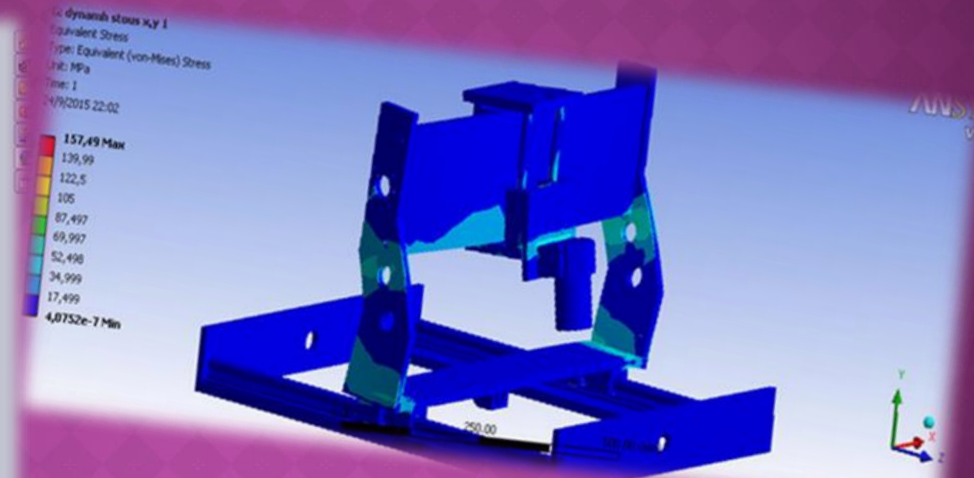
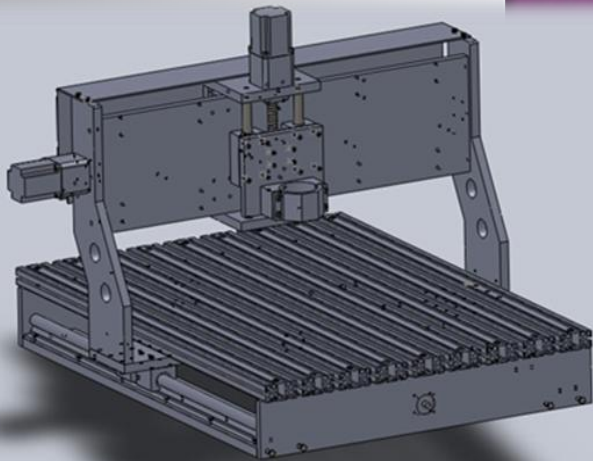


ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ, ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ CNC ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΤΡΙΩΝ ΑΞΟΝΩΝ



ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι ο σχεδιασμός, η μελέτη και η βελτιστοποίηση μιας επιτραπέζιας CNC μηχανής τριών αξόνων. Στα πλαίσια της εργασίας θα πραγματοποιηθεί τρισδιάστατη σχεδίαση των εξαρτημάτων και της συναρμολογημένης διάταξης της μηχανής, με χρήση κατάλληλου λογισμικού τρισδιάστατης σχεδίασης (3D-CAD). Με χρήση της μεθόδου των πεπερασμένων στοιχείων θα διεξαχθεί η μελέτη της στατικής αντοχής της διάταξης με εύρεση των τάσεων και παραμορφώσεων που αναπτύσσονται στα ονομαστικά φορτία λειτουργίας, καθώς και η μελέτη ιδιοσυχνοτήτων-ιδιομορφών της διάταξης. Επίσης θα πραγματοποιηθεί η διατύπωση και ο σχεδιασμός προτάσεων εξέλιξης και βελτίωσης της διάταξης, αναφορικά με την στιβαρότητά της, την αντοχή της

ΕΝΟΤΗΤΕΣ

- ◉ ΕΙΣΑΓΩΓΗ
- ◉ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΩΝ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ
- ◉ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ
- ◉ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΞΟΝΙΚΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΣΤΟΥΣ ΚΟΧΛΙΕΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΡΟΠΗ ΣΤΡΕΨΕΩΣ ΤΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ
- ◉ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΟΥ ΚΟΧΛΙΑ ΚΙΝΗΣΗΣ
- ◉ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΩΝ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ
- ◉ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΒΑΘΗ ΚΟΠΗΣ
- ◉ ΙΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ
- ◉ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ

Από τα προϊστορικά χρόνια ο άνθρωπος χρησιμοποίησε την δύναμη του ώστε να κάνει τις διάφορες εργασίες που απαιτούνταν, όπως παραδείγματος χάριν το κυνήγι, οι κατασκευές εργαλείων και όπλων. Με το πέρασμα του χρόνου οι απαιτήσεις ανέβηκαν και οι άνθρωποι δημιούργησαν πιο περίπλοκα αντικείμενα και συγχρόνως χρησιμοποιήθηκαν νέα υλικά. Για την παραγωγή των προϊόντων η μυϊκή δύναμη ήταν ο πιο βασικός παράγοντας. Έτσι για να αυξήσουν την σωματική δύναμη χρησιμοποίησαν μηχανικές διατάξεις ώστε να πολλαπλασιάζουν τη δύναμη. Η ισχύς τους όμως δεν ήταν αρκετή ώστε να μπορούν να κόψουν μέταλλα και έτσι περιορίστηκαν στη μέθοδο χύτευσης και στη σφυρηλασία. Με τις μεθόδους αυτές η παραγωγικότητα, η ακρίβεια και η ποιότητα ήταν χαμηλή.

Με την εφεύρεση των ατμομηχανών, των μηχανών εσωτερικής καύσης και των ηλεκτρικών μηχανών η ισχύς αυξήθηκε και αυτό έφερε την ανάπτυξη νέων μεθόδων παραγωγής σε συνδυασμό με την ανάπτυξη της μεταλλουργίας όπου έφερε στους ανθρώπους καλύτερα υλικά. Με τη σταδιακή αυτή πρόοδο η παραγωγή αυξήθηκε όπως επίσης και η ποιότητα αλλά και το κόστος παράλληλα μειώθηκε. Στη συνέχεια με την βιομηχανική επανάσταση έρχεται η αυτοματοποίηση της παραγωγής, όπου ο ρόλος του ανθρώπου πλέον περιορίζεται στον σχεδιασμό και στην συντήρηση των εργαλειομηχανών και στην δημιουργία προγραμμάτων που θα μπορεί να ελέγχει τις εργαλειομηχανές. Όλο αυτό επιφέρει επιπλέον μείωση του κόστους και ακόμα καλύτερη ποιότητα των προϊόντων.

Η ΠΡΩΤΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΗ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

Το κίνητρο για την ανάπτυξη του αριθμητικού ελέγχου δόθηκε από την βιομηχανία αεροπορικών κατασκευών λόγω της ανάγκης για κατασκευή όλο και πιο περίπλοκων εξαρτημάτων. Η πρώτη εργαλειομηχανή με αριθμητικό έλεγχο κατασκευάστηκε στις ΗΠΑ στο πανεπιστήμιο του MIT το 1952, όπου το έργο το χρηματοδότησε η πολεμική αεροπορία. Για να προχωρήσει αυτή η τεχνολογία είχε γίνει αντιληπτό ότι έπρεπε να αναπτυχθούν κάποια προγράμματα για να μπορούν να προγραμματίζουν τις εργαλειομηχανές. Επειδή για την δημιουργία του προγράμματος εκτιμήθηκε ότι θα κόστιζε πολύ, αποφασίστηκε από τις 25 μεγαλύτερες εταιρίες αεροκατασκευών να χρηματοδοτήσουν από κοινού ένα πρόγραμμα για την ανάπτυξη μιας γλώσσας προγραμματισμού APT (Automatic programmed tools). Διαχειριστής του προγράμματος APT είναι σήμερα ο μη κερδοσκοπικός οργανισμός CAM-I.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΦΗΦΙΑΚΑ ΚΑΘΟΔΗΓΟΥΜΕΝΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ

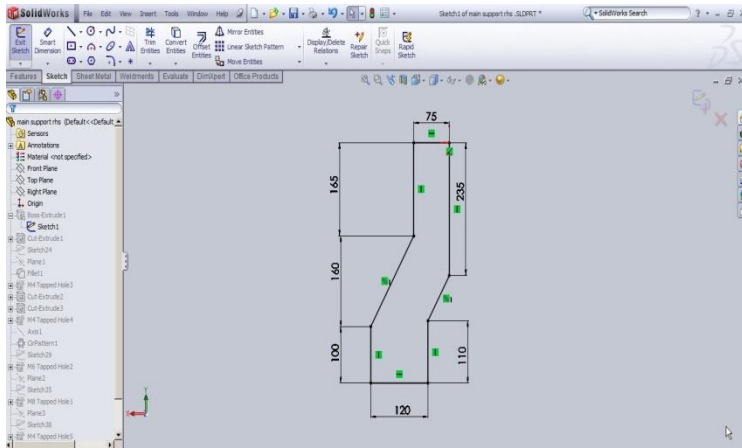
ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- ◉ Η δυνατότητα παραγωγής τεμαχίων με περίπλοκη γεωμετρική μορφή με ταυτόχρονη υψηλή διαστατική ακρίβεια και ποιότητα μορφής. Αυτό οφείλεται στην δυνατότητα της ταυτόχρονης κίνησης σε πολλούς άξονες.
- ◉ Λόγω της αυτοματοποιημένης παραγωγής έχουμε πολύ μικρό ποσοστό ελαττωματικών τεμαχίων. Αυτό συμβαίνει διότι ο χειριστής δεν επεμβαίνει στην μηχανή, απλά επιβλέπει. Στις συμβατικές μηχανές που καθοδηγούνται από τους χειριστές έχουμε λάθη είτε λόγω απειρίας είτε λόγω κόπωσης είτε λόγω απροσεξίας. Έτσι έχουμε περισσότερα ελαττωματικά τεμάχια στις συμβατικές μηχανές έναντι των cnc.
- ◉ Ελαχιστοποίηση των νεκρών χρόνων, δηλαδή τους χρόνους κατά τους οποίους η μηχανή δεν κόβει. Αυτοί οι νεκροί χρόνοι δημιουργούνται κατά τη διάρκεια δεσίματος λυσίματος του τεμαχίου, την αλλαγή του κοπτικού εργαλείου κ.α. Στις σύγχρονες εργαλειομηχανές αυτό δεν συμβαίνει διότι η αλλαγή των κοπτικών εργαλείων γίνεται αυτόματα αλλά και οι ρυθμίσεις γίνονται πιο γρήγορα και πιο εύκολα.
- ◉ Ευκολία προγραμματισμού της μηχανής λόγω χρήσης ηλεκτρονικού υπολογιστή όπου προσφέρει μεγάλη ευελιξία στις εκτελούμενες κατεργασίες
- ◉ Ασφάλεια εργασίας επειδή ο χειριστής είναι σε απόσταση από το κοπτικό εργαλείο κατά την διάρκεια της κατεργασίας. Στις συμβατικές μηχανές ο χειριστής είναι εκτεθειμένος σωματικά αφού βρίσκεται σε πολύ κοντινή απόσταση κατά την κοπή. Επίσης πρέπει να είναι πολύ συγκεντρωμένος κατά την κατεργασία όπου με αυτό συνεπάγεται με πνευματική κούραση.
- ◉ Αύξηση της παραγωγικότητας και της ποιότητας των παραγόμενων τεμαχίων και ταυτόχρονα αύξηση της ανταγωνιστικότητας. Η μείωση των νεκρών χρόνων και η μικρότερη ανάγκη για προσωπικό μειώνουν τα λειτουργικά έξοδα του μηχανουργείου

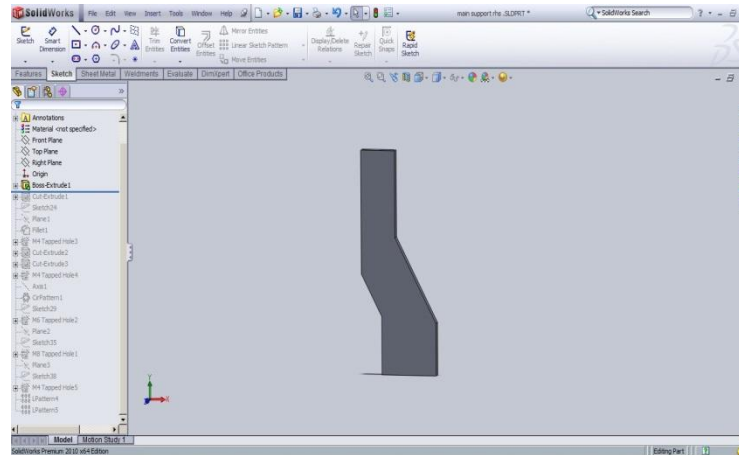
ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- ⦿ Μεγάλο κόστος αγοράς. Η αξία των cnc εργαλειομηχανών είναι τουλάχιστον πέντε φορές μεγαλύτερη από μια αντίστοιχη συμβατική εργαλειομηχανή. Αν στην περίπτωση που η παραγωγή είναι πολύ μεγάλη ,η απόσβεση του κόστους μπορεί να γίνει σε μικρό χρονικό διάστημα. Σε μηχανουργεία όπου η παραγωγή είναι μικρή είναι δύσκολο να τις αποκτήσουν και να κάνουν γρήγορα την απόσβεση.
- ⦿ Εξειδικευμένο προσωπικό. Οι ψηφιακά καθοδηγούμενες εργαλειομηχανές απαιτούν εξειδικευμένο προσωπικό ώστε να μπορούν να τις προγραμματίζουν και να τις συντηρούν.

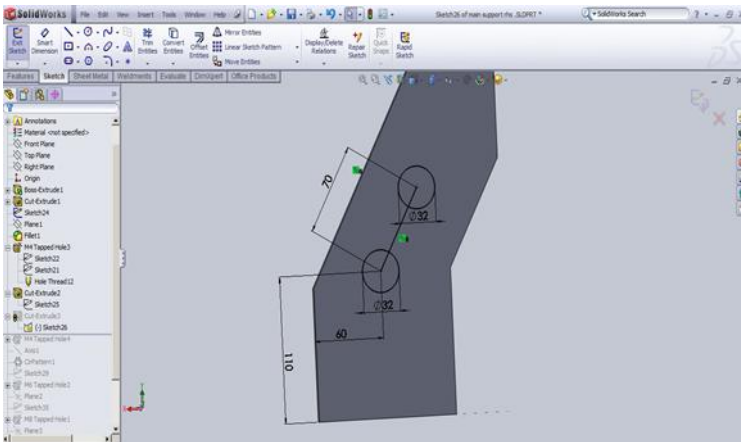
ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΩΝ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ



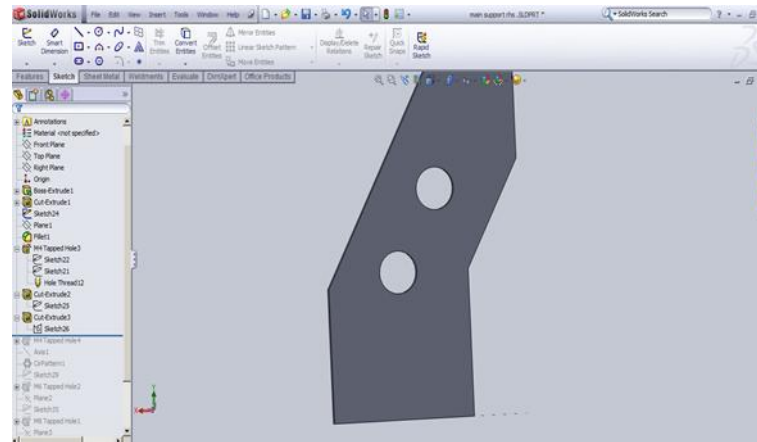
Δημιουργία περιγράμματος



Δημιουργία όγκου



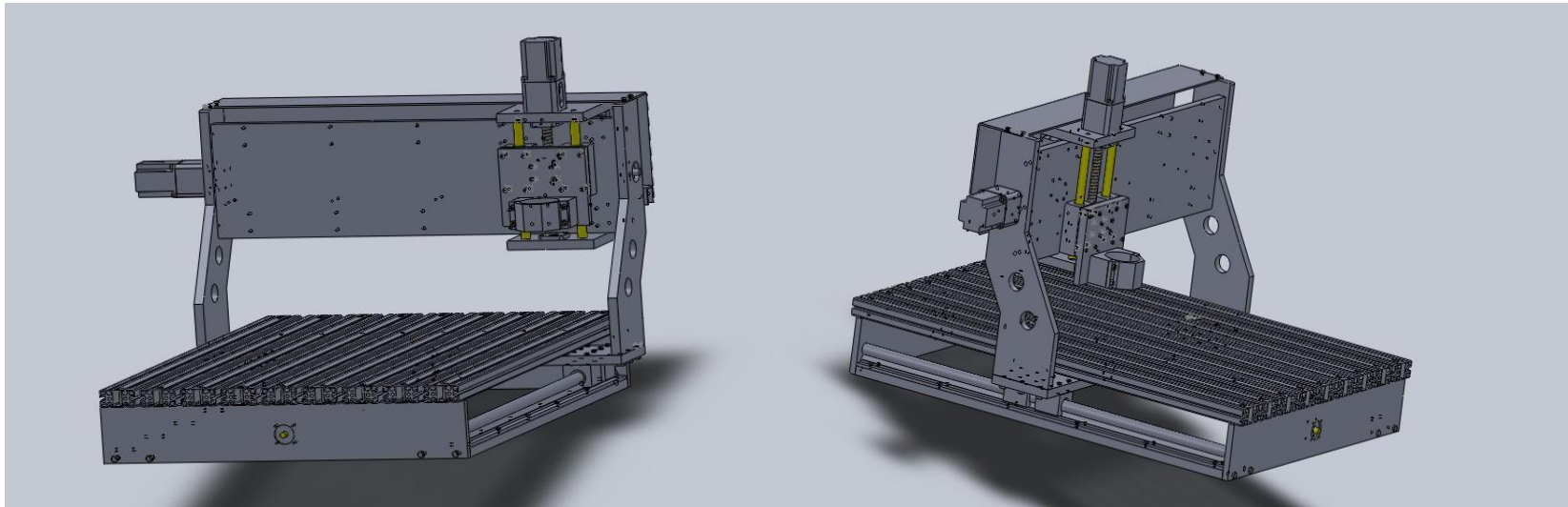
Δημιουργία περιγράμματος
των οπών



Αφαίρεση όγκου

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ

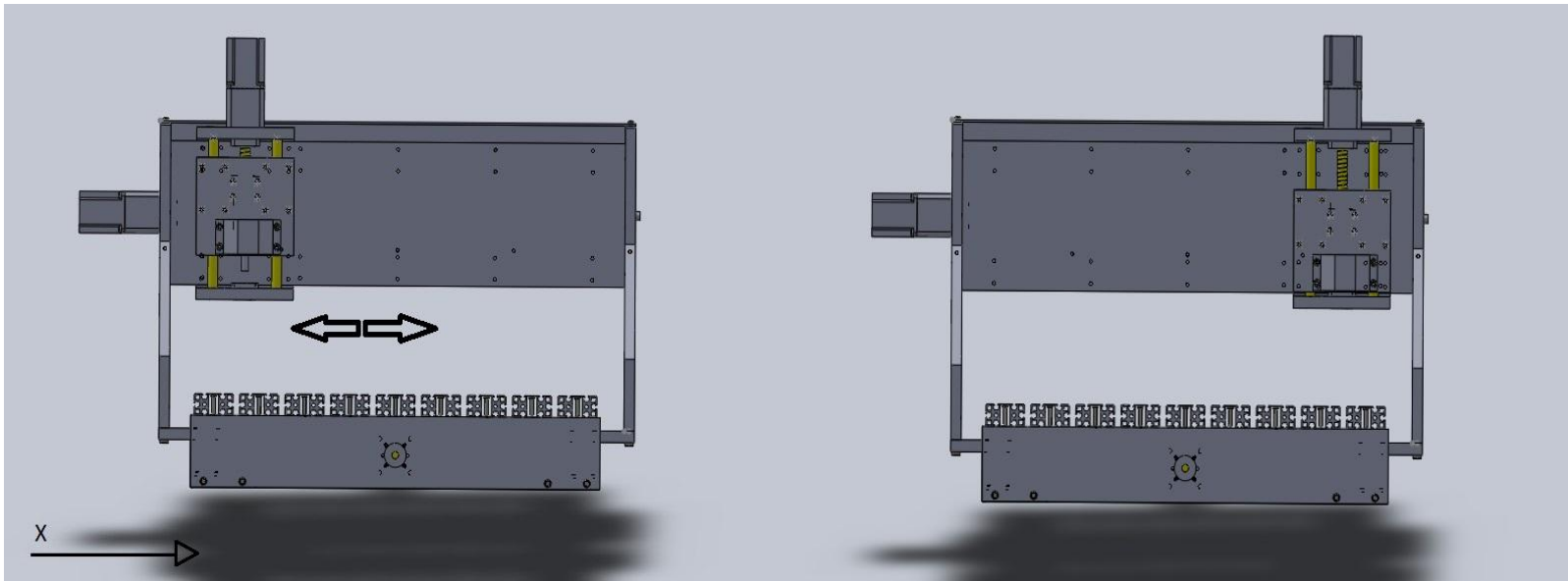
ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ



Τρισδιάστατο μοντέλο της μηχανής

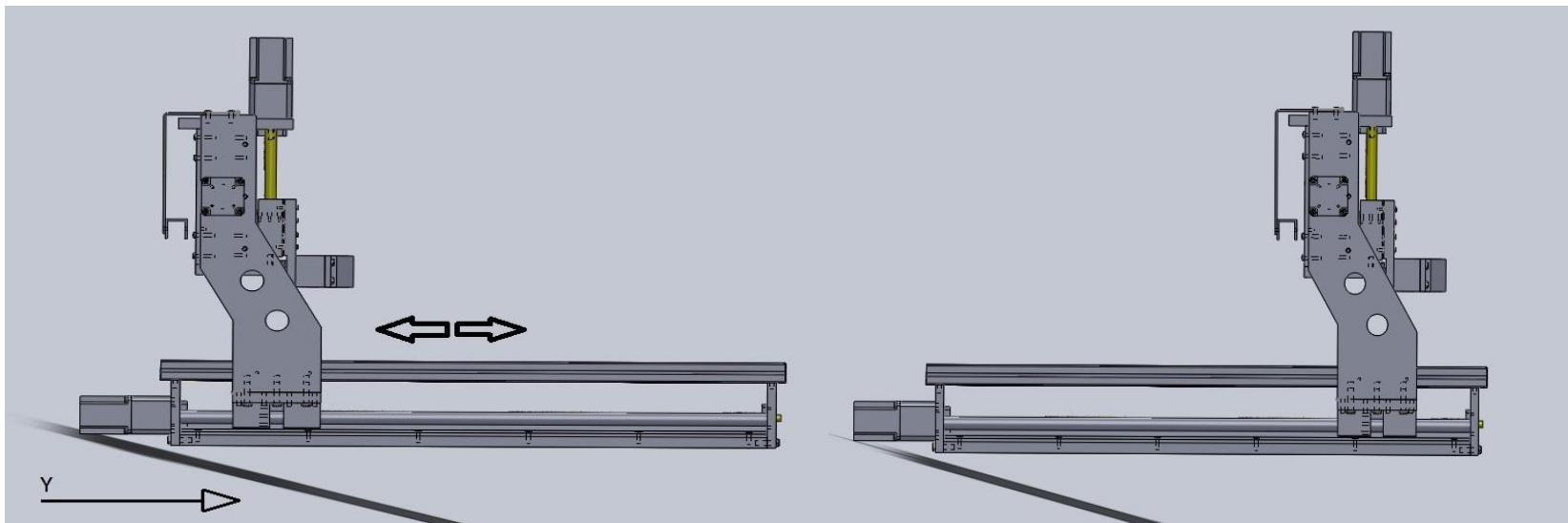
ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

ΚΙΝΗΣΗ ΣΤΟΝ ΑΞΟΝΑ Χ



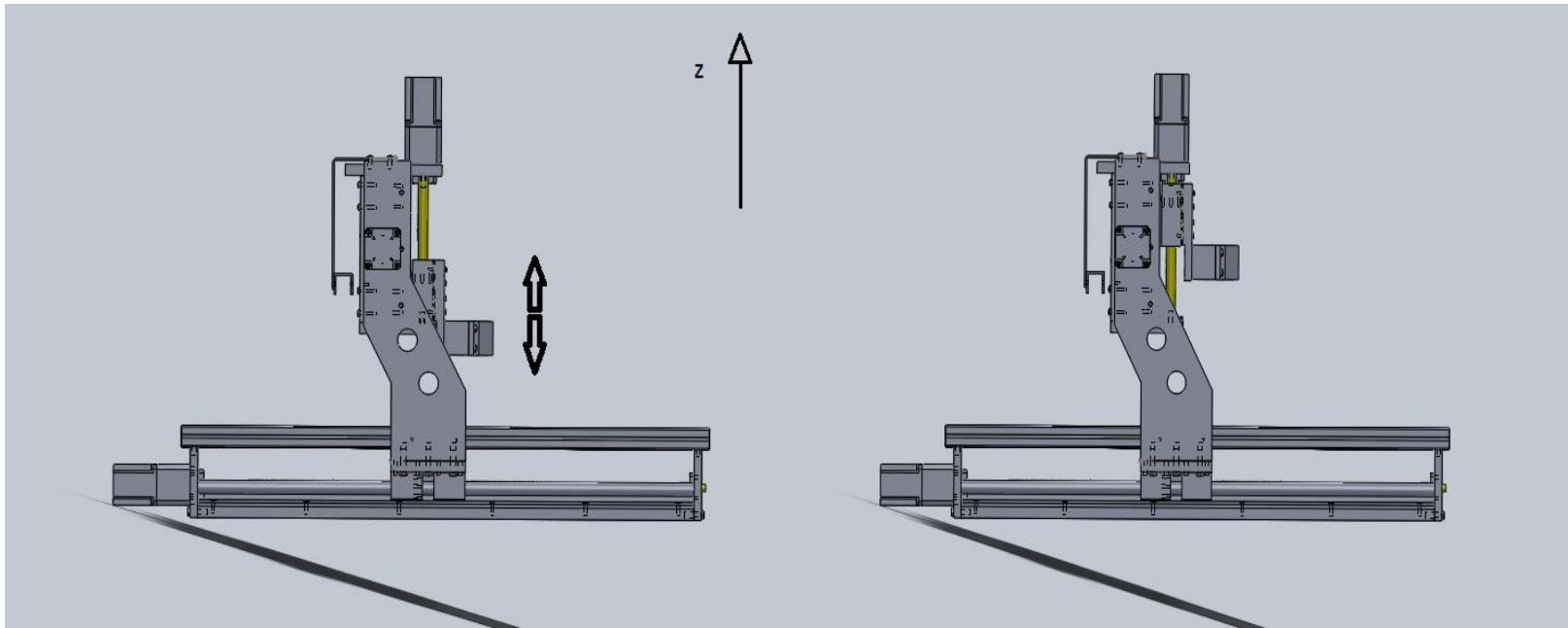
Κίνηση στον άξονα χ

ΚΙΝΗΣΗ ΣΤΟΝ ΑΞΟΝΑ Υ



Κίνηση στον άξονα y

ΚΙΝΗΣΗ ΣΤΟΝ ΑΞΟΝΑ Z



Κίνηση στον άξονα z

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΞΟΝΙΚΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΣΤΟΥΣ ΚΟΧΛΙΕΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΡΟΠΗ ΣΤΡΕΨΕΩΣ ΤΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

Η σχέση υπολογισμού της αξονικής δύναμης είναι η εξής : $F_v = \frac{M_{an}}{\frac{d_2}{2} * (\frac{p}{\pi * d_2} + \frac{\mu}{\cos \beta_1})}$

Ο τύπος του κινητήρα στους άξονες x και y είναι Nema 23-400 που αποδίδουν ροπή $M_{an}=2,82$ Nm. Ο τύπος του κοχλία με επανακυκλοφορούμενες σφαίρες είναι 1605. Έτσι η αξονική δύναμη στους άξονες x και y μετά από πράξεις προκύπτει $F_v=3335,8$ N. Ο τύπος του κινητήρα στον άξονα z είναι Nema 23-280 και αποδίδει ροπή $M_{an}=1,98$ Nm. Στον άξονα z η αξονική δύναμη προκύπτει $F_v=2464,5$ N.

ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΟΥ ΚΟΧΛΙΑ

- ◉ Έλεγχος αντοχής σε εφελκυσμό
- ◉ Έλεγχος αντοχής σε λυγισμό

Έλεγχος αντοχής σε εφελκυσμό

Η τάση που δέχεται ο κοχλίας λόγω του εφελκυσμού δίνεται από τον τύπο $\sigma = \frac{F}{A_{\text{κοχ}}}$, όπου το F είναι η αξονική δύναμη στους κοχλίες και το $A_{\text{κοχ}} =$

143 mm² είναι η επιφάνεια τομής του κοχλία. Η τάση που δέχεται ο κοχλίας είναι $\sigma = 22,32 \text{ N/mm}^2$. Η μέγιστη επιτρεπόμενη τάση που μπορεί να δεχθεί ο κοχλίας είναι $\sigma_{\text{επ}} = \frac{\sigma_t}{2} = \frac{215}{2} = 107,5 \text{ Mpa}$. Οπότε ο κοχλίας αντέχει στον εφελκυσμό.

ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΕ ΛΥΓΙΣΜΟ

Το μέγιστο φορτίο που μπορεί να δεχθεί ο κοχλίας χωρίς να λυγίσει δίνεται από τον τύπο $P_{kr} = \frac{\pi^2 * E * A}{\lambda^2}$. Αυτός ο τύπος ισχύει όταν ο βαθμός

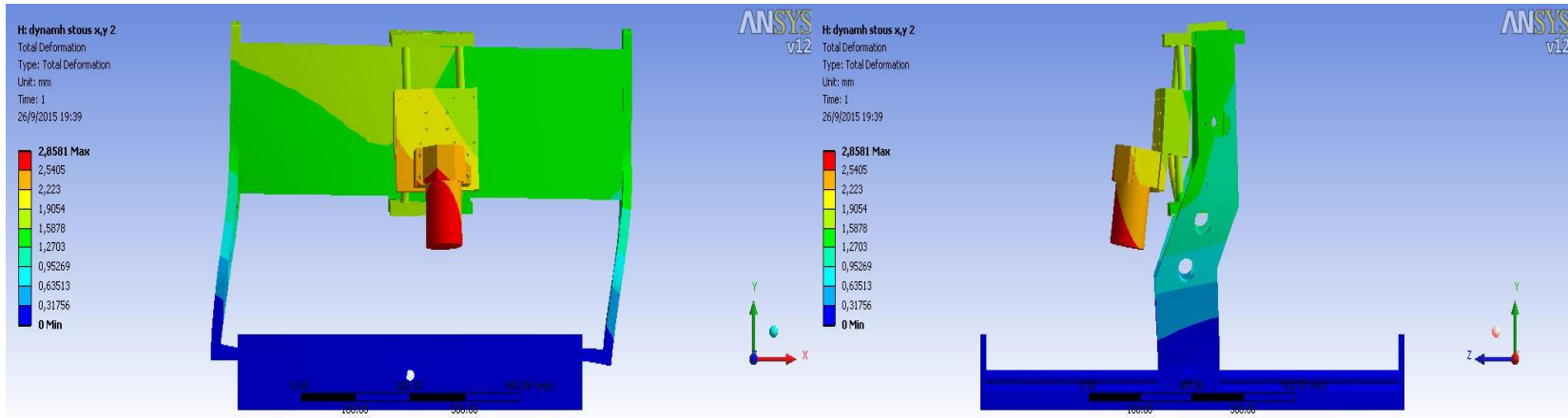
λυγηρότητας του κοχλίου είναι μικρότερος από την τιμή της οριακής

λυγηρότητας. Δηλαδή $\lambda_c \leq \lambda \rightarrow \pi * \sqrt{\frac{2 * E}{s_y}} \leq m * \frac{l}{r}$

Αφού ισχύει το $\lambda_c \leq \lambda$ τότε μπορούμε να εφαρμόσουμε την σχέση που υπάρχει επάνω στην σελίδα. Το μέγιστο φορτίο που μπορεί να δεχτεί ο κοχλίας είναι 5457,1 N. Άρα ο κοχλίας αντέχει σε λυγισμό.

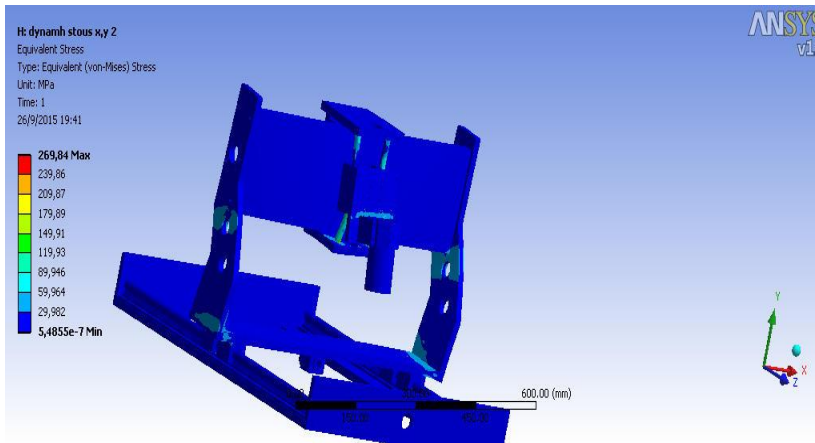
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΩΝ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

ΟΙ ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΦΗ ΦΟΡΤΙΟΥ ΣΤΟΥΣ ΑΞΟΝΕΣ Χ ΚΑΙ Υ

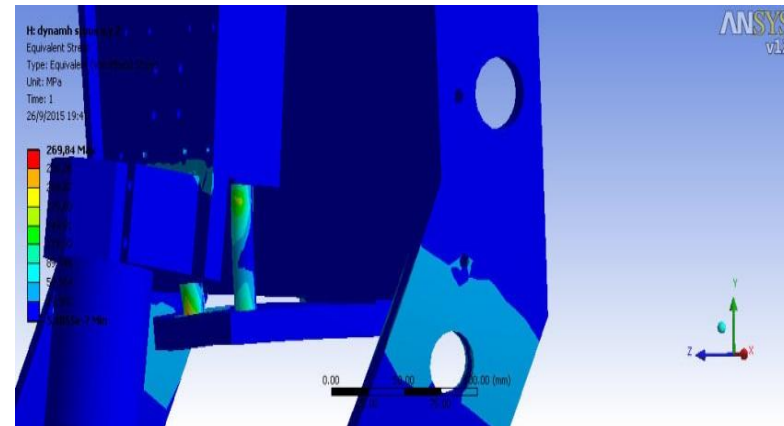


Μέγιστη παραμόρφωση της διάταξης

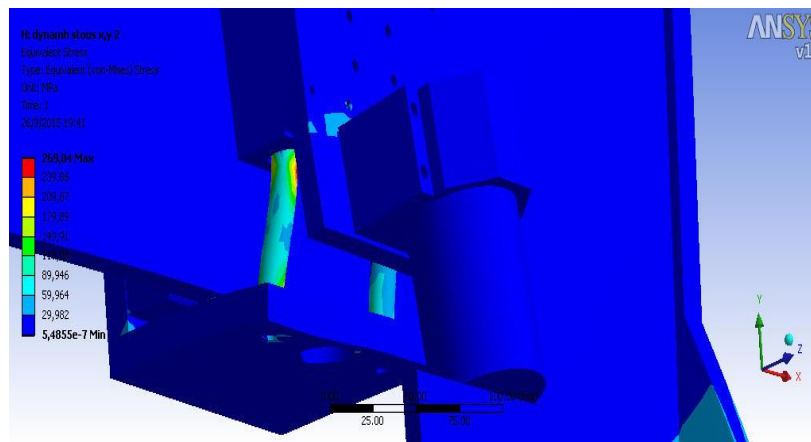
ΟΙ ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΦΗ ΦΟΡΤΙΟΥ ΣΤΟΥΣ ΑΞΟΝΕΣ Χ ΚΑΙ Υ



Μέγιστη τάση στην διάταξη



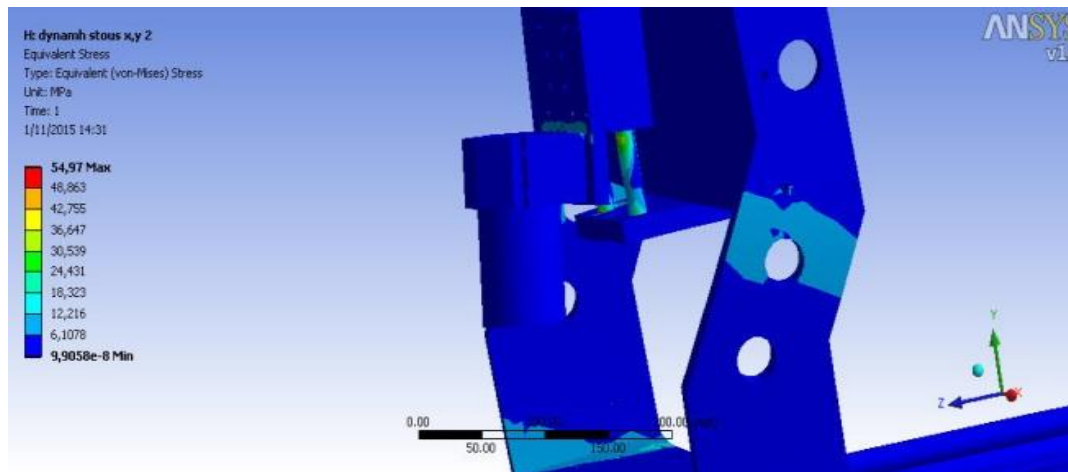
Μέγιστη τάση στην διάταξη



Μέγιστη τάση στην διάταξη

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΒΑΘΗ ΚΟΠΗΣ

Ο συντελεστής ασφαλείας που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό της επιτρεπόμενης δύναμης αυτής είναι $N=5$. Η δύναμη που προκύπτει από τον συντελεστή αυτό είναι $F_{επ}=619$ N. Η μέγιστη τάση που προκύπτει από την δύναμη αυτή είναι $\sigma=55$ Mpa όπως θα φανεί και παρακάτω στην εικόνα.



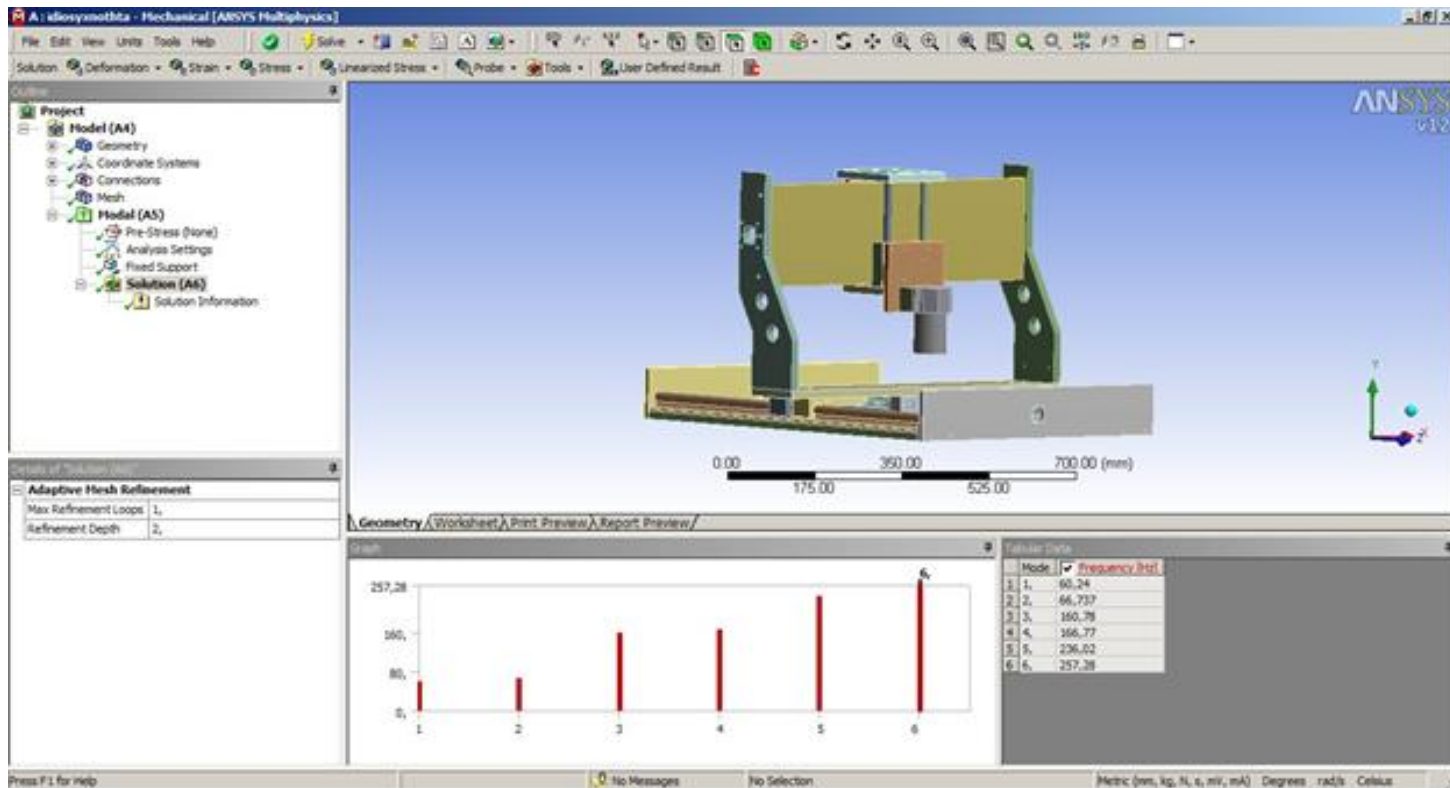
Μέγιστη τάση στη διάταξη με το φορτίο ασφαλείας

Η δύναμη κοπής κατά την κατεργασία των υλικών δίνεται από την σχέση του Otto Kienzle. Η σχέση αυτή είναι η εξής : $F_s = b * K_s * h^{1-z}$.

ΥΛΙΚΟ	Z(ΣΤΑΘΕΡΑ ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΥ. ΥΛΙΚΟΥ)	KS(ΕΙΔΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΚΟΠΗΣ (N/mm ²))	ΜΕΓΙΣΤΟ ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ (mm)
C15	0.22	1820	2.0
St50	0.26	1990	1.7
Ck45	0.14	2220	2.0
Ck60	0.18	2130	1.9
16MnCr5	0.26	2100	1.6
GG20	0.25	1020	3.4
GG25	0.26	1160	2.9
GGG60	0.17	1480	2.8

Μέγιστα επιτρεπόμενα βάθη κοπής ανάλογα με το κατεργαζόμενο υλικό

ΙΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ



Ιδιοσυχνότητες της διάταξης

A/A	ΙΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (Hz)
1	60,24
2	60,737
3	160,78
4	166,77
5	236,02
6	257,28

Οι ιδιοσυχνότητες τις διάταξης

ΣΤΡΟΦΕΣ ΑΝΑ ΛΕΠΤΟ	ΚΟΠΤΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ : 2	ΠΡΟΩΣΗ ΜΕ ΚΟΠΤΙΚΟ ΔΥΟ ΑΡΧΩΝ mm/min	ΚΟΠΤΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ : 4	ΠΡΟΩΣΗ ΜΕ ΚΟΠΤΙΚΟ ΤΕΣΣΑΡΩΝ ΑΡΧΩΝ mm/min
3000	100 Hz	600	200 Hz	1200
6000	200 Hz	1200	400 Hz	2400
8000	267 Hz	1600	534 Hz	3200
12000	400 Hz	2400	800 Hz	4800
18000	600 Hz	3600	1200 Hz	7200

Συχνότητες διέγερσης στην διάταξη συναρτήση των αρχών του κοπτικού εργαλείου και τις στροφές του κινητήρα και πρόωση του κοπτικού εργαλείου συναρτήση των αρχών του και τις στροφές του κινητήρα.

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ

Με τα αποτελέσματα από την μελέτη αντοχής της κατασκευής είναι φανερό ότι τις μεγαλύτερες τάσεις τις δέχονται οι δύο οδηγοί του άξονα Ζ. Στην εφαρμογή των ονομαστικών φορτίων έγινε αντιληπτό ότι οι οδηγοί θα παραμορφωθούν πλαστικά γιατί η τάση που δέχονται ξεπερνάει την μέγιστη τάση που μπορεί να αντέξει το υλικό. Σε όλες τις κατασκευές όμως υπάρχει πάντα ένας συντελεστής ασφαλείας ώστε να υπάρχουν περιθώρια για να μην έχουμε αστοχία. Έτσι και στην δική μας περίπτωση υπολογίστηκε με συντελεστή ασφαλείας $N=5$ ποιο είναι το μέγιστο φορτίο που πρέπει να δέχεται η κατασκευή. Παρά το γεγονός ότι με το φορτίο των 619 N η κατασκευή δεν έχει κανένα πρόβλημα αντοχής είναι καλό οι δύο οδηγοί να αντικατασταθούν με οδηγούς μεγαλύτερης διαμέτρου αν είναι το ίδιο υλικό ή με κάποιο άλλο υλικό μεγαλύτερης αντοχής. Αυτή η αλλαγή θα ήταν καλή διότι κατά την κοπή με την δύναμη των 619 N έχουμε πάλι μια παραμόρφωση. Αυτή η παραμόρφωση όσο μικρή και αν είναι και δεν επηρεάζει την κατασκευή στο θέμα της αντοχής, επηρεάζει την κατεργασία. Αυτό συμβαίνει διότι όταν το κοπτικό εργαλείο θα κόβει το μέταλλο με την παραμόρφωση που θα υπάρχει δεν θα είναι κάθετα στην επιφάνεια κατεργασίας αλλά θα έχει μια πολύ μικρή κλίση. Αυτή η κλίση θα επηρεάζει και στις διαστάσεις του τελικού κατεργαζόμενου τεμαχίου αλλά και την ποιότητα της κατεργαζόμενης επιφάνειας. Έτσι με αυτήν την αλλαγή η μηχανή θα κατεργάζεται με μεγαλύτερη ακρίβεια τα τεμάχια

ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΠΟΛΥ ΓΙΑ
ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ