του εργαλείου (να ασφαλίζει) κατά την φάση της αποσύνθεσης δέχεται προένταση από ένα ελατήριο που βρίσκεται στην από πίσω πλευρά του. Οι προδιαγραφές του ελατηρίου είναι: Nom Free Length=25mm, Spring Rate=3 N/mm, Solid Height= 8 mm, Out Max Diam=12 mm, In Min Diam=10mm.



Εικόνα 83 Ελατήριο επιστροφής σφικτήρα

18. Οδηγός ελατηρίου

Το ελατήριο ασφάλισης του σφικτήρα για να παραμένει σταθερό στην θέση του χρειάζεται στο εσωτερικό του έναν οδηγό. Στην ουσία είναι ένα ουζόνι M5x8 που βιδώνει πάνω στην ενδιάμεση πλάκα.

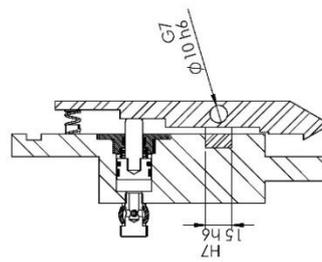
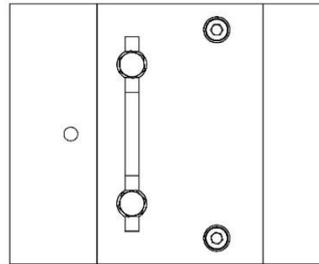
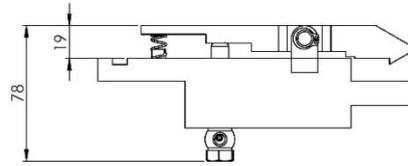
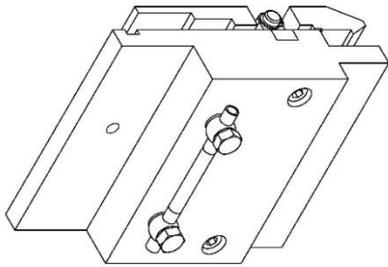
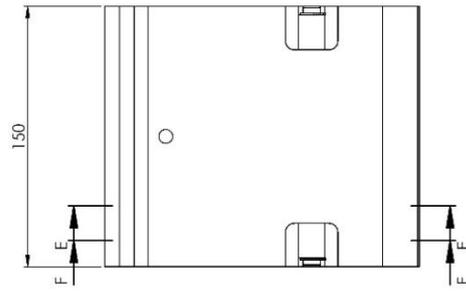
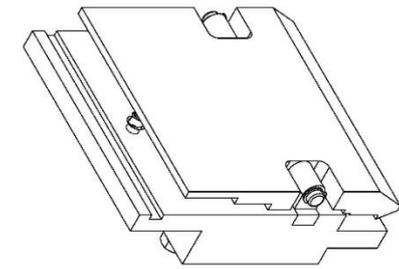


Εικόνα 84 Οδηγός ελατηρίου

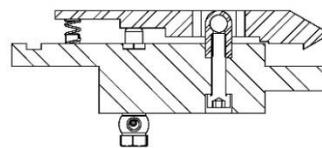
Ο πίνακας τεμαχίων είναι ο ακόλουθος:

Πίνακας 2 Πίνακας τεμαχίων

α/α	πλήθος	ονομασία	Αρ. Σχεδίου	Παρατηρήσεις
1	1	Ενδιάμεση πλάκα	intermediate sample	Intermediate ROLLERI INT150
2	1	Σφικτήρας	clamp	
3	1	Βάση μεντεσέ	menteses bash	
4	1	Πείρος μεντεσέ	piros	Φ10h6
5	2	Ασφάλεια πείρου		Circlip 10x1
6	2	Βίδες βάσης μεντεσέ		Socket head cap screw M8x35
7	2	Πιστόνι	piston	
8	2	Βάκτρο	rod	
9	2	Ελατήριο επιστροφής εμβόλου		Nom Free Length=20 mm Spring Rate=5 N/mm Solid Height= 4mm Out Max Diam=15 mm In Min Diam=11mm
10	2	Οδηγός πιστονιού		Trelleborg gp4300200
11	2	Οδηγός βάκτρο		Trelleborg gr4300100
12	2	Τσιμούχα πιστονιού		Trelleborg psk000200
13	2	Καπάκι εμβόλου	kapaki	
14	2	Double End Banjo Fitting 10mm	-	
15	2	Banjo Bolt M10x1.5	-	
16	4	Copper Crush Washer M10	-	
17	1	Ελατήριο ασφάλισης σφικτήρα	-	Nom Free Length=25mm Spring Rate=3 N/mm Solid Height= 8 mm Out Max Diam=12 mm In Min Diam=10mm
18	1	Οδηγός ελατηρίου		Socket Set Screw Flat Point M5x8

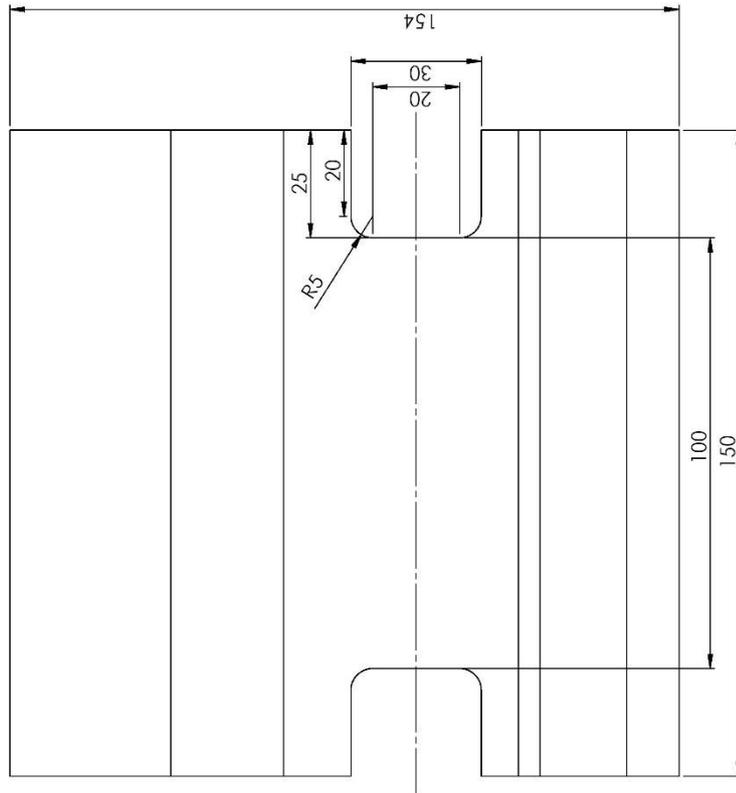
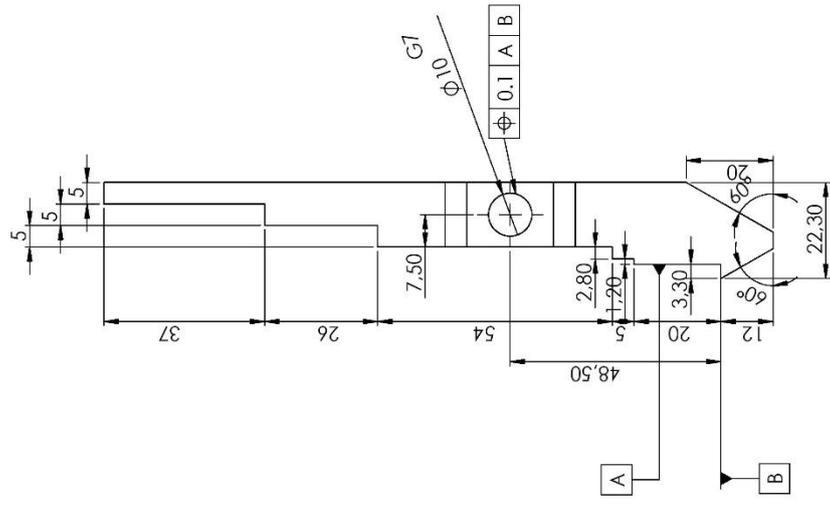


SECTION E-E

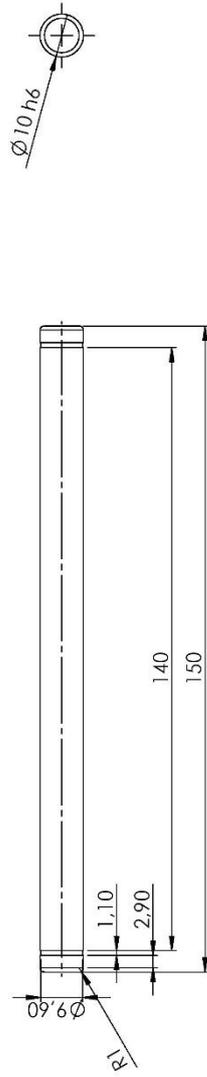


SECTION F-F

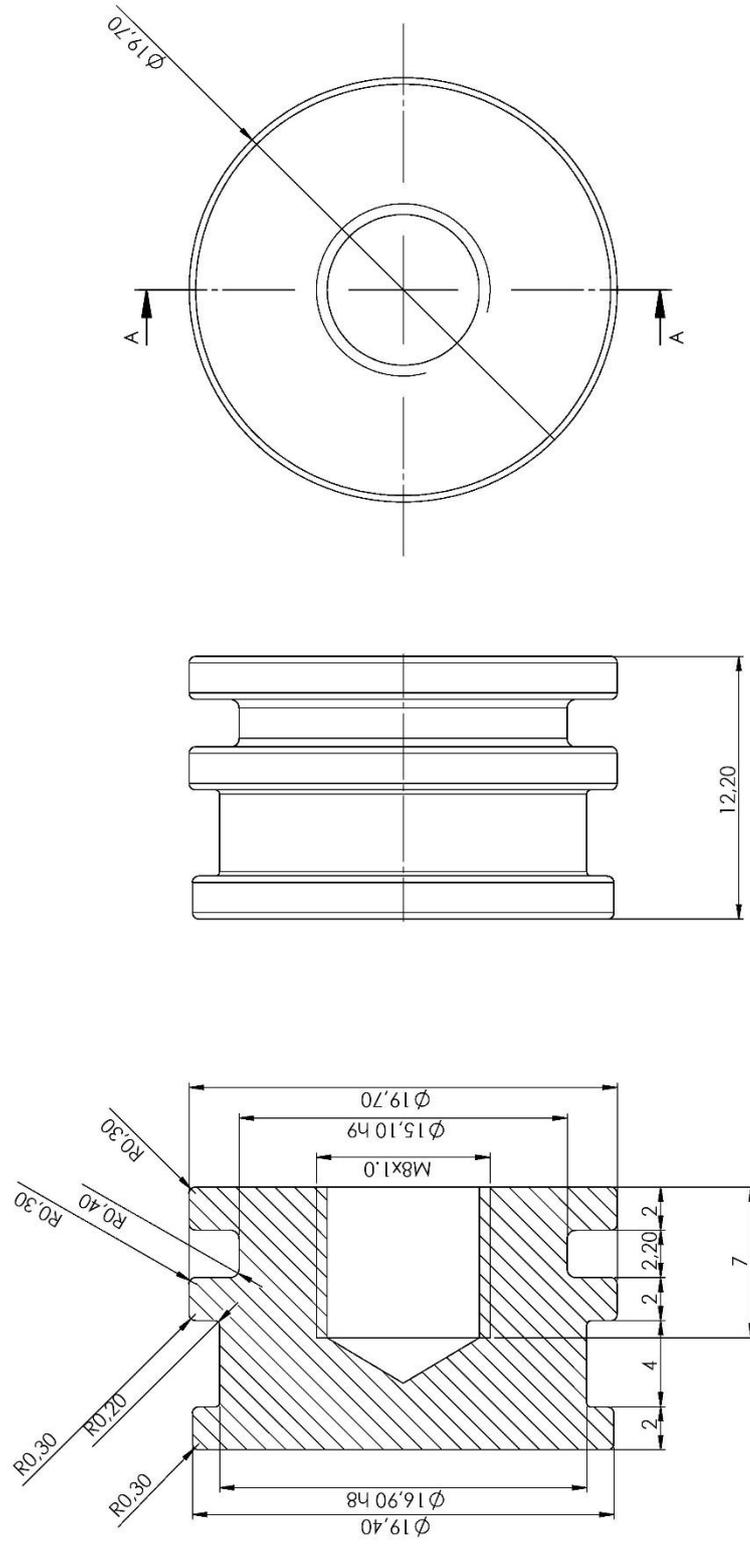
Clamp



Piros

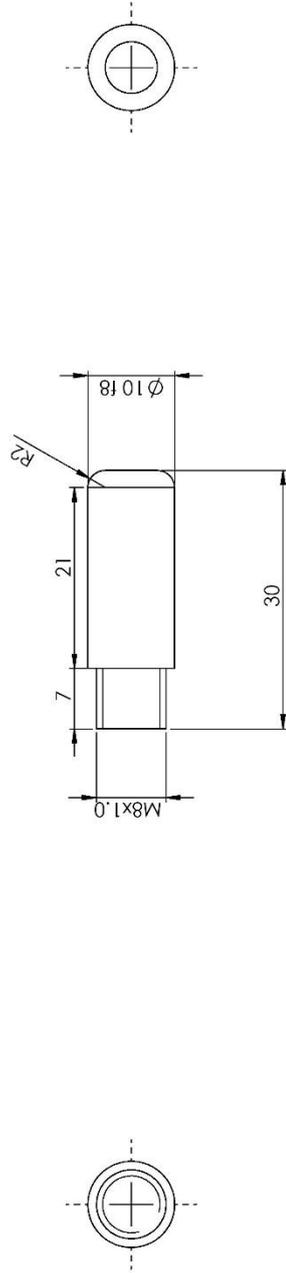


Piston



SECTION A-A
SCALE 5 : 1

Rod



7.2 Τρόπος λειτουργίας

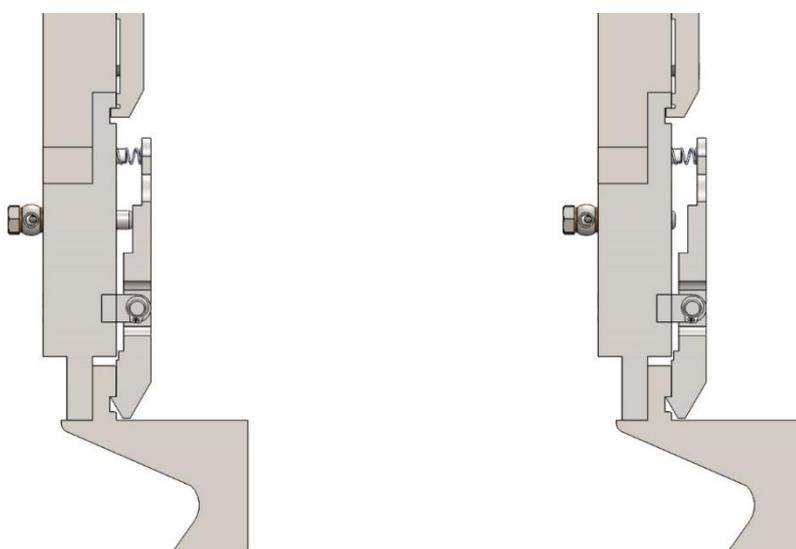
Διαδικασία αφαίρεσης εργαλείου:

Βήμα 1:

Ρίχνουμε την πίεση στο υδραυλικό κύκλωμα. Έτσι τα δύο εμβολάκια που εμπεριέχουν προφορτισμένο έλατήριο στο εσωτερικό τους υποχωρούν εσωτερικά.

Λόγω του προφορτισμένου ελατηρίου (περίπου 20N) που υπάρχει στο πίσω άνω μέρος του σφικτήρα αυτός παραμένει ακίνητος.

Έτσι το εργαλείο συνεχίζει να είναι ασφαλισμένο. Δεν μπορεί να κινηθεί προς τα κάτω αφού το συγκρατεί ένα δόντι που υπάρχει στον σφικτήρα.

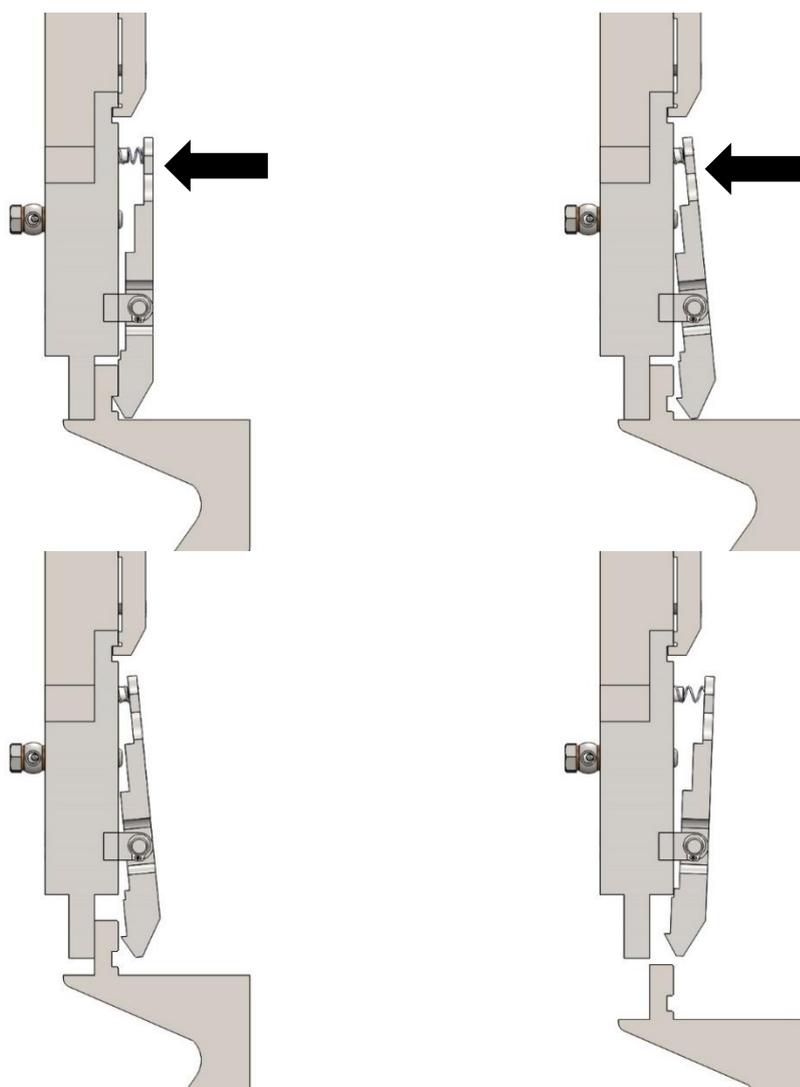


Εικόνα 85 Διαδικασία αφαίρεσης εργαλείου (βήμα 1)

Βήμα 2:

Ασκούμε δύναμη (περίπου 3 kg) με το ένα χέρι στον μοχλό που βρίσκεται στο άνω μέρος του σφικτήρα ενώ με το άλλο χέρι κρατάμε το εργαλείο. Έτσι ο σφικτήρας κάνει περιστροφική κίνηση περι τον πύλο που βρίσκεται στο μέσον του μέχρις ότου απασφαλιστεί το εργαλείο.

Μόλις απασφαλιστεί, σταματάμε να ασκούμε δύναμη στον σφικτήρα και το εργαλείο είναι ελεύθερο να κινηθεί προς τα κάτω για να το παραλάβουμε.



Εικόνα 86 Διαδικασία αφαίρεσης εργαλείου (βήμα 2)

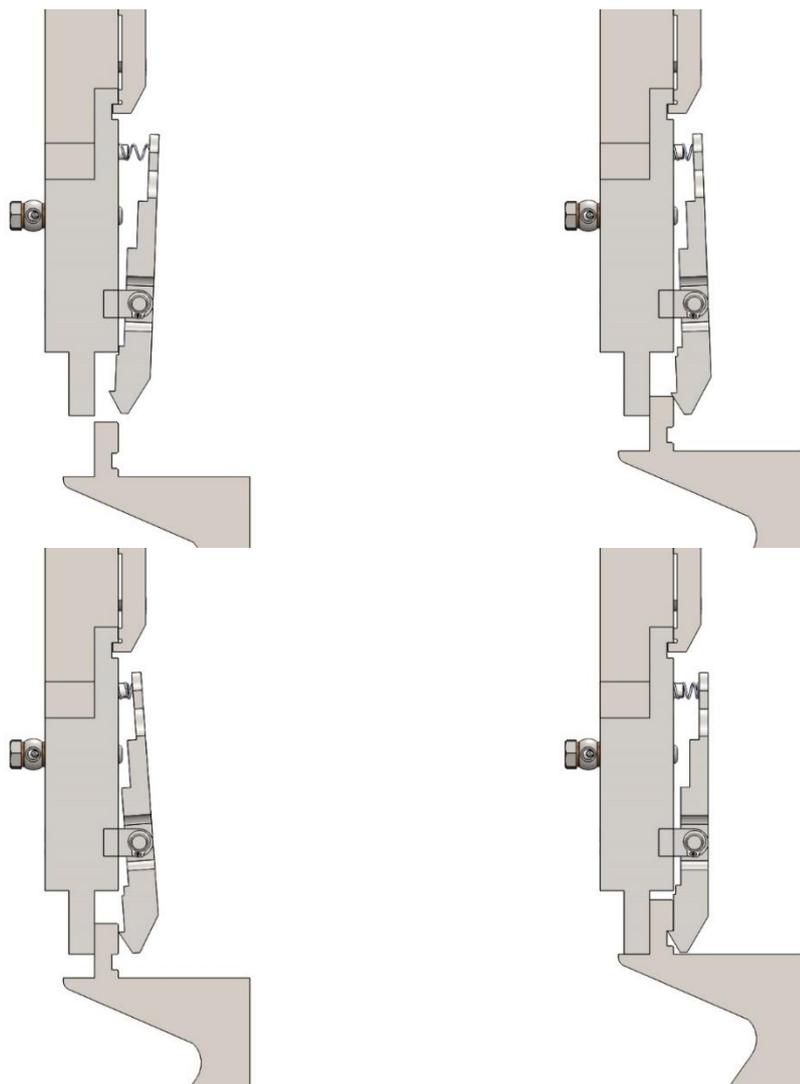
Διαδικασία τοποθέτησης εργαλείου

Βήμα 1:

Σπρώχνουμε το εργαλείο προς τα πάνω μέχρις ότου ασφαλιστεί.

Το εργαλείο ασφαλίζεται από το δόντι του σφικτήρα που εισέρχεται σε εσοχή του εργαλείου.

Μόλις ασφαλιστεί το εργαλείο το αφήνουμε αφού παραμένει ασφαλισμένου λόγω του προφορτισμένου ελατηρίου που υπάρχει στο πίσω άνω μέρος του σφικτήρα.

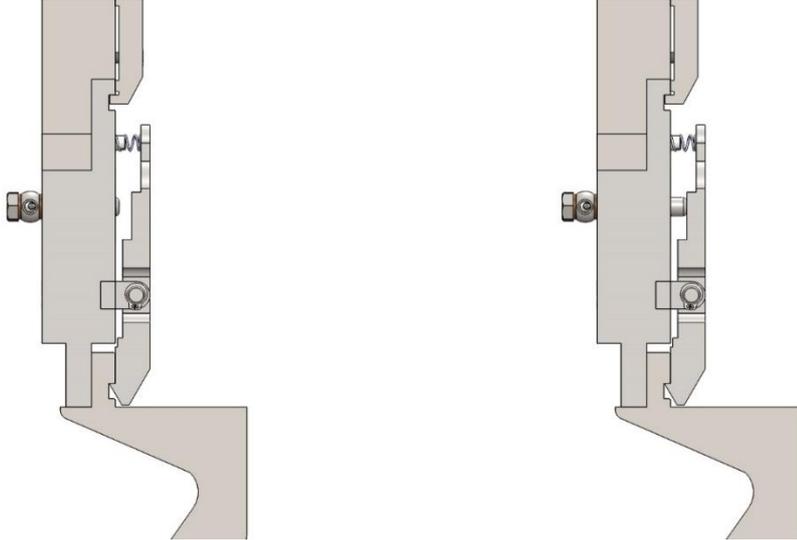


Εικόνα 87 Διαδικασία τοποθέτησης εργαλείου (βήμα 1)

Βήμα 2:

Δίνουμε πίεση στο υδραυλικό κύκλωμα.

Έτσι τα δύο εμβολάκια κινούνται προς τα έξω και τελικά ασκούν την δύναμη στο σφυκτήρα που απαιτείται για την συγκράτηση του εργαλείου.

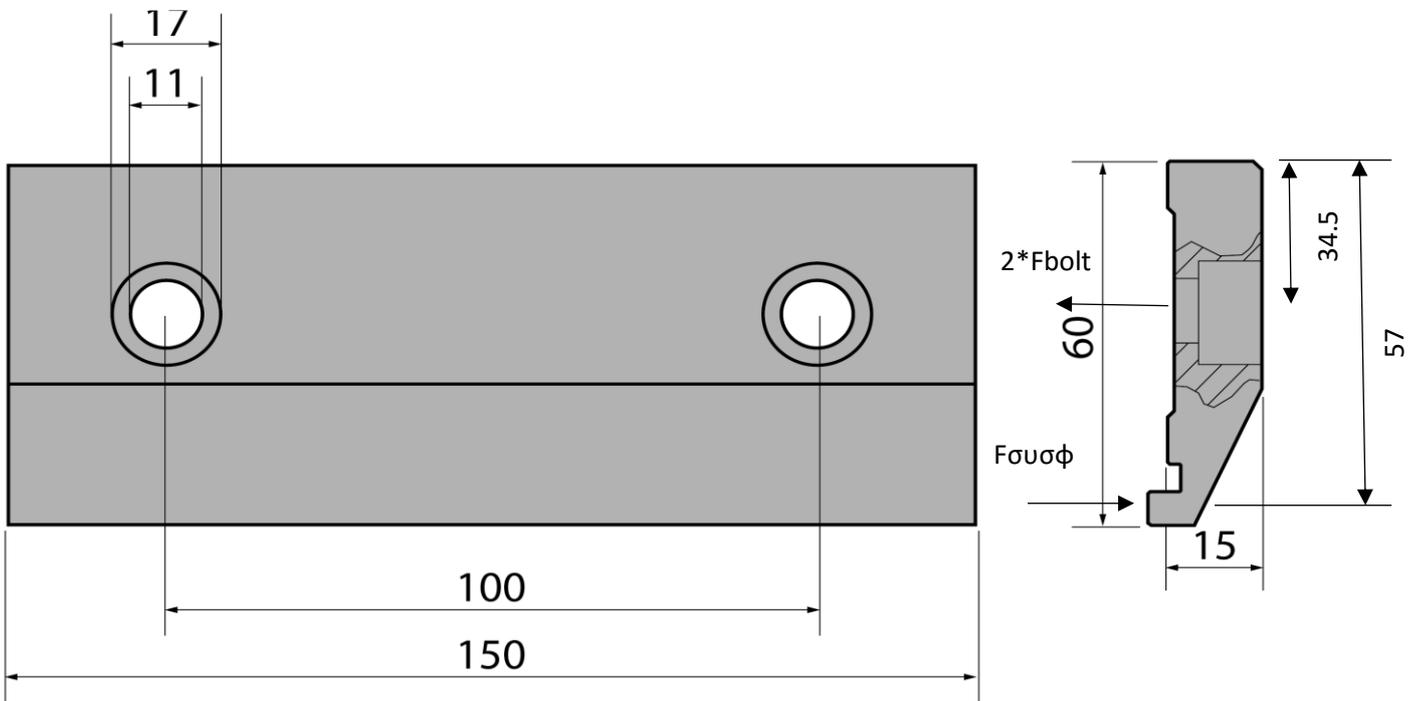


Εικόνα 88 Διαδικασία τοποθέτησης εργαλείου (βήμα 2)

7.3 Υπολογισμός απαιτούμενης (ελάχιστης) ασκούμενης δύναμης σύσφιξης από το σφιγκτήρα στο εργαλείο

Για να βρούμε ποιά είναι η ελάχιστη απαιτούμενη δύναμη σύσφιξης που θα πρέπει να παρέχει το υδραυλικό σύστημα συγκράτησης θα την θεωρήσουμε ίση με την μέγιστη δύναμη σύσφιξης που μπορεί να ασκηθεί από έναν συμβατικό σφιγκτήρα στο εργαλείο. Χρησιμοποιήσουμε ένα τυπικό σφιγκτήρα (ROLLERI ST60) στον οποίο θα θεωρήσουμε ότι οι βίδες βιδώνονται όσο περισσότερο γίνεται, δηλαδή μέχρι να φτάσουν στο όριο διαρροής.

Οι βίδες που χρησιμοποιούνται είναι διαμέτρου M10 και κλάσης CLASS 8.8. Η κλάση CLASS 8.8 προδιαγράφεται για PROOF LOAD= 33.7 KN. Λόγω των επαναλαμβανόμενων συσφίξεων-αποσυσφίξεων της βίδας θεωρούμε συντελεστή ασφαλείας SF=3. Συνεπώς, η δύναμη που ασκεί η κάθε βίδα στον σφιγκτήρα είναι $F_{bolt}=11.23$ KN.



Εικόνα 89 Διάγραμμα ελευθέρου σώματος (ΔΕΣ) σφιγκτήρα συμβατικού συστήματος συγκράτησης

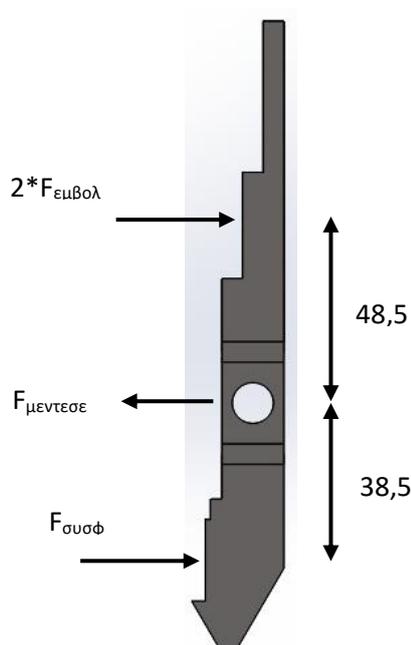
Για τον υπολογισμό της δύναμης σύσφιξης γράφουμε την εξίσωση ισοροπίας των ροπών:

$$\Sigma M = 0 \Rightarrow 2 * F_{bolt} * 34.5 = F_{συσφ}^{min} * 57 \Rightarrow F_{συσφ}^{min} = 13.6 \text{ KN}$$

7.4 Υπολογισμός ικανότητας σύσφιξης

Έστω ότι το υδραυλικό σύστημα σύσφιξης λειτουργεί σε μια τυπική πίεση λειτουργίας 200 Bar. Η διάμετρος του πιστονιού κάθε υδραυλικού εμβόλου είναι 20mm. Άρα η δύναμη που ασκεί το κάθε έμβολο είναι:

$$F_{\text{εμβολ}} = \frac{\pi * d_{\text{εμβ}}^2}{4} * P_{\text{υδραυλ}} = \frac{\pi * 0,020^2}{4} * 200 * 10^5 \Rightarrow F_{\text{εμβολ}} = 6.3 \text{ kN}$$



Εικόνα 90 Διάγραμμα ελευθέρου σώματος (ΔΕΣ) για σφιγκτήρα

Για τον υπολογισμό της δύναμης σύσφιξης γράφουμε την εξίσωση ισορροπίας των ροπών:

$$\Sigma M = 0 \Rightarrow 2 * F_{\text{εμβολ}} * 48,5 = F_{\text{συσφ}} * 38,5 \Rightarrow F_{\text{συσφ}} = 15,8 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_x = 0 \Rightarrow F_{\text{μεντεσε}} = 2 * F_{\text{εμβολ}} + F_{\text{συσφ}} \Rightarrow F_{\text{μεντεσε}} = 28,4 \text{ kN}$$

Συνεπώς η δύναμη σύσφιξης που μπορεί να παρέχει το υδραυλικό σύστημα συγκράτησης για μια τυπική πίεση λειτουργίας 200 Bar είναι κατά 15% μεγαλύτερη από την μέγιστη δυνατή που μπορεί να παρέχει ένα συμβατικό σύστημα.

7.5 Ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία

Τα βασικά μέρη της κατασκευής που λαμβάνουν μεγάλα φορτία και είναι σκόπιμο να μελετηθούν είναι η ενδιάμεση πλάκα (intermediate) και ο σφικτήρας (clamp).

Επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία το εμπορικό πακέτο SOLIDWORKS.

7.5.1 Ανάλυση ενδιάμεσης πλάκας (intermediate)

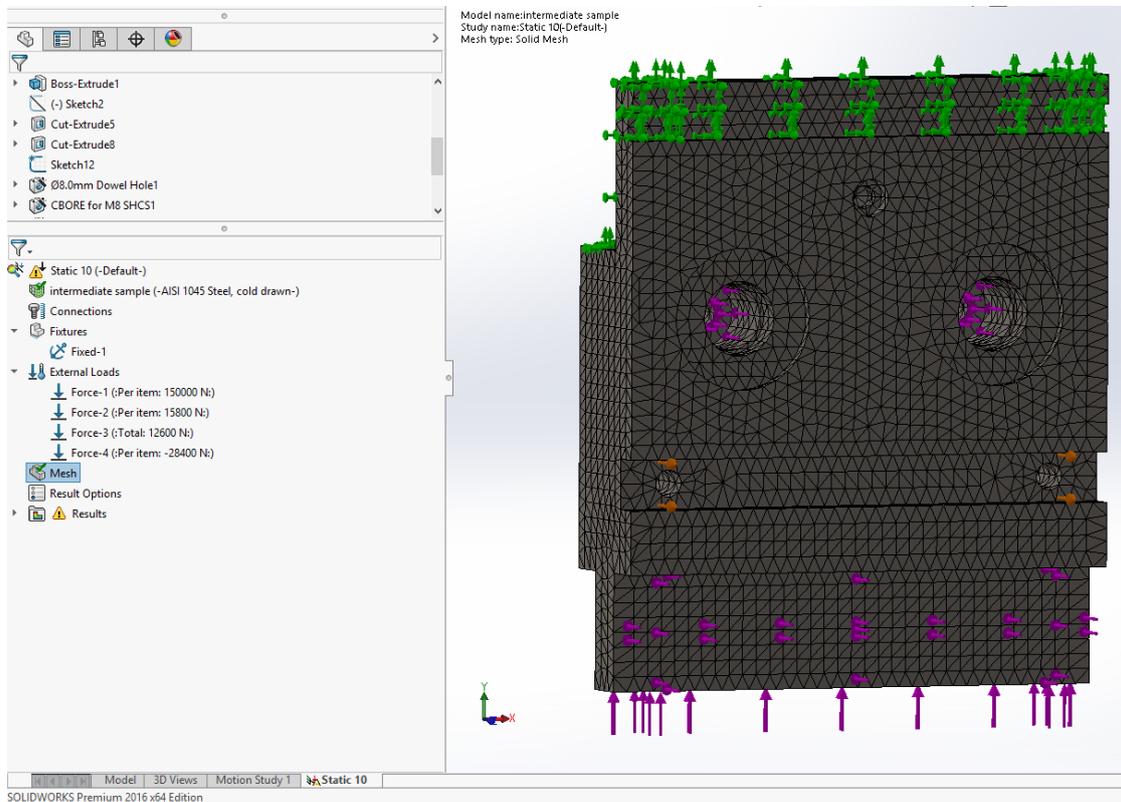
Η ενδιάμεση πλάκα που χρησιμοποιείται ως βάση στην κατασκευή είναι η INT150 της ROLLERI, είναι κατασκευασμένη σύμφωνα με την εταιρία από χάλυβα C45: 560-710 N/mm².

Η ενδιάμεση πλάκα είναι πακτωμένη στην πάνω πλευρά της πάνω στο έμβολο της πρέσας μέσω συμβατικού συστήματος συγκράτησης.

Τα φορτία-δυνάμεις που θα κληθεί να παραλάβει η ενδιάμεση πλάκα κατά την λειτουργία του συστήματος συγκράτησης είναι:

1. Κατακόρυφο (άξονας y) θλιπτικό φορτίο ίσο με το τονάζ της πρέσας. Σύμφωνα με τον κατάλογο της εταιρίας ROLLERI το μέγιστο τονάζ για την συγκεκριμένη ενδιάμεση πλάκα είναι 1000 kN/m. Το τμήμα που χρησιμοποιούμε έχει μήκος 150mm. Άρα αντιστοιχεί φορτίο 150kN.
2. Δύναμη $F_{\text{έμβολο}} = 6.3 \text{ kN}$ από κάθε έμβολο στην κατεύθυνση (-z)
3. Δύναμη $F_{\text{μεντεσε}} = 28,4 \text{ kN}$ από την βάση του μεντεσέ στην κατεύθυνση (+z)
4. Δύναμη $F_{\text{συσφ}} = 15.8 \text{ kN}$ από το εργαλείο στην κατεύθυνση (-z)

Όλα τα παραπάνω περάστηκαν στο SOLIDWORKS όπως φαίνεται στην εικόνα:



Εικόνα 91 Ανάλυση ενδιάμεσης πλάκας με πεπερασμένα στοιχεία μέσω εμπορικού πακέτου SOLIDWORKS

Η πλεγματοποίηση της ενδιάμεσης πλάκας έγινε με αυτόματο τρόπο από το SOLIDWORKS επιλέγοντας να γίνει με την μέγιστη δυνατή πυκνότητα πλέγματος (Mesh density: Fine). Τα στοιχεία του πλέγματος που δημιουργήθηκε είναι:

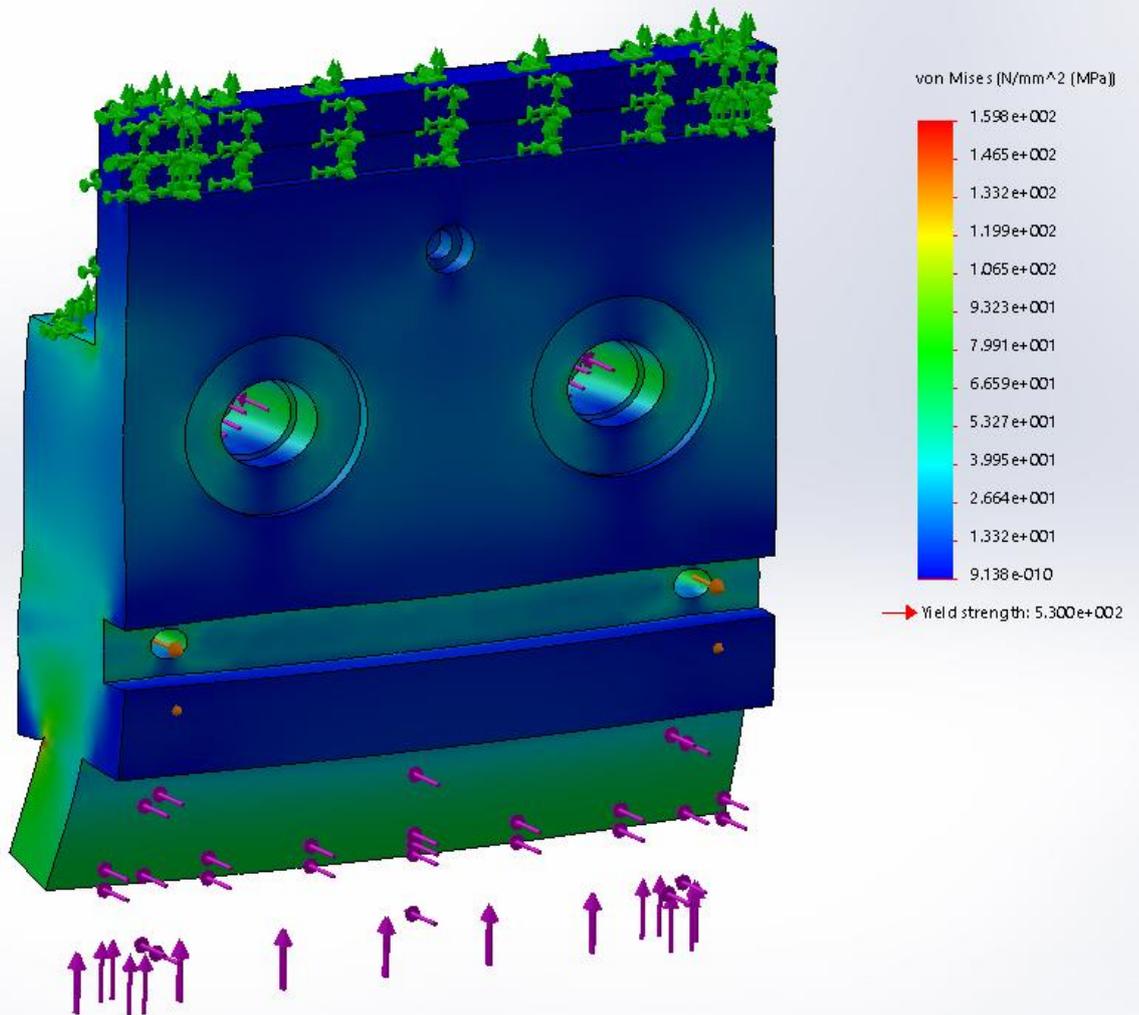
Mesh Details	
Study name	Static 10 (-Default-)
Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used	Standard mesh
Automatic Transition	Off
Include Mesh Auto Loops	Off
Jacobian points	4 points
Element size	4.40394 mm
Tolerance	0.220197 mm
Mesh quality	High
Total nodes	83785
Total elements	55926
Maximum Aspect Ratio	16.251
Percentage of elements with Aspect Ratio < 3	99.5
Percentage of elements with Aspect Ratio > 10	0.0286
% of distorted elements (Jacobian)	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss)	00:00:04
Computer name	

Εικόνα 92 Στοιχεία πλεγματοποίησης ενδιάμεσης πλάκας

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την επίλυση φαίνονται στις παρακάτω σελίδες. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι:

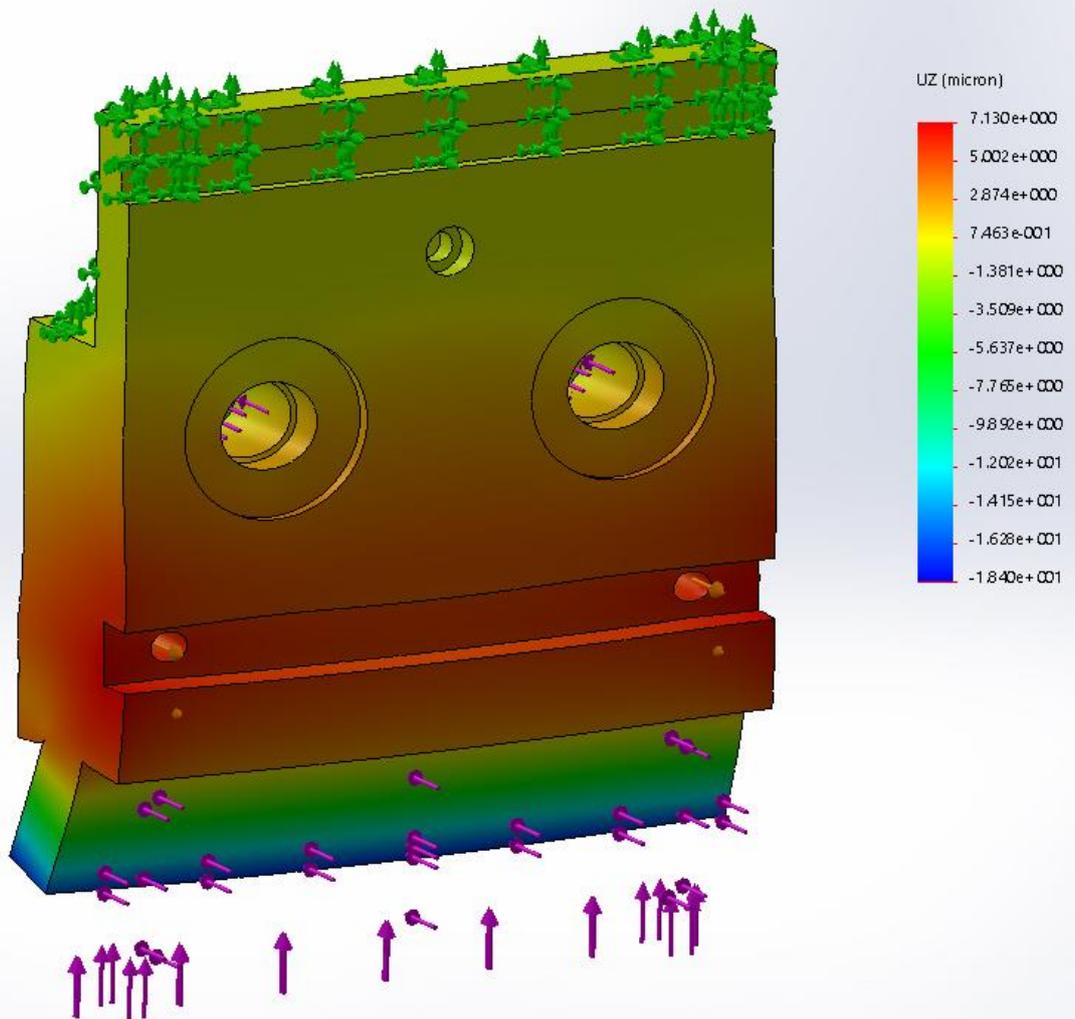
- Η κατασκευή κατά το μέγιστο τονάζ (φορτίο πρέσας) εμφανίζει ελάχιστο Factor Of Safety FOS=3.3 που είναι ιδιαίτερα υψηλή τιμή.
- Η παραμόρφωση που εμφανίζεται κατά τον άξονα z στο σημείο που εδράζεται το εργαλείο είναι περίπου 8 μm.
- Η μέγιστη τάση που εμφανίζεται είναι περίπου 160 Mpa.

Model name: intermediate sample
Study name: Static 10(-Default-)
Plot type: Static nodal stress Stress1
Deformation scale: 513.572



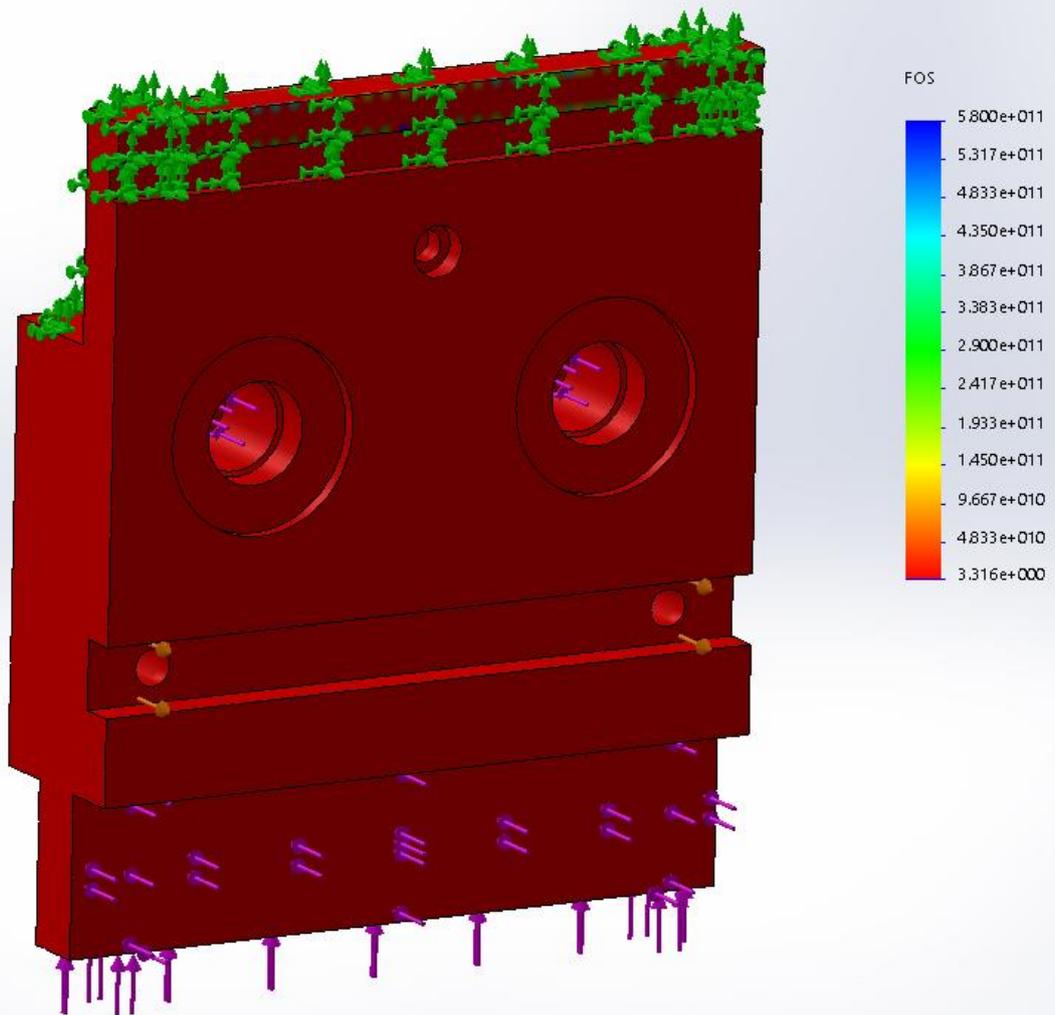
Εικόνα 93 Διάγραμμα αναπτυσσόμενων τάσεων σε ενδιάμεση πλάκα

Model name: intermediate sample
Study name: Static 10(-Default-)
Plot type: Static displacement Displacement2
Deformation scale: 513.572



Εικόνα 94 Διάγραμμα παραμορφώσεων κατά άξονα z της ενδιάμεσης πλάκας

Model name: intermediate sample
Study name: Static 10(-Default-)
Plot type: Factor of Safety Factor of Safety1
Criterion: Automatic
Factor of safety distribution: Min FOS = 3.3



Εικόνα 95 Διάγραμμα συντελεστή ασφαλείας (Factor of safety) ενδιάμεσης πλάκας

7.5.2 Ανάλυση σφικτήρα (clamper)

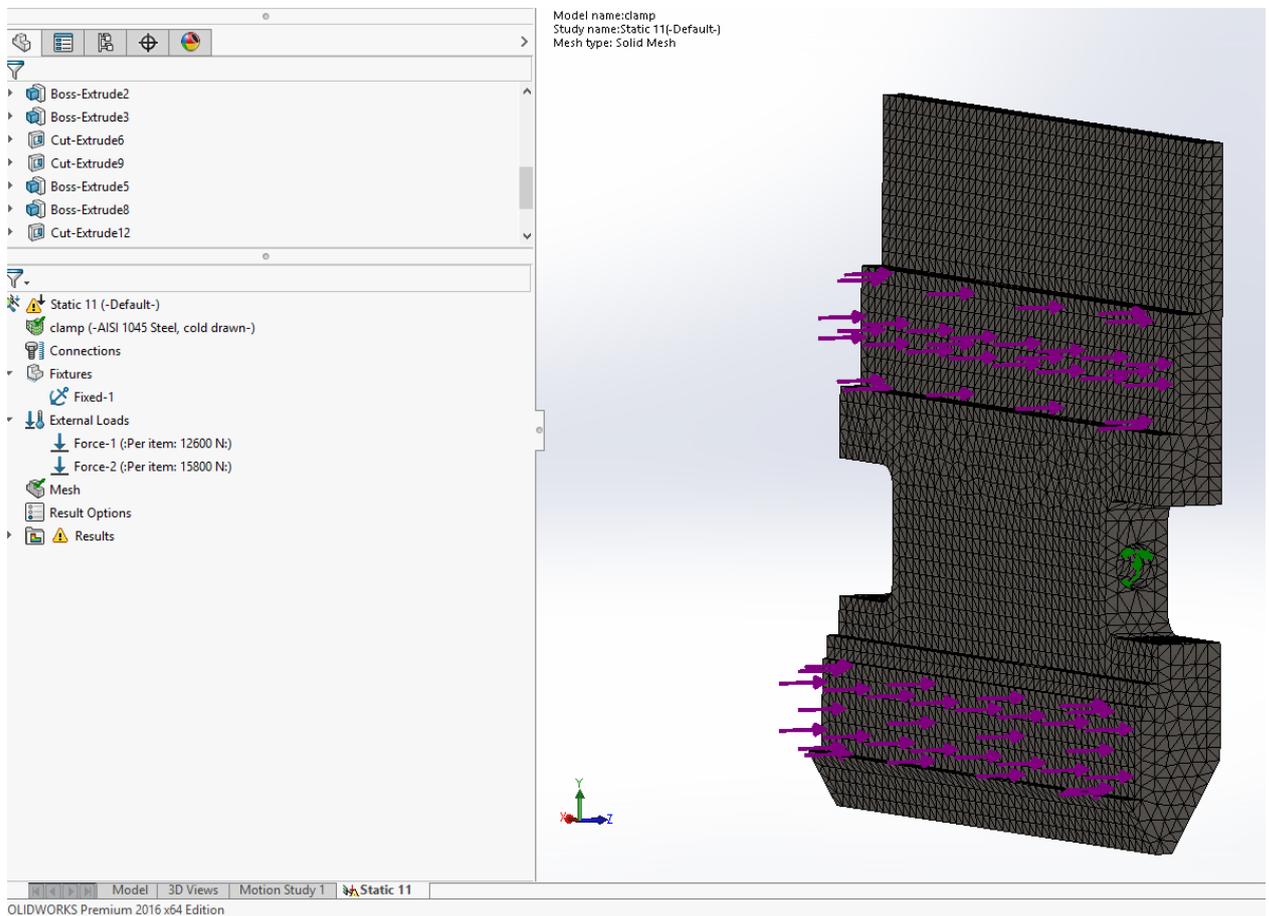
Ο σφικτήρας (clamper) πρόκειται να κατασκευαστεί από χάλυβα C45: 560-710 N/mm².

Ο σφικτήρας (clamper) είναι στο μέσον του αρθρωμένος μέσω ενός πείρου με την βάση της κυλινδρικής άρθρωσης (μεντεσέ).

Τα φορτία-δυνάμεις που θα κληθεί να παραλάβει κατά την λειτουργία του συστήματος συγκράτησης είναι:

1. Δύναμη $F_{\text{εμβολ}}$ = 6.3 kN από κάθε έμβολο στην κατεύθυνση (+z)
2. Δύναμη $F_{\text{συσφ}}$ = 15.8 kN από το εργαλείο στην κατεύθυνση (+z)

Όλα τα παραπάνω περάστηκαν στο SOLIDWORKS όπως φαίνεται στην εικόνα:



Εικόνα 96 Ανάλυση σφικτήρα με πεπερασμένα στοιχεία μέσω εμπορικού πακέτου SOLIDWORKS

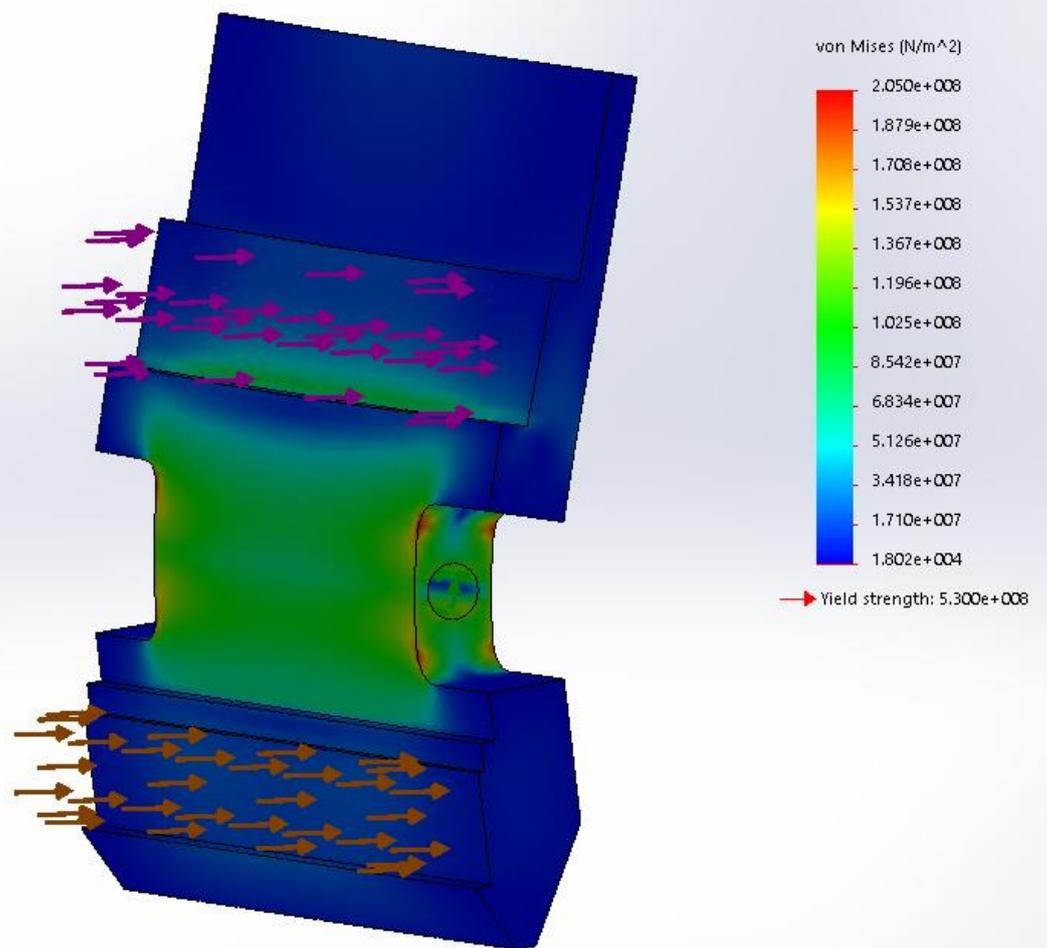
Η πλεγματοποίηση του σφικτήρα έγινε με αυτόματο τρόπο από το SOLIDWORKS επιλέγοντας να γίνει με την μέγιστη δυνατή πυκνότητα πλέγματος (Mesh density: Fine). Τα στοιχεία του πλέγματος που δημιουργήθηκε είναι:

Mesh Details	
Study name	Static 11 (-Default-)
Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used	Standard mesh
Automatic Transition	Off
Include Mesh Auto Loops	Off
Jacobian points	4 points
Element size	3.13018 mm
Tolerance	0.156509 mm
Mesh quality	High
Total nodes	85754
Total elements	55611
Maximum Aspect Ratio	4.0708
Percentage of elements with Aspect Ratio < 3	99.7
Percentage of elements with Aspect Ratio > 10	0
% of distorted elements (Jacobian)	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss)	00:00:04
Computer name	

Εικόνα 97 Στοιχεία πλεγματοποίησης σφικτήρα

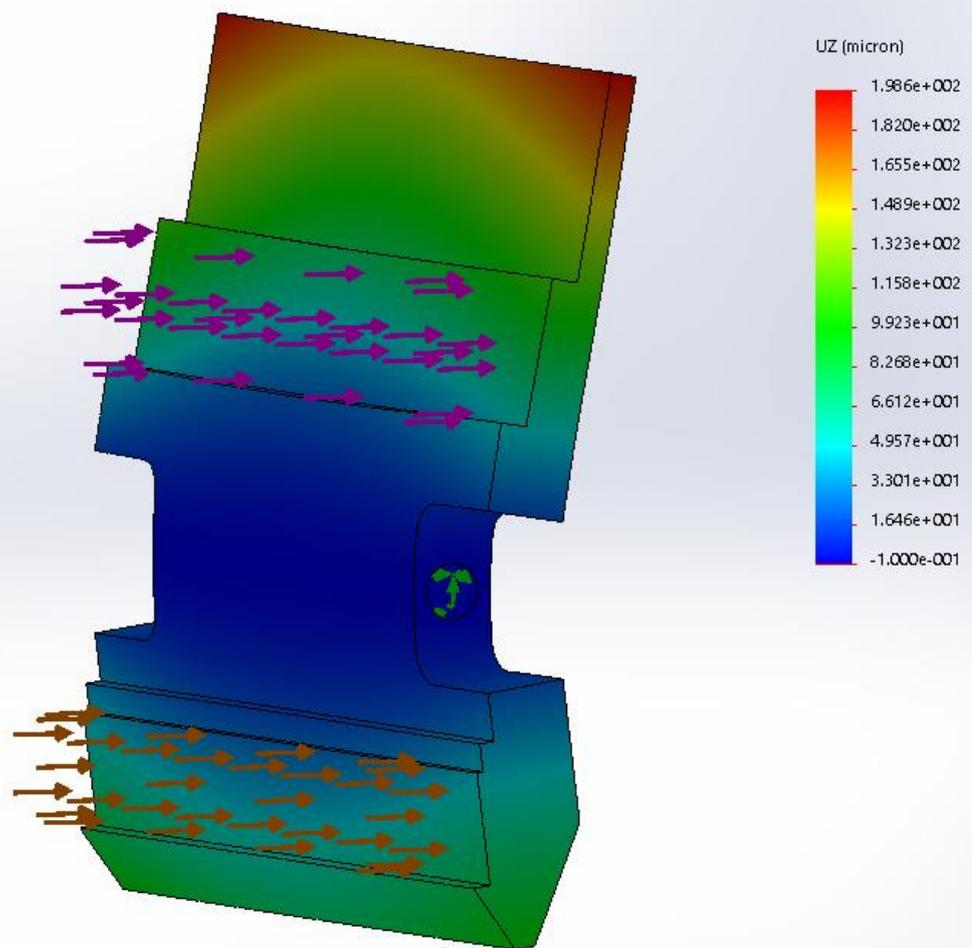
Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την επίλυση φαίνονται στις παρακάτω σελίδες.

Model name: clamp
Study name: Static 11(- Default-)
Plot type: Static nodal stress Stress1
Deformation scale: 77.5558



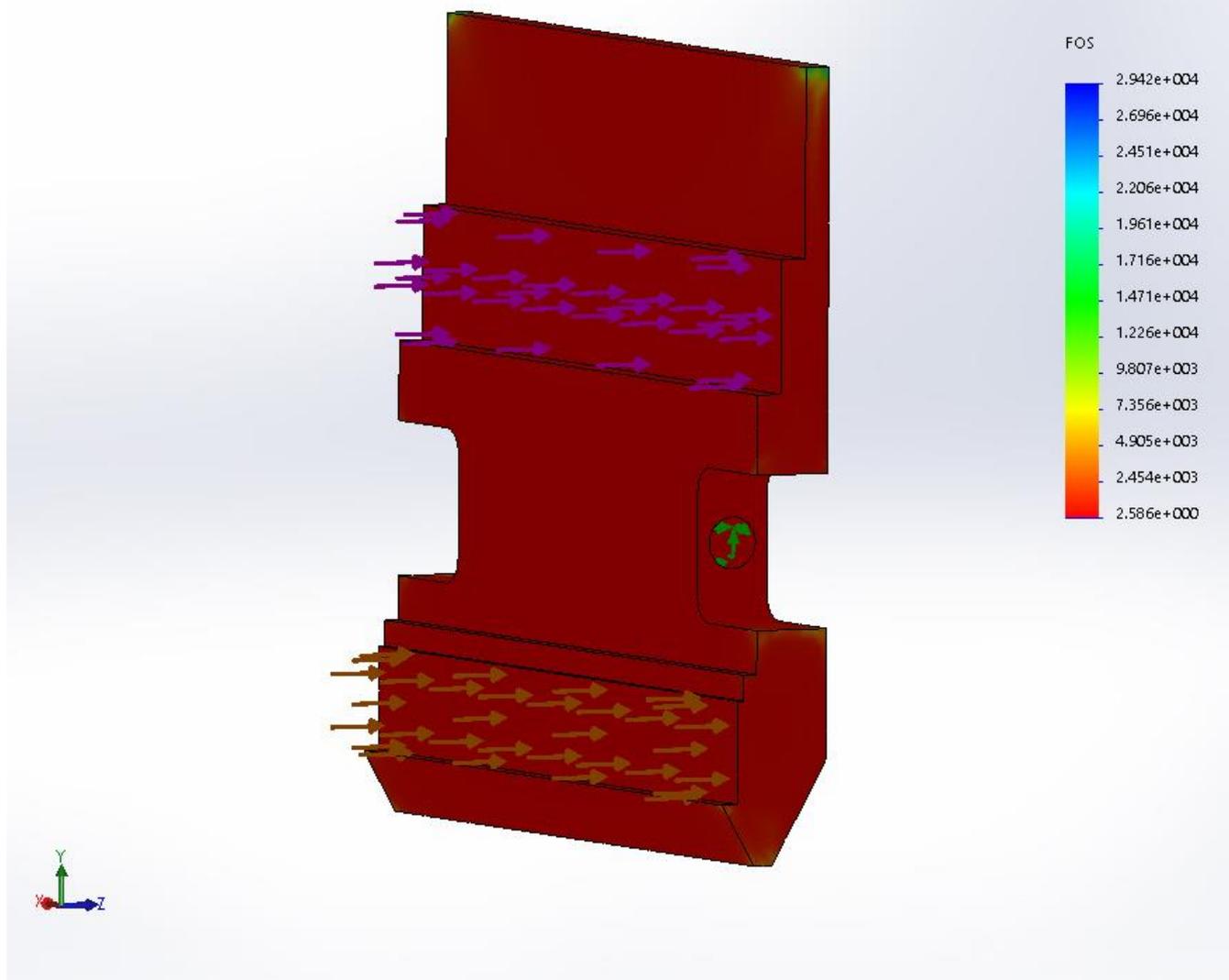
Εικόνα 98 Διάγραμμα αναπτυσσόμενων τάσεων σε σφικτήρα

Model name: clamp
Study name: Static 11(- Default-)
Plot type: Static displacement Displacement1
Deformation scale: 77.5558



Εικόνα 99 Διάγραμμα παραμορφώσεων κατά τον άξονα z σφικτήρα

Model name: clamp
Study name: Static 11(- Default-)
Plot type: Factor of Safety Factor of Safety1
Criterion: Automatic
Factor of safety distribution: Min FOS = 2.6



Εικόνα 100 Διάγραμμα συντελεστή ασφαλείας (Factor of safety) σφικτήρα

7.6 Κατασκευή βασικών τμημάτων

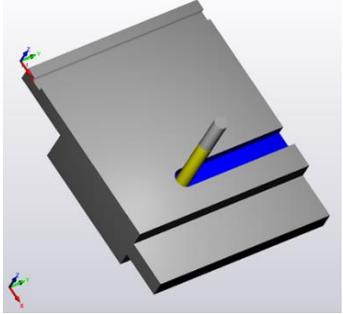
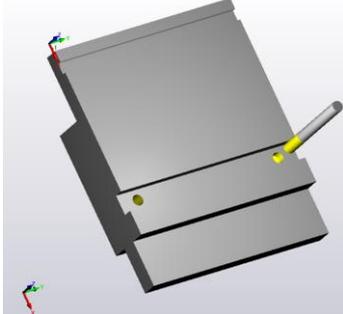
Για την κατασκευή ορισμένων από τα βασικά τμήματα (ενδιάμεση πλάκα, σφικτήρας, βάση μεντεσέ) του συστήματος συγκράτησης απαιτείται η χρήση CNC φρέζας.

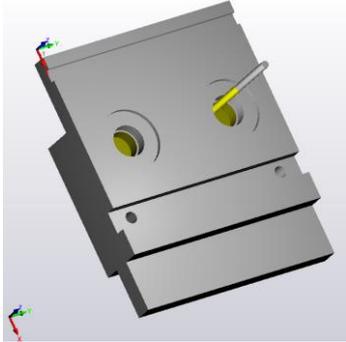
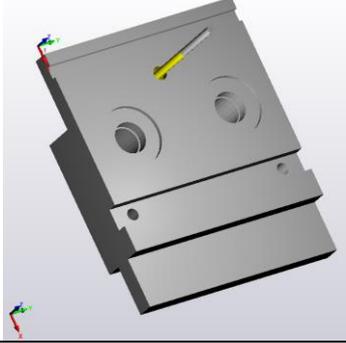
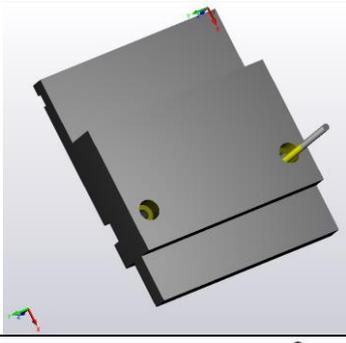
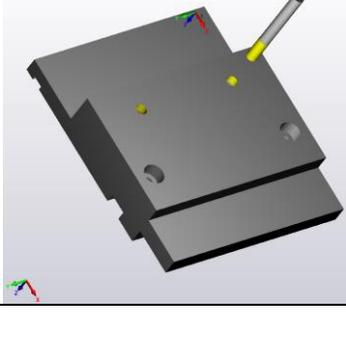
Για την προσομοίωση των κατεργασιών και την δημιουργία του G-Code χρησιμοποιήθηκε το εμπορικό πακέτο Solidcam. Στην εφαρμογή επιλέχθηκε αρχικά το κατεργαζόμενο υλικό (χάλυβας AISI 1045) και η μηχανή με την οποία θα γίνει η κατεργασία (okuma mx45-vae). Στην συνέχεια παρουσιάζεται ένα συνοπτικό φασεολόγιο κατεργασιών για την κατασκευή των βασικών τεμαχίων. Αξίζει να αναφερθεί ότι οι συνθήκες κοπής για κάθε φάση επιλέχθηκαν αυτόματα μέσω της εφαρμογής "iMachining" που διαθέτει το πακέτο του Solidcam λαμβάνοντας ως δεδομένα το υλικό, τον τύπο της κατεργασίας, το εργαλείο και την μηχανή.

7.6.1 Κατασκευή ενδιάμεσης πλάκας

Ως βάση (αρχικό τεμάχιο) λαμβάνουμε την ενδιάμεση πλάκα "Intermediate ROLLER INT150" η οποία μετά από μια σειρά κατεργασιών θα φτάσει στην επιθυμητή μορφή.

Πίνακας 3 Φασεολόγιο κατεργασιών ενδιάμεσης πλάκας

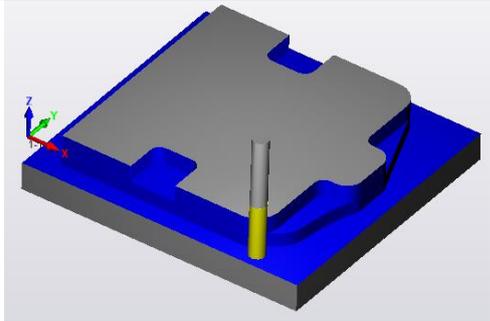
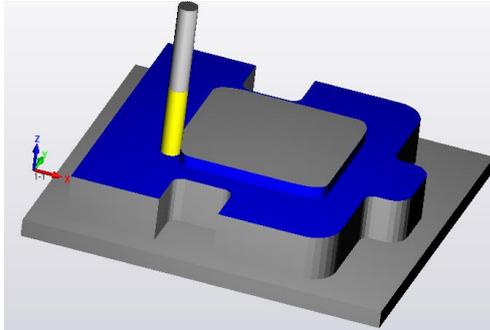
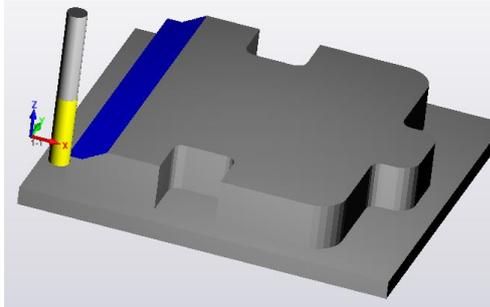
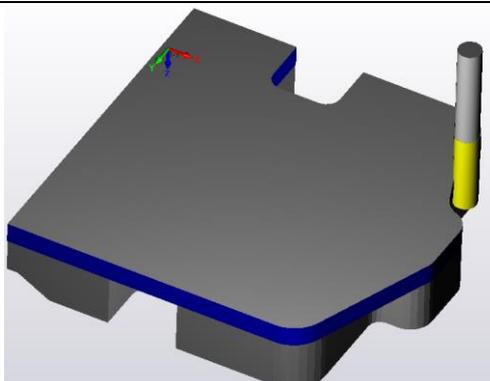
Ενδεικτικό φασεολόγιο κατεργασιών ενδιάμεσης πλάκας				
Πρώτο σετάρισμα				
1	Φρεζάρισμα αύλακος βάσεως μεντεσέ	κονδύλι Φ10	35min	
2	Διάτρηση οπών βάσεως μεντεσέ	Τρυπάνι Φ8	1 min	

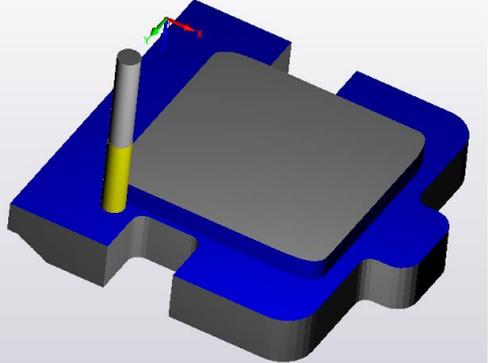
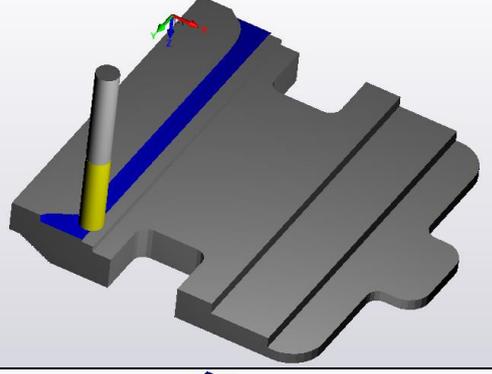
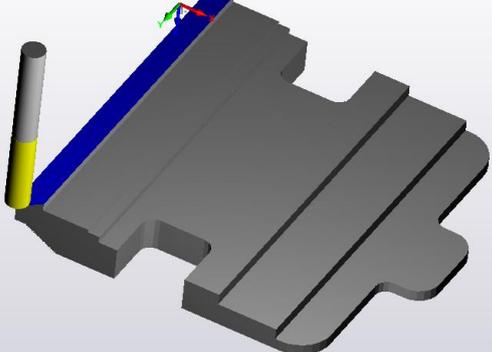
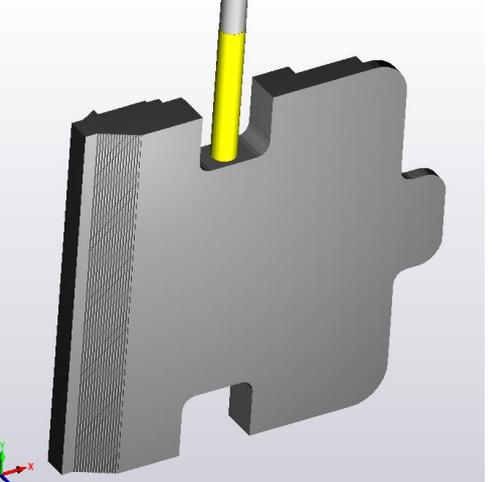
3	Φρεζάρισμα υδραυλικών κυλίνδρων	Κονδύλι Φ5	2h 2min	
4	Φρεζάρισμα βάσης οδηγού ελατηρίου	Κονδύλι Φ5	7 min	
Δεύτερο σετάρισμα				
5	Φρεζάρισμα φωλιάς κοχλιών βάσεως μεντεσέ	Κονδύλι Φ5	15 min	
6	Διάτρηση οπών κοχλιών εισόδου υδραυλικού λαδιού	Τρυπάνι Φ8	1 min	

7.6.2 Κατασκευή σφικτήρα (clamper)

Ως βάση (αρχικό τεμάχιο) λαμβάνεται μια πλάκα διαστάσεων 180 X 170 X 30 η οποία μετά από μια σειρά κατεργασιών θα φτάσει στην επιθυμητή μορφή.

Πίνακας 4 Φασεολόγιο κατεργασιών σφικτήρα

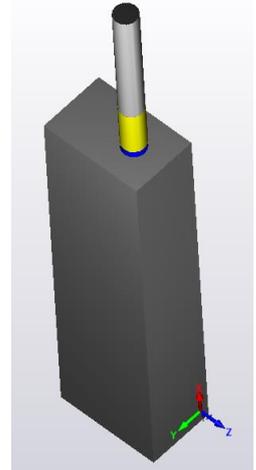
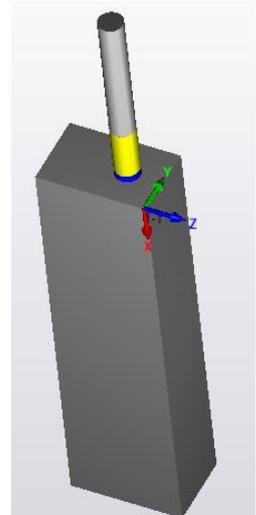
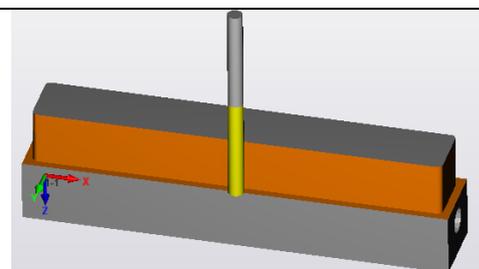
Ενδεικτικό φασεολόγιο κατεργασιών clamper				
Πρώτο σετάρισμα				
1	Φρεζάρισμα περιμετρικής επιφάνειας	κονδύλι Φ10	1h 8min	
2	Φρεζάρισμα προσώπου	κονδύλι Φ10	15 min	
3	Φρεζάρισμα προσώπου	κονδύλι Φ10	5 min	
Δεύτερο σετάρισμα				
4	Φρεζάρισμα περιμετρικής επιφάνειας	κονδύλι Φ10	23 min	

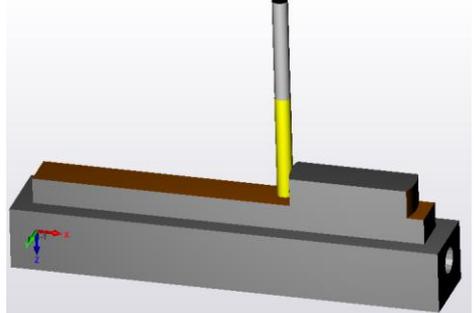
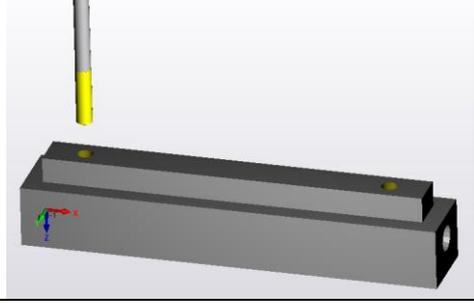
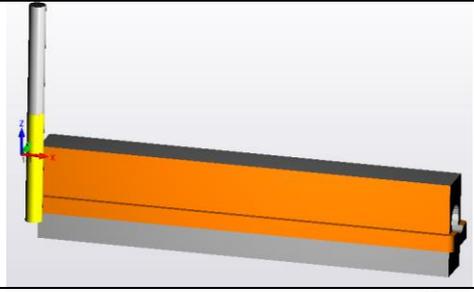
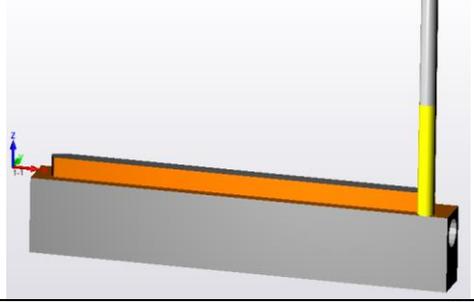
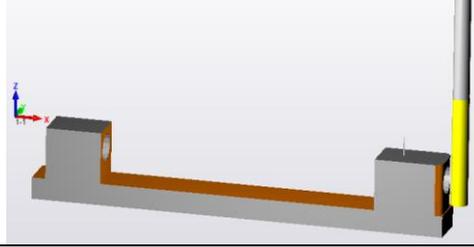
5	Φρεζάρισμα προσώπου	κονδύλι Φ10	8 min	
6	Φρεζάρισμα προσώπου σε 4 επίπεδα	κονδύλι Φ10	35 min	
	Φρεζάρισμα προσώπου	κονδύλι Φ10	15 min	
Τρίτο σετάρισμα				
	Διάτρηση οπής πύρου μεντεσέ	Τρυπάνι Φ10	1 min	

7.6.3 Κατασκευή βάσης μεντεσέ

Ως βάση (αρχικό τεμάχιο) λαμβάνουμε πλάκα διαστάσεων 160X37X25 η οποία μετά από μια σειρά κατεργασιών θα φτάσει στην επιθυμητή μορφή.

Πίνακας 5 Φασεολόγιο κατεργασιών βάσης μεντεσέ

Ενδεικτικό φασεολόγιο κατεργασιών βάσης μεντεσέ				
Πρώτο σετάρισμα				
1	Διάτρηση πρώτης οπής πύρου μεντεσέ	Τρυπάνι Φ10	1 min	
Δεύτερο σετάρισμα				
2	Διάτρηση δεύτερης οπής πύρου μεντεσέ	Τρυπάνι Φ10	1 min	
Τρίτο σετάρισμα				
3	Φρεζάρισμα περιμετρικής επιφάνειας	Κονδύλι Φ6	11 min	

4	Φρεζάρισμα προσώπου	Κονδύλι Φ6	15 min	
5	Διάτρηση οπών βάσεως μεντεσέ	Τρυπάνι Φ6	1 min	
Τέταρτο σετάρισμα				
6	Φρεζάρισμα περιμετρικής επιφάνειας	Κονδύλι Φ6	18 min	
7	Φρεζάρισμα προσώπου	Κονδύλι Φ6	2 min	
8	Φρεζάρισμα για δημιουργία αυτιών	Κονδύλι Φ6	22 min	

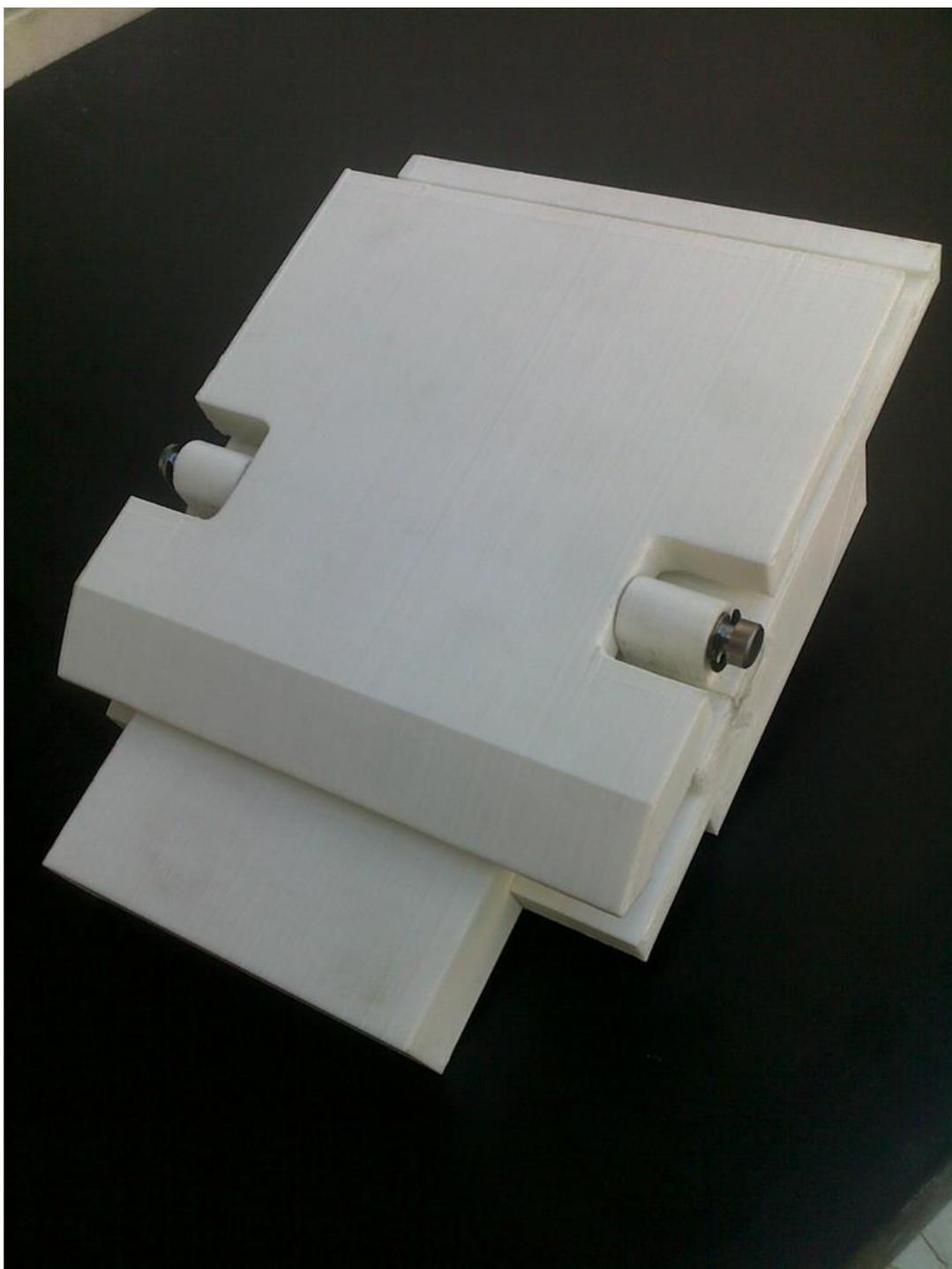
7.6.4 Κατασκευή πρωτοτύπου με χρήση 3D Printer

Μετά τον σχεδιασμό του συστήματος συγκράτησης αξιοποιήθηκε δυνατότητα κατασκευής πρωτοτύπου του τελικού τεμαχίου με την χρήση 3D Printer Cubex του εργαστηρίου. Αυτό έγινε για να υπάρξει η καλύτερη δυνατή άποψη και εκτίμηση του υπό κατασκευή αντικειμένου και του κατά πόσο καλύπτει τις ανάγκες και τις απαιτήσεις πριν προχωρήσει η κατασκευή του.

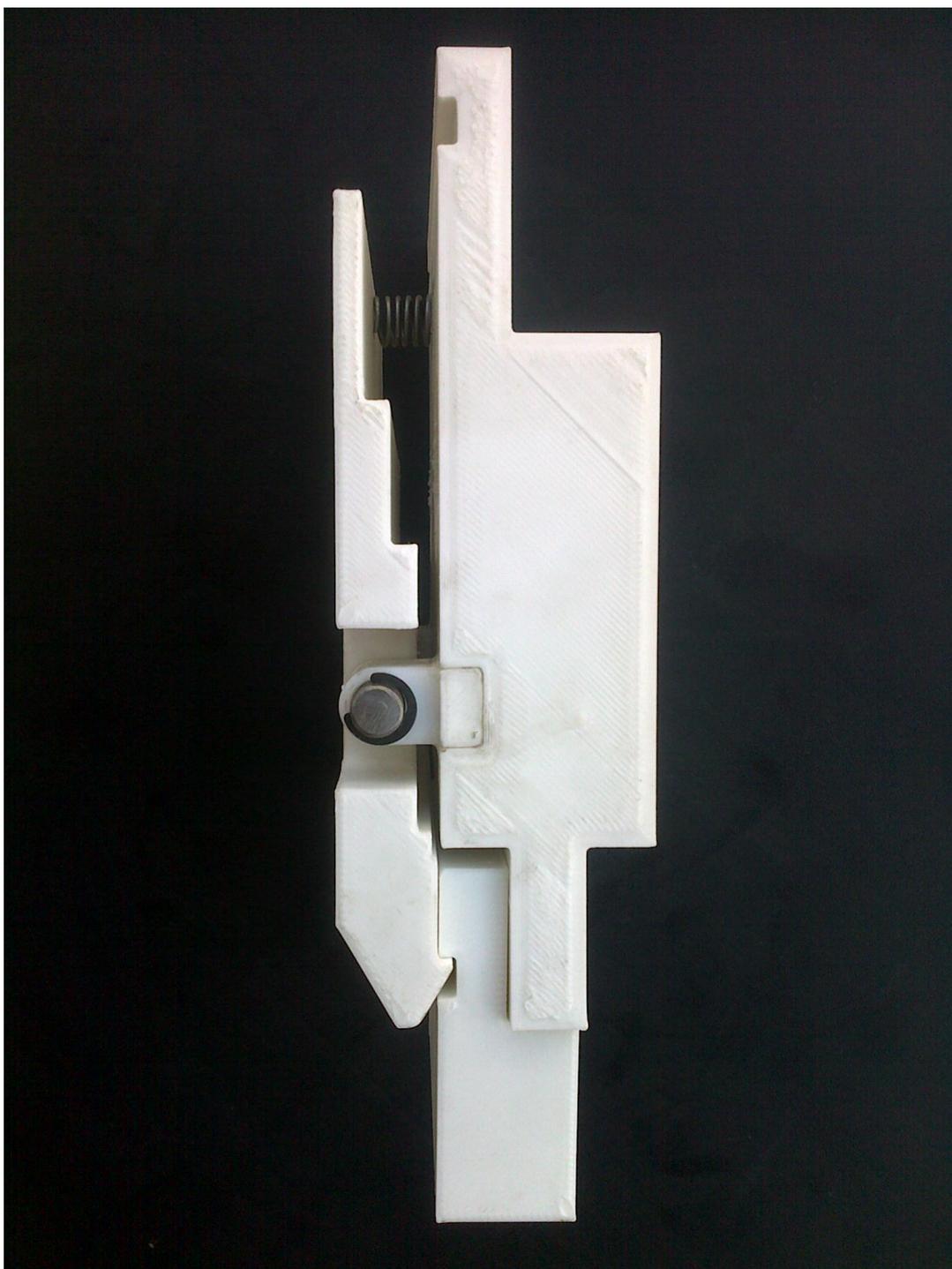
Παρατίθενται στην συνέχεια ορισμένες φωτογραφίες από τα βασικά μέρη του συστήματος συγκράτησης όπως αυτά κατασκευάστηκαν στον 3D Printer από υλικό ABS.



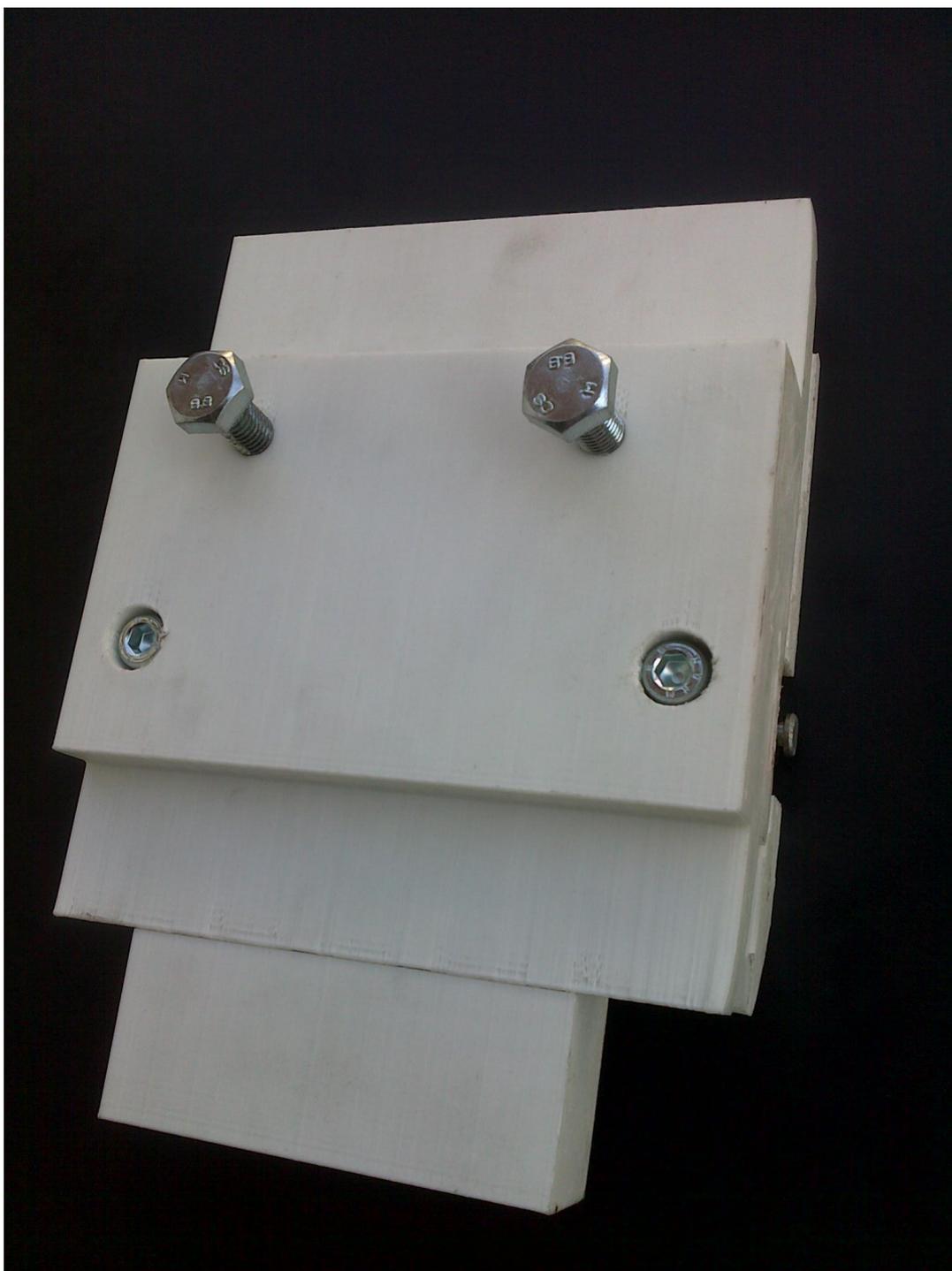
Εικόνα 101 Βασικά μέρη συστήματος συγκράτησης όπως τυπώθηκαν σε 3D Printer



Εικόνα 102 Συναρμολογημένο σύστημα συγκράτησης που τυπώθηκε σε 3D Printer (εμπρός όψη)



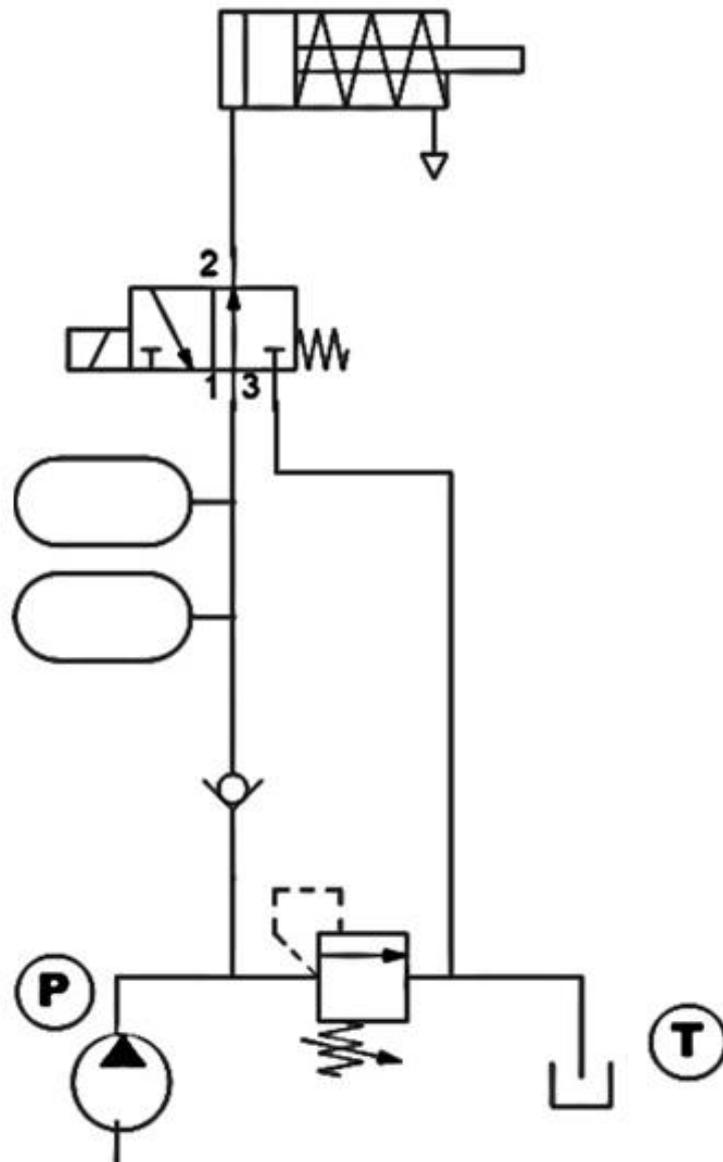
Εικόνα 103 Συναρμολογημένο σύστημα συγκράτησης που τυπώθηκε σε 3D Printer (πλάγια όψη)



Εικόνα 104 Συναρμολογημένο σύστημα συγκράτησης που τυπώθηκε σε 3D Printer (πίσω όψη)

7.7 Μονάδα υδραυλικής ισχύος

Για να λειτουργήσει το υδραυλικό σύστημα συγκράτησης απαιτείται ο σχεδιασμός της κατάλληλης μονάδας για την παροχή της υδραυλικής ισχύος. Το μονογραμμικό σχέδιο του υδραυλικού κυκλώματος είναι:

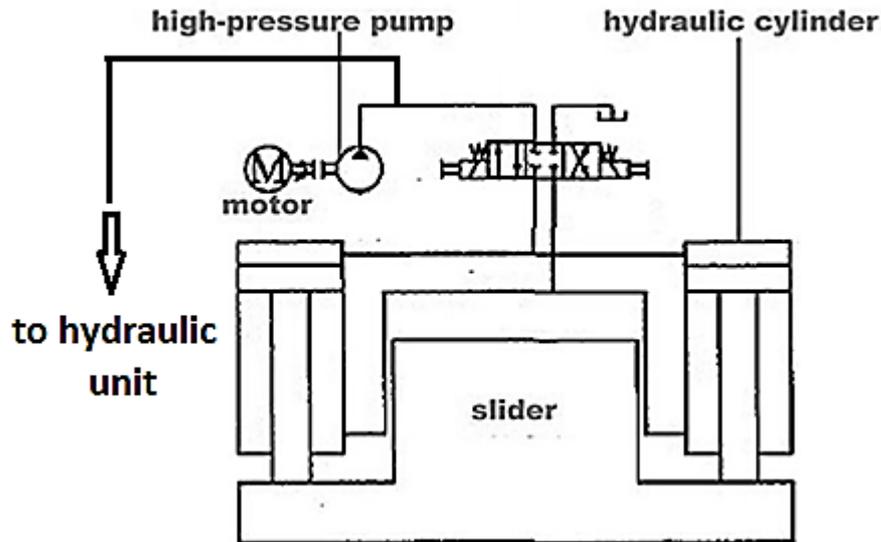


Εικόνα 105 Μονογραμμικό διάγραμμα υδραυλικού κυκλώματος

Τα βασικά τμήματα της υδραυλικής μονάδας ισχύος είναι:

- **Αντλία υδραυλικού (hydraulic pump) :**

Εφόσον κάθε υδραυλική στραντζόπρεσα διαθέτει εξ ορισμού αντλία υδραυλικού πίεσεως περί τα 200 bar τότε δεν χρειάζεται να χρησιμοποιήσουμε ξεχωριστή για την λειτουργία του συστήματος συγκράτησης. Θα πάρουμε υδραυλική πίεση από την ίδια την στραντζόπρεσα σε κάποιο σημείο του κυκλώματος μετά την αντλία υψηλής πίεσης (βλέπε ακόλουθη εικόνα).

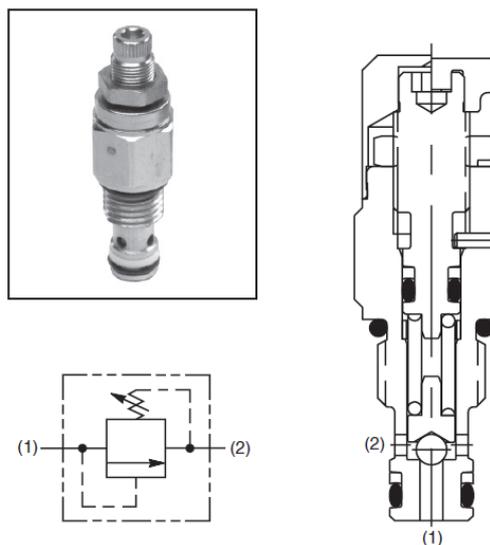


Εικόνα 106 Τρόπος σύνδεσης υδραυλικής μονάδας στο υδραυλικό κύκλωμα της πρέσας

- **Ανακουφιστική βαλβίδα (relief valve):**

Για λόγους ασφαλείας απαιτείται η τοποθέτηση μιας ανακουφιστικής βαλβίδας ρυθμισμένης στα 250Bar προκειμένου να προστατεύσει το σύστημα από τυχόν υπερπίεσεις.

Για την συγκεκριμένη εφαρμογή θα χρησιμοποιηθεί η "Direct Acting Relief Valve Series RDH042" της εταιρίας PARKER.



Εικόνα 107 Ανακουφιστική βαλβίδα (relief valve)

▪ **Υδραυλικοί συσσωρευτές (hydraulic accumulators):**

Προκειμένου το σύστημα συγκράτησης να παρέχει την απαιτούμενη δύναμη συγκράτησης χρειάζεται να δέχεται συνεχώς υδραυλική πίεση. Όμως η αντλία της πρέσας, γενικά, δεν δουλεύει συνεχόμενα αλλά μόνο σε κάθε κύκλο στραντζαρίσματος. Έτσι κρίνεται απαραίτητη η χρήση υδραυλικών συσσωρευτών.

Για να υπολογιστεί η χωρητικότητα των υδραυλικών συσσωρευτών τα δεδομένα και οι παραδοχές που κάνουμε είναι:

1. Έστω ότι αναφερόμαστε σε τυπική πρέσα με πλάτος κρεβατιού 4m
2. Το κάθε Clamper έχει μήκος 0,15m και διαθέτει δύο υδραυλικά έμβολα διαμέτρου 20mm και διαδρομής 10mm
3. Έστω ότι θέλουμε να είναι εφικτή η πραγματοποίηση μέχρι 4 εναλλαγών όλων των εργαλείων χωρίς να χρειαστεί να δουλευτεί η αντλία της πρέσας

$$\begin{aligned}
 \text{Accumulators volume} &= \\
 &= \frac{\text{πλάτος κρεβατιού}}{\text{μήκος clamper}} * \text{έμβολα ανα clamper} * \text{εμβαδον εμβ} \\
 &\quad * \text{διαδρομή εμβολ} * \text{εναλλαγές} \\
 &= \frac{4m}{0,15m} * 2 * \frac{\pi * 0,02^2}{4} * 0,01m * 4
 \end{aligned}$$

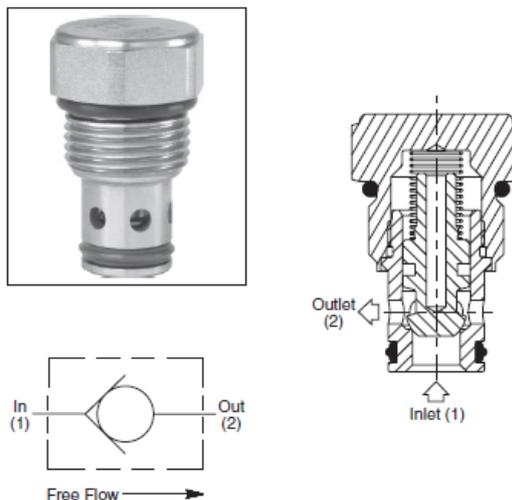
$$\Rightarrow \text{Accumulators volume} \cong 0,7 \text{ liters}$$

Επομένως, θα χρησιμοποιηθούν δύο υδραυλικοί συσσωρευτές με χωρητικότητα 0,5l έκαστος.

▪ **Ανεπίστροφη βαλβίδα (check valve):**

Οι υδραυλικοί συσσωρευτές θέλουμε να μπορούν να φορτίζονται από το κύκλωμα της στραντζόπρεσας αλλά να παρέχουν υδραυλική ισχύ μόνο προς το σύστημα συγκράτησης. Άρα απαιτείται η τοποθέτηση μιας ανεπίστροφης βαλβίδας πριν από αυτούς.

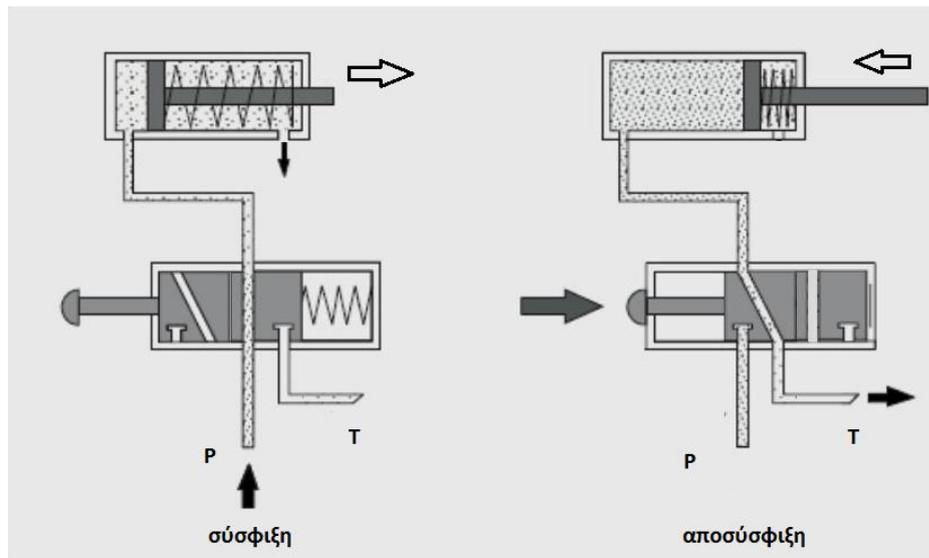
Για την συγκεκριμένη εφαρμογή θα χρησιμοποιηθεί η “Check Valve Series CVH103P” της εταιρίας PARKER.



Εικόνα 108 Ανακουφιστική βαλβίδα (check valve)

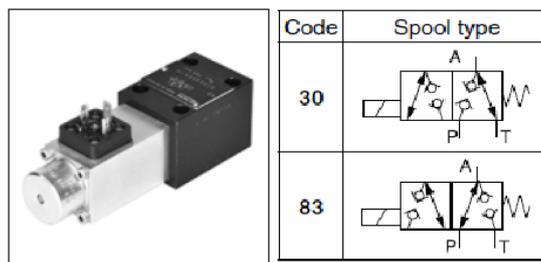
- **Ηλεκτροβαλβίδα διεύθυνσης ροής 3/2 normally open (directional control valve 3/2 way normally open)**

Η εναλλαγή από φάση σύσφιξης σε φάση αποσύσφιξης και το αντίστροφο πραγματοποιείται από μια ηλεκτροβαλβίδα διεύθυνσης ροής. Αυτή πρέπει να είναι 3/2 normally open έτσι ώστε όταν δεν είναι ενεργοποιημένο το μπουτόν της αποσύσφιξης η βαλβίδα να στέλνει υδραυλική πίεση στα έμβολα και αυτά να παρέχουν την απαραίτητη δύναμη σύσφιξης. Όταν ενεργοποιηθεί το μπουτόν αποσύσφιξης θα μηδενιστεί η πίεση και τα έμβολα (εμπεριέχουν προφορτισμένο ελατήριο) θα τραβηχτούν προς τα μέσα. Η λειτουργία της βαλβίδας φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα:



Εικόνα 109 Τρόπος λειτουργίας ηλεκτροβαλβίδας διεύθυνσης ροής

Για την συγκεκριμένη εφαρμογή θα χρησιμοποιηθεί η “3/2-Way Seated Type Directional Control Valve Series D1SE” της εταιρίας PARKER



Εικόνα 110 Ηλεκτροβαλβίδα διεύθυνσης ροής 3/2 normally open

- **Υδραυλικό σύστημα συγκράτησης εργαλείων (hydraulic clamping system)**

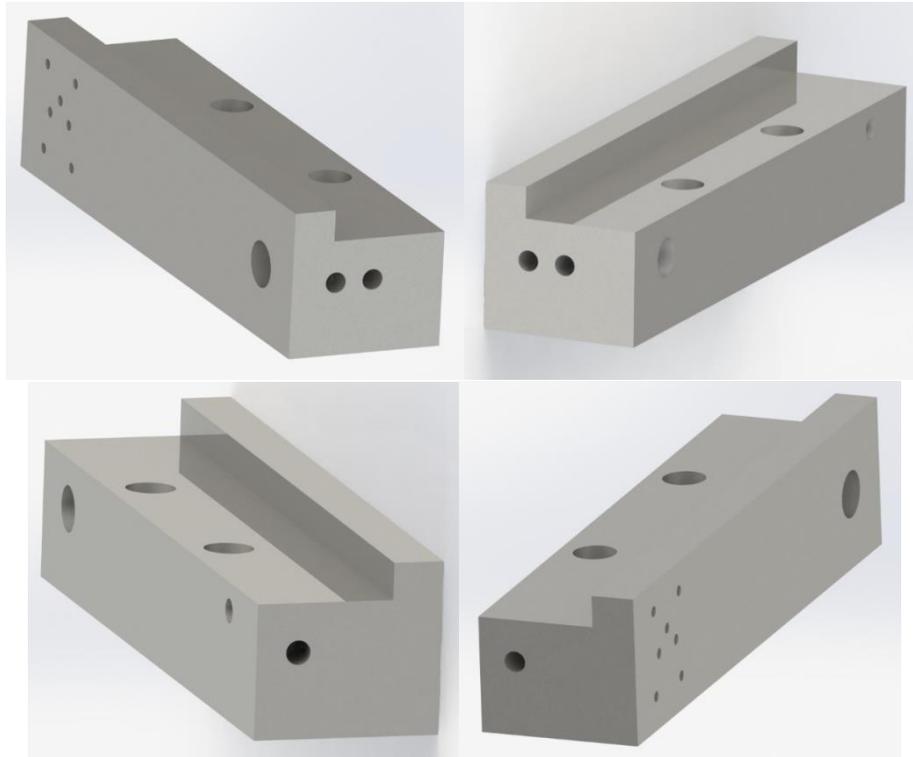
Πρόκειται για το υδραυλικό σύστημα συγκράτησης εργαλείων που έχει παρουσιαστεί παραπάνω.

- **Δεξαμενή υδραυλικού υγρού (oil tank)**

Για την επιστροφή του υδραυλικού υγρού θα χρησιμοποιηθεί η ίδια δεξαμενή που έχει για τις επιστροφές η υδραυλική στραντζόπρεσα.

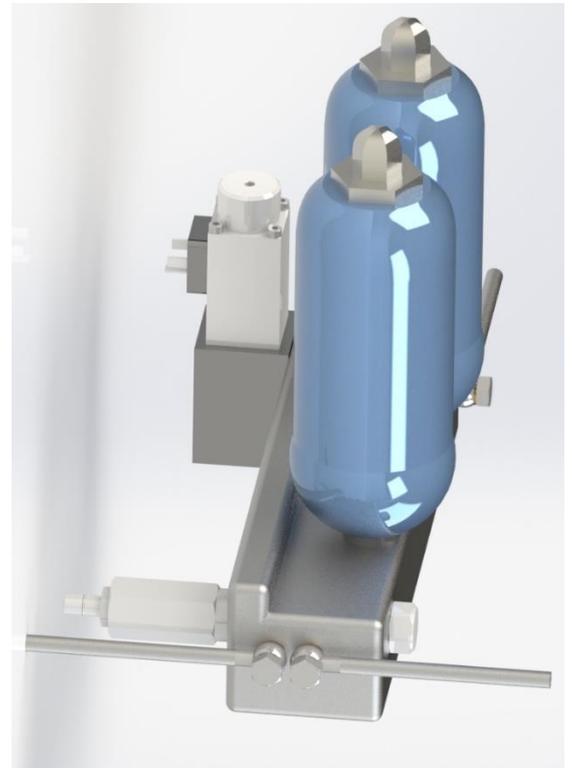
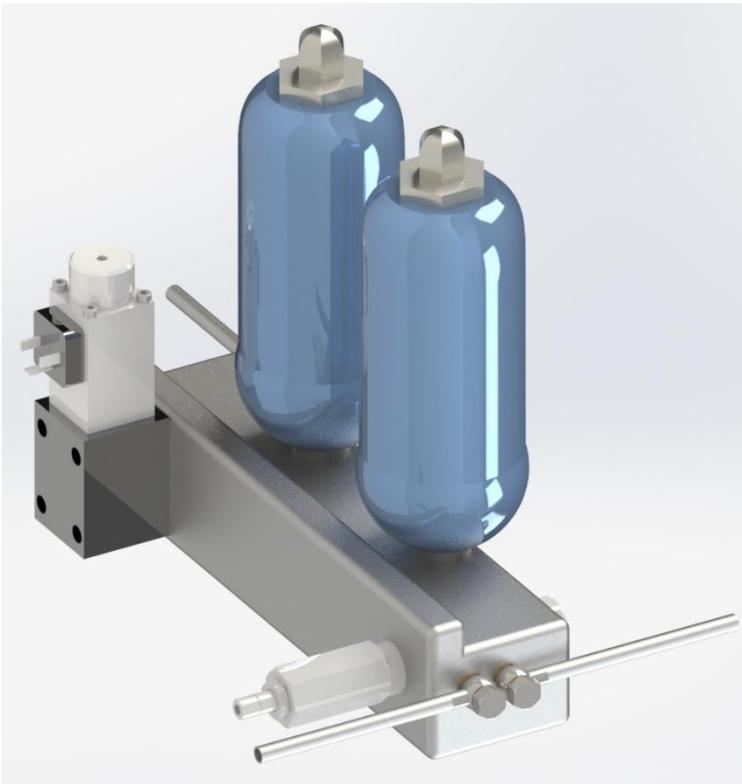
- **Βάση - τάκος υδραυλικών βαλβίδων και συσσωρευτών**

Προκειμένου να εδραστούν οι παραπάνω υδραυλικές βαλβίδες και οι συσσωρευτές σχεδιάστηκε εξ αρχής η βάση - τάκος που φαίνεται παρακάτω. Ο σχεδιασμός του έγινε με το εμπορικό πακέτο SOLIDWORKS με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι όσο δυνατόν πιο εύκολη η διαδικασία κατασκευής του.

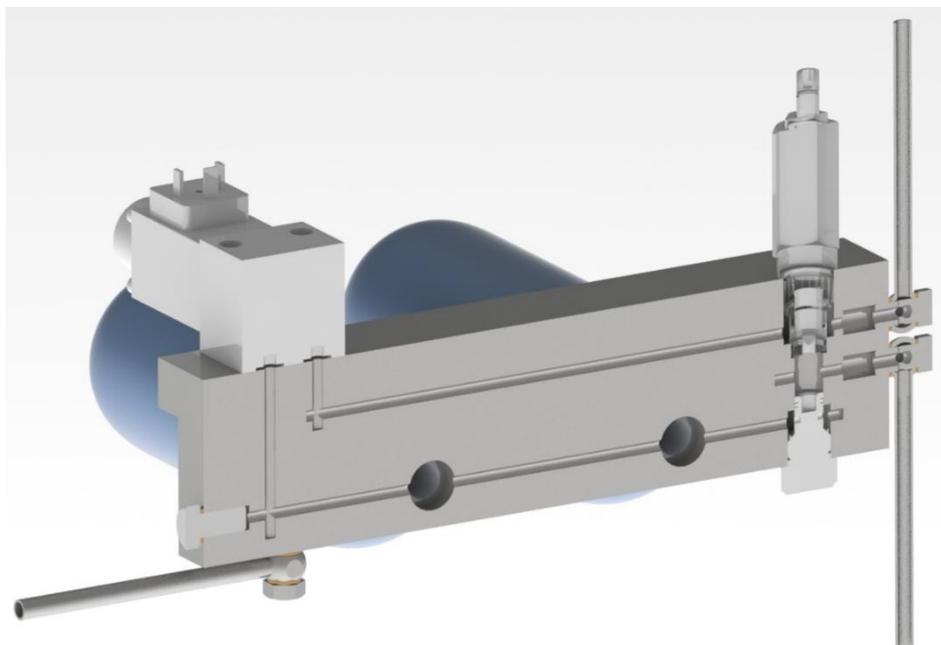


Εικόνα 111 Βάση - τάκος υδραυλικών βαλβίδων και συσσωρευτών όπως αυτός σχεδιάστηκε μέσω εμπορικού πακέτου SOLIDWORKS

Η υδραυλική μονάδα συναρμολογημένη φαίνεται στις ακόλουθες εικόνες:



Εικόνα 112 Υδραυλική μονάδα ισχύος όπως αυτή αναπτύχθηκε για την συγκεκριμένη εφαρμογή και σχεδιάστηκε στο εμπορικό πακέτο SOLIDWORKS



Εικόνα 113 Υδραυλική μονάδα ισχύος (όψη σε τομή) όπως αυτή αναπτύχθηκε για την συγκεκριμένη εφαρμογή και σχεδιάστηκε στο εμπορικό πακέτο SOLIDWORKS

7.8 Κοστολόγηση

Προκειμένου να ελεγχθεί η οικονομική βιωσιμότητα του υδραυλικού συστήματος συγκράτησης απαιτείται να γίνει η κοστολόγηση της κατασκευής του. Στην κοστολόγηση που θα ακολουθήσει θα ληφθούν υπόψη παράγοντες όπως το κόστος κτήσης υλικών και έτοιμων εξαρτημάτων, το κόστος κατεργασίας σε εργαλειομηχανές, το κόστος συναρμολόγησης και άλλα. Βέβαια αξίζει να σημειωθεί ότι η κοστολόγηση θα γίνει για την κατασκευή ενός τεμαχίου εφόσον δεν έχει γίνει μελέτη για την παραγωγή μεγάλου αριθμού τεμαχίων. Έτσι, το κόστος που θα προκύψει θα είναι πολύ μεγαλύτερο από το κόστος που θα προέκυπτε στην πραγματικότητα εάν τα τεμάχια παράγονταν με κάποια αυτοματοποιημένη διαδικασία σε γραμμή παραγωγής.

Πίνακας 6 Κοστολόγηση συστήματος συγκράτησης

Όνομασία	Πλήθος	Κόστος αγοράς έτοιμων εξαρτημάτων	Κόστος αγοράς πρώτων υλών	Κόστος κατεργασίας	Συνολικό κόστος
Ενδιάμεση πλάκα	1	95€	-	3 h x 30€/h=90€	185€
Σφικτήρας	1	-	$0,00092\text{m}^3 \times 7800\text{kg}/\text{m}^3 \times 0,85\text{€/kg}$ = 6€	3h x 30€/h=90€	96€
Βάση μεντεσέ	1	-	$0,00015\text{m}^3 \times 7800\text{kg}/\text{m}^3 \times 0,85\text{€/kg}$ = 1€	1,5h x 30€/h=45€	46€
Πείρος μεντεσέ	1	0,3€/τεμ	-	-	0,3€
Ασφάλεια πείρου	2	0,1€/τεμ	-	-	0,2€
Βίδες βάσης μεντεσέ	2	0,1€/τεμ	-	-	0,2€
Υδραυλικό έμβολο	2	40€/τεμ	-	-	80€
Ελατήριο ασφάλισης σφικτήρα	1	0,2€/τεμ	-	-	0,2€
Οδηγός ελατηρίου	1	0,1€/τεμ	-	-	0,1€
Συνολικά κόστη		176 €/τεμ	7€/τεμ	225€/τεμ	408 €/τεμ

Συνεπώς, το κόστος για την παραγωγή ενός μεμονωμένου τεμαχίου υπολογίζεται περίπου 408€/τεμ.

Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι το σύστημα συγκράτησης ROL4-hydraulic με την intermediate INT150 της εταιρίας ROLLERI, το οποίο μοιάζει να είναι το κοντινότερο σε λειτουργίες με το σύστημα συγκράτησης που προτάθηκε, έχει τιμή καταλόγου 412€/τεμ. Δηλαδή, το σύστημα συγκράτησης που προτάθηκε χάρις στην απλότητα του σχεδιασμού του κοστίζει σαφώς λιγότερο από το πλησιέστερο ανταγωνιστικό σύστημα της αγοράς.

7.9 Χαρακτηριστικά γνωρίσματα και αξιολόγηση

Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα του συστήματος συγκράτησης που το κάνουν να πλεονεκτεί έναντι των υπολοίπων είναι:

- ✓ **Συμβατότητα με εργαλεία ευρωπαϊκού τύπου**
Το συγκεκριμένο σύστημα δέχεται όλα τα εργαλεία ευρωπαϊκού τύπου. Αυτό είναι σημαντικό πλεονέκτημα εφόσον τα ευρωπαϊκού τύπου εργαλεία είναι τα συχνότερα συναντώμενα στην βιομηχανία και στο εμπόριο. Έτσι αφενός απευθύνεται σε ένα μεγάλο αγοραστικό κοινό και αφετέρου το κάνει την αγορά του πιο προσιτή έναντι των υπολοίπων εφόσον δεν απαιτείται η αγορά νέων εργαλείων διαφορετικού τύπου.
- ✓ **Κατακόρυφη φόρτωση – εκφόρτωση εργαλείων**
Είναι ίσως το μοναδικό λειτουργικό σύστημα συγκράτησης που επιτρέπει την κατακόρυφη φόρτωση – εκφόρτωση εργαλείων ευρωπαϊκού τύπου. Έτσι, δύναται να κάνει ευκολότερη την διαδικασία εναλλαγής χωρίς να απαιτείται η αγορά νέων μη διαδεδομένων εργαλείων που διακινεί μεμονωμένα η κάθε εταιρία.
- ✓ **Συμβατότητα με πρέσες ευρωπαϊκού τύπου**
Είναι συμβατό με όλες τις πρέσες ευρωπαϊκού τύπου, που είναι οι συχνότερα συναντώμενες στην βιομηχανία, χωρίς να απαιτείται κάποια μετατροπή ή προσθήκη προσαρμογών.
- ✓ **Ταχύτατες και απλοϊκές εναλλαγές εργαλείων**
Έχει το μοναδικό χαρακτηριστικό ότι μειώνει σημαντικά το χρόνο εναλλαγής εργαλείων και ταυτόχρονα απλουστεύει την διαδικασία. Αυτό επιτυγχάνεται χάρις στον καινοτομικό σχεδιασμό που επιτρέπει την λειτουργία του συστήματος με μόνο δύο κινήσεις. Για την εκφόρτωση: γύρισμα διακόπτη σε θέση “αποσύσφιξη”, πίεση μοχλού για απασφάλιση-απελευθέρωση εργαλείου. Για την φόρτωση: κατακόρυφο σπρώξιμο του εργαλείου, γύρισμα διακόπτη σε θέση “σύσφιξη”.
- ✓ **Υψηλή ακρίβεια στην συγκράτηση**
Κατά την λειτουργία του στο μέγιστο φορτίο (1000 kN/m) παρέχει ακρίβεια της τάξεως των 5-10 μm. Αυτό γιατί αφενός παρέχει υψηλή δύναμη σύσφιξης εργαλείων (κατά 15% μεγαλύτερη από συμβατικά συστήματα) και αφετέρου είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να μειωθούν οι παραμορφώσεις του στο ελάχιστο κατά την λειτουργία του. Έτσι μπορεί να ικανοποιήσει ακόμα και τις πιο απαιτητικές εφαρμογές στραντζαρίσματος από άποψη ακρίβειας.
- ✓ **Υψηλές δυνατότητες στραντζαρίσματος**
Το συγκεκριμένο σύστημα συγκράτησης δεν περιορίζει τις δυνατότητες στραντζαρίσματος. Αυτό γιατί έχει ιδιαίτερα χαμηλό προφίλ ώστε να μην μειώνει την διαδρομή του στραντζαρίσματος, και έχει πολύ εκλεπτυσμένη μορφή ώστε να αφήνει ελεύθερο χώρο για την πραγματοποίηση αρκετά οξειών γωνιών κάμψης.

- ✓ **Υψηλή αξιοπιστία**
Έχει σχεδιαστεί με τον απλούστερο δυνατό τρόπο. Έτσι, δεν έχει εξεζητημένα συστήματα που κατά την λειτουργία τους ενδέχεται να εμφανίσουν δυσλειτουργίες ή να παρουσιάσουν βλάβες.

- ✓ **Μεγάλη διάρκεια ζωής**
Είναι κατασκευασμένο από χάλυβα AISI 1045 με δυνατότητα σκλήρυνσης των τριβόμενων επιφανειών.

- ✓ **Χαμηλό κόστος κτήσης**
Όπως προέκυψε από την κοστολόγηση του συστήματος συγκράτησης μπορεί αυτό να διατεθεί στην αγορά σε μια ιδιαίτερα χαμηλή τιμή περί τα 400 ευρώ πράγμα που σημαίνει όχι μόνο ότι είναι οικονομικά βιώσιμο αλλά και ανταγωνιστικό με τα άλλα συστήματα της αγοράς.

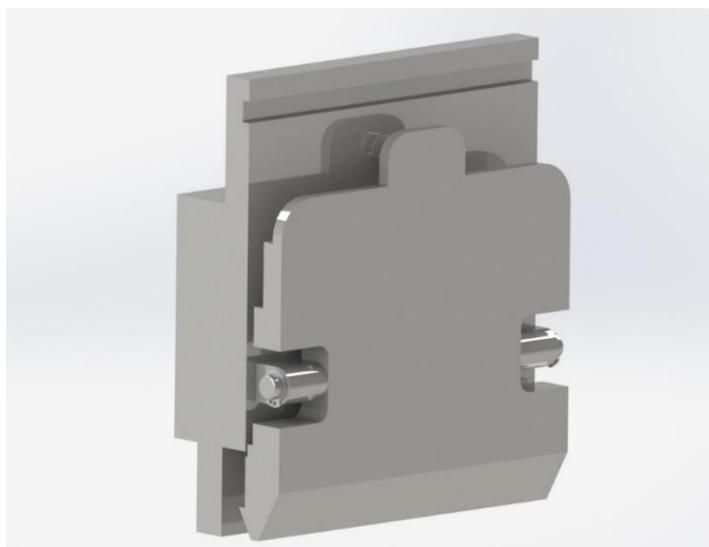
- ✓ **Μέγιστη ασφάλεια**
Είναι σχεδιασμένο με γνώμονα τη μέγιστη δυνατή ασφάλεια τόσο κατά την εναλλαγή των εργαλείων τόσο και κατά την λειτουργία του. Αυτό εξασφαλίζεται μέσω του μηχανισμού ασφάλισης του σφικτήρα κατά την αποσύσφιξη των εργαλείων ώστε να αποφευχθεί τυχόν πτώση τους που μπορεί να οδηγήσει σε τραυματισμό του χειριστή.

8 Συμπεράσματα

Το πρόβλημα το οποίο αντιμετωπίστηκε στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία τέθηκε από την εταιρία «Gizelis S.A.» που είναι η μεγαλύτερη εγχώρια εταιρεία κατασκευής μηχανημάτων κατεργασίας ελάσματος και είναι ο σχεδιασμός ενός νέου συστήματος συγκράτησης εργαλείων για CNC στράντζα έτσι ώστε να απλοποιηθεί, να γίνει πιο αποδοτική και λιγότερο χρονοβόρα η διαδικασία εναλλαγής εργαλείων.

Προκειμένου να διαπιστωθεί ποια χαρακτηριστικά πρέπει να έχει το νέο αυτό σύστημα συγκράτησης υλοποιήθηκαν ορισμένες βασικές ενέργειες. Αρχικά, μελετήθηκε λεπτομερώς η βιβλιογραφία που σχετίζεται αφενός με την κατεργασία της κάμψης επίπεδου ελάσματος σε στραντζόπρεσα και αφετέρου με την δομή, την λειτουργία, και την διαδικασία κατασκευής της στραντζόπρεσας. Στην συνέχεια, για να υπάρξει πρακτική εξοικείωση με το αντικείμενο ο μελετητής επισκέφτηκε μηχανουργεία οικείων όπου χειρίστηκε εκτεταμένα στραντζόπρεσα για να κατανοήσει τις δυσκολίες που εμφανίζονται στην πράξη κατά την εναλλαγή των εργαλείων και πρέπει να αντιμετωπιστούν. Έπειτα, δεδομένου ότι οι χειριστές των πρεσών είναι αυτοί που είναι άμεσα ενδιαφερόμενοι και θα αξιολογήσουν στην τελική φάση το νέο σύστημα συγκράτησης, ρωτήθηκαν με βάση την εμπειρία τους ποια θα πρέπει να είναι τα βασικά γνωρίσματά του και ποια κριτήρια θα πρέπει να ικανοποιεί. Τέλος, μελετήθηκαν τα ανταγωνιστικά συστήματα συγκράτησης που κυκλοφορούν στην αγορά έτσι ώστε να εντοπιστούν οι αδυναμίες τους που θα πρέπει να αντιμετωπιστούν αλλά και τα πλεονεκτήματά τους που θα πρέπει τρόπον τινά να υιοθετηθούν από το νέο σύστημα.

Έπειτα από εκτεταμένη μελέτη των διατυπωμένων πλέον χαρακτηριστικών που οφείλει να έχει το νέο σύστημα συγκράτησης δούλεψε το μηχανολογικό «δαιμόνιο» και καταστρώθηκε η βασική ιδέα. Βέβαια, όπως ήτο αναμενόμενο είχε σε πρώτη φάση αρκετές ατέλειες και αδυναμίες. Αυτές αφορούσαν κυρίως την κατασκευασιμότητα του συστήματος, αφού η γεωμετρία που προτάθηκε αρχικά είχε πολλές λεπτομέρειες που ήταν ασύμφορο να κατασκευαστούν. Μετά από υποδείξεις των μηχανικών της εταιρίας «Gizelis S.A.» αντιμετωπίστηκαν και, έπειτα από επιμέρους αναθεωρήσεις, οριστικοποιήθηκε το τελικό μοντέλο.



Εικόνα 114 Τελικό μοντέλο υδραυλικού συστήματος συγκράτησης εργαλείων

Τα βασικότερα χαρακτηριστικά γνωρίσματα που κάνουν το νέο σύστημα συγκράτησης να ξεχωρίζει από τα υπόλοιπα είναι τα εξής:

- ✓ Συμβατότητα με εργαλεία ευρωπαϊκού τύπου,
- ✓ Κατακόρυφη φόρτωση – εκφόρτωση εργαλείων
- ✓ Συμβατότητα με πρέσες ευρωπαϊκού τύπου
- ✓ Ταχύτατες και απλές εναλλαγές εργαλείων
- ✓ Υψηλή ακρίβεια στην συγκράτηση
- ✓ Υψηλές δυνατότητες στραντζαρίσματος
- ✓ Υψηλή αξιοπιστία
- ✓ Μεγάλη διάρκεια ζωής
- ✓ Χαμηλό κόστος κτήσης,
- ✓ Μέγιστη ασφάλεια

Για να είναι βέβαιο ότι το μοντέλο που σχεδιάστηκε μπορεί να κατασκευαστεί αλλά και να ανταπεξέλθει στις απαιτήσεις της αγοράς υποβλήθηκε σε πολλαπλούς ελέγχους.

Πρώτα, για να ελεγχθεί η λειτουργικότητα του τεμαχίου όσο αναφορά όσο αναφορά την διαδικασία φόρτωσης και εκφόρτωσης των εργαλείων εξετάστηκε βήμα-βήμα η συμπεριφορά του συστήματος σε συνάρτηση με τις ενέργειες του χειριστή. Όπως διαπιστώθηκε για την εκτέλεση και των δύο διαδικασιών απαιτούνται μόνο δύο κινήσεις κάθε φορά, πετυχαίνοντας έτσι ταυτόχρονα αύξηση της παραγωγικότητας και απλοποίηση της διαδικασίας. Συγκεκριμένα, για την εκφόρτωση: γύρισμα διακόπτη σε θέση “αποσύσφιξη”, πίεση μοχλού για απασφάλιση-απελευθέρωση εργαλείου. Για την φόρτωση: κατακόρυφο σπρώξιμο του εργαλείου, γύρισμα διακόπτη σε θέση “σύσφιξη”.

Έπειτα, για να ελεγχθεί η κατά πόσον μπορεί να προσφέρει αποτελεσματική συγκράτηση του εργαλείου ακόμα και σε υψηλά φορτία αναπτύχθηκε ένα αναλυτικό μοντέλο υπολογισμού της ικανότητας σύσφιξης. Υπολογίστηκε ότι παρέχει πολύ υψηλή δύναμη σύσφιξης, που υπερβαίνει σε κανονική λειτουργία κατά 15% την μέγιστη δύναμη σύσφιξης που μπορεί να εξασφαλίσει ένα συμβατικό σύστημα συγκράτησης.

Στη συνέχεια, για να ελεγχθεί η αντοχή της κατασκευής και οι παραμορφώσεις που θα λαμβάνει κατά την λειτουργία πραγματοποιήθηκε ανάλυση της κατασκευής με πεπερασμένα στοιχεία μέσω του εμπορικού πακέτου «SOLIDWORKS Simulation». Όπως προέκυψε από την προσομοίωση, ασκώντας από την πρέσα τονάζ-φορτίο 1000 kN/m, που είναι το μέγιστο συναντώμενο στις πρέσες του εμπορίου, το σύστημα συγκράτησης εμφανίζει ελάχιστο συντελεστή Factor Of Safety FOS=2,6 και μέγιστη παραμόρφωση περίπου στα 8 μm στο σημείο που εδράζεται το εργαλείο. Δηλαδή το σύστημα διακρίνεται από υψηλή αντοχή και μπορεί να εξασφαλίσει μεγάλη ακρίβεια στραντζαρίσματος ακόμα και στις πιο ακραίες συνθήκες φόρτισης.

Μετά, για να εξεταστεί η κατασκευασιμότητα του συστήματος μελετήθηκε η κατασκευή των βασικών μερών σε κέντρο κατεργασιών με την χρήση του εμπορικού πακέτου «SolidCAM». Όπως προέκυψε με την χρήση τριών κονδυλιών (Φ10, Φ6, Φ5) και δύο τρυπανιών (Φ10, Φ8) και χωρίς πολλά σεταρίσματα είναι εφικτό να κατασκευαστούν τα βασικά τμήματα του συστήματος σε κέντρο κατεργασιών σχετικά εύκολα και σε εύλογο χρονικό διάστημα.

Τέλος, για να ελεγχθεί η οικονομική βιωσιμότητα του συστήματος συγκράτησης πραγματοποιήθηκε αναλυτική κοστολόγηση όλης της κατασκευής. Το κόστος για την παραγωγή ενός μεμονωμένου τεμαχίου υπολογίστηκε περίπου σε 408€/τεμ. Δηλαδή, εάν γίνει μελέτη για παραγωγή μεγάλου αριθμού τεμαχίων σε γραμμή παραγωγής το τελικό κόστος αναμένεται να είναι κλάσμα αυτού . Συνεπώς, είναι όχι μόνο οικονομικά βιώσιμο αλλά και ανταγωνιστικό με τα άλλα συστήματα της αγοράς εφόσον για παράδειγμα το σύστημα συγκράτησης ROL4-hydraulic της εταιρίας ROLLERI, το οποίο μοιάζει να είναι το κοντινότερο σε λειτουργίες έχει τιμή καταλόγου 412€/τεμ .

Συνεπώς, το σύστημα συγκράτησης εργαλείων που αναπτύχθηκε λόγω των καινοτομικών χαρακτηριστικών που διαθέτει αναμφίβολα θα κέρδιζε τις εντυπώσεις του κατασκευαστικού κλάδου, εάν κυκλοφορούσε στην αγορά, και με την κατάλληλη στήριξη από κάποια κατασκευαστική εταιρία θα είχε τη δυνατότητα ακόμα και να μονοπωλήσει.

9 Βιβλιογραφία

Βιβλία και άρθρα

- B.P. Bhardwaj (2014) **Handbook on Steel Bars, Wires, Tubes, Pipes, S.S. Sheets Production with Ferrous Metal Casting & Processing**, Niir Project Consultancy Services
- D. Bishop (2011) 'American, euro or New standard? Which press-brake tooling system is right for you?' , **FAB SHOP MAGAZINE**
- M. Hahn, E. Ignatowitz, U. Kinz (2014) **Τεχνολογία μηχανολογικών κατασκευών**, μετάφραση: Μ.Δ. Βούλγαρης, Ευρωπαϊκές Τεχνολογικές Εκδόσεις
- Orville D. Lascoe (1988) **Handbook of Fabrication Processes**, ASM International
- R. S.Hingole (2014) **Advances in Metal Forming: Expert System for Metal Forming**, Springer Verlag
- S. Kalpakjian and S.R. Schmid (2008) **Manufacturing Processes for Engineering Materials, 5th ed.**
- S.K. Gupta, D.A. Bourne, K.H. Kim, and S.S. Krishnan (1998) **Automated process planning for sheet metal bending operations**
- S. K. Gupta (2002) **Sheet Metal Bending: Forming Part Families for Generating Shared Press-Brake Setups**
- S.D. Benson (1997) **Press Brake Technology: A Guide to Precision Sheet Metal Bending**, Society of manufacturing engineers
- S, Fournier (1989) **Sheet Metal Handbook**, HP Books
- T. Altan, A. Erman Tekkaya (2012) **Sheet Metal Forming: Processes and Applications**, ASM International
- Vukota Boljanovic (2014) **Sheet Metal Forming Processes and Die Design**, Industrial Press Inc.
- Δρ Γ. Παραδεισιάδης (2012) **Διαμορφώσεις χωρίς αφαίρεση υλικού, Σημειώσεις ΤΕΙ Θεσσαλονίκης**
- Δρ Δ. Μανωλάκος (2010) **Κατεργασίες Ι, Σημειώσεις Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ**

Διαδίκτυο

- <http://sheetmetal.me/tooling-terminology/brake-press-tooling/>
- <http://sheetmetal.me/tooling-terminology/tooling-style/>
- <http://www.custompartnet.com/wu/sheet-metal-forming>
- http://www.globalspec.com/learnmore/manufacturing_process_equipment/manufacturing_equipment_components/press_brake_tooling
- <http://www.thefabricator.com/article/bending/leaning-on-press-brake-tooling>
- <http://www.thefabricator.com/article/bending/maximize-bending-throughput-on-a-budget>

