

Σχεδιασμός συστήματος αρπάγης σε περίπτωση συνεργασίας ανθρώπου και ρομπότ, σε γραμμή συναρμολόγησης APNTI KOYKA

1. Περίληψη

Η παρούσα εργασία ασχολείται με το σχεδιασμό ενός συστήματος αρπάγης ικανού να υποστηρίξει λειτουργίες συναρμολόγησης σε περιβάλλοντα συνεργασίας ανθρώπου-ρομπότ. Η μελέτη επικεντρώνεται στον σχεδιασμό ενός συστήματος αρπάγης που θα επιτρέπει τον χειρισμό βαρέων εξαρτημάτων από βιομηχανικά ρομπότ υψηλού ωφέλιμου φορτίου. Τα βιομηχανικά αυτά ρομπότ, συμμορφούμενα με τις απαιτήσεις ασφαλείας που υποδεικνύονται από τη σχετική νομοθεσία της ΕΕ, μπορούν να συνεργαστούν με ανθρώπους σε βιομηχανικά περιβάλλοντα, χωρίς φράχτες ασφαλείας, για να πραγματοποιήσουν ένα σύνολο εργασιών συναρμολόγησης.

2. Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται αύξηση στη χρήση αυτοματισμού και ρομπότ. Νέες εφαρμογές βιομηχανικών ρομπότ χρησιμοποιούνται ειδικά για επαναλαμβανόμενες και υψηλής ακριβείας εργασίες, η μονότονες εργασίες που απαιτούν σωματική προσπάθεια. Τα σύγχρονα βιομηχανικά ρομπότ έχουν κινητικότητα παρόμοια με τον άνθρωπο και μπορούν να κάνουν διάφορες πολύπλοκες δραστηριότητες όπως ακριβώς οι άνθρωποι. Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα του ρομπότ είναι ότι δεν κουράζεται σαν τον άνθρωπο. Ορισμένες έρευνες δείχνουν ότι χάρη στην αυξημένη χρήση ρομπότ, πολλές εταιρείες έχουν αύξηση της παραγωγικότητας τους και μείωση του κόστους παραγωγής.

Τα βιομηχανικά ρομπότ μπορούν να ταξινομηθούν σύμφωνα με διαφορετικά κριτήρια όπως το είδος της κίνησης (βαθμοί Ελευθερίας), η εφαρμογή (διαδικασία κατασκευής), η αρχιτεκτονική και μάρκα. Επιπλέον, υπάρχει ένας νέος χαρακτηρισμός για τα βιομηχανικά ρομπότ το να είναι συνεργάζεται με τον άνθρωπο ή όχι. Η αύξηση της αποδοτικότητας των ρομπότ έχει θετική επιρροή στην ποιότητα της ανθρώπινης ζωής.

Υπάρχουν διαφορετικές μεθοδολογίες στις οποίες οι άνθρωποι και τα ρομπότ μπορούν να συνεργαστούν όπως συνοψίζονται παρακάτω:

- 1) Όταν ο χειριστής του ρομπότ βρίσκεται στο ίδιο περιβάλλον αλλά γενικά δεν αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους.
- 2) Όταν ο χειριστής ρομπότ εργάζονται στον ίδιο χώρο αλλά σε διαφορετικούς χρόνους και δεν συγχρονίζονται μεταξύ τους.
- 3) Συνεργασία ,όταν ο χειριστής και το ρομπότ βρίσκονται στον ίδιο χώρο εργασίας ταυτόχρονα αν και ο καθένας εστιάζει σε ξεχωριστές εργασίες.

- 4) Συνεργασία, όταν ο χειριστής και το ρομπότ πρέπει να εκτελούν μαζί μία εργασία με αποτέλεσμα η δράση του ενός να έχει άμεσες συνέπειες στο άλλο η συνεργασία αυτή επιτυγχάνεται λόγω των ειδικών αισθητήρων και τα συστήματα όρασης.

3. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Οι γραμμές παραγωγής-συναρμολόγησης υπόκειται σε πολλούς τεχνολογικούς μετασχηματισμούς λόγω της ανάγκης τους να προσαρμοστούν σε μία συνεχώς μεταβαλλόμενη αγορά. Οι κατασκευαστές στην προσπάθειά τους να παραμείνουν ανταγωνιστικοί αναζητούν νέες τεχνολογίες εξοπλισμού που θα επιτρέψουν στις εταιρείες τους να αυξήσουν την ανταπόκρισή στη ζήτηση. Ευέλικτα ,αρθρωτά και αυτόματα συστήματα θεωρούνται καλύτερες λύσεις. Κάθε διαδικασία στη μονάδα συναρμολόγησης πρέπει να γίνει πιο ευέλικτη προκειμένου να αυξηθεί η ευελιξία του συνολικού συστήματος. Επομένως, νέες τεχνολογίες εισάγονται σχεδόν σε κάθε τμήμα της μονάδας συναρμολόγησης. Νέες εφαρμογές έχουν δείξει τα πιθανά οφέλη αυτών των τεχνολογιών καθώς και τις προδιαγραφές που θα πρέπει να πληρούν οι μελλοντικές ομάδες συναρμολόγησης για να ανταποκριθούν επιτυχώς και με αποτελεσματικό κόστος στις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις της αγοράς.

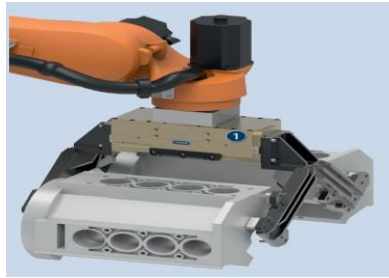
Ένα από τα προβλήματα στον σχεδιασμό των γραμμών παραγωγής-συναρμολόγησης είναι η επιλογή εξοπλισμού. Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται στα συστήματα συναρμολόγησης πρέπει να πληροί τις απαιτήσεις που σχετίζονται με το βάρος και τις διαστάσεις των εξαρτημάτων αλλά και με τα υψηλά ποσοστά παραγωγής και την υψηλή ακρίβεια.

Οι υπάρχουσες σύνθετες έννοιες λαβών διερευνήθηκαν και δομήθηκαν σύμφωνα με διαφορετικές φιλοσοφίες σχεδιασμού. Μία αξιολόγηση των εννοιών σκιαγράφησε τα μειονεκτήματά και τα πλεονεκτήματα των λύσεων. Σε αυτό το πλαίσιο ανακαλύφθηκε μία συσχέτιση μεταξύ των δαπανών και στη μείωση του βάρους. Όσον αφορά αυτήν την αλληλεπίδραση ,προέκυψαν διάφορα ευνοϊκά πεδία εφαρμογής που παρέχουν υποστήριξη στους μηχανικούς του εξοπλισμού όταν αποφασίζουν ποια ιδέα θα επιλέξουν. Οι ολοκληρωμένες λύσεις είναι ευνοϊκές εάν η μείωση μάζας επιτρέπει τη βελτίωση της παραγωγικότητας. Οι αρθρωτές λύσεις είναι κατάλληλες για εκτεταμένη εφαρμογή αλλά δεν επιτυγχάνουν ίσες δυνατότητες ελαφρού βάρους. Παρακάτω φαίνονται ορισμένα από τα παραδείγματα που αναφέρθηκαν στην εργασία και αφορούν τη φόρτωση βαρειών αντικειμένων, όπως για παράδειγμα ο κινητήρας.



Εικόνα 1: λαβή για φόρτωση κινητήρα

Αυτή η λαβή είναι πνευματική λαβή με μέγιστο βάρος εργασίας 400kg και μέγιστη δύναμη λαβής 7000N.



Εικόνα 2: λαβή φορτίων μεγάλου βάρους με χρήση 2-δακτύλων

Η λαβή που παρουσιάζεται είναι η SHUNK-spg η οποία είναι μια πνευματική λαβή κατασκευασμένη από κράμα αλουμινίου. Το βάρος αυτής της λαβής είναι 30 κιλά και η δύναμη που κλείνει είναι 1000 N.

Μια άλλη επιλογή είναι το PGN-plus-P που είναι μια παράλληλη λαβή 2 δακτύλων, υψηλή δύναμη πιασίματος και υψηλές μέγιστες ροπές λόγω της χρήσης πολλαπλών δοντιών.



Εικόνα 3: Χειρισμός κινητήρα με λαβή SCHUNK PGN-plus-P

4. Αντικείμενο εργασίας

Το αντικείμενο αυτής της εργασίας είναι η συναρμολόγηση κινητήρα και κιβωτίου ταχυτήτων με συνεργασία ανθρώπου και ρομπότ. Το ρομπότ που χρησιμοποιείται είναι η COMMAU. Είναι κατάλληλο για αυτήν τη λειτουργία λόγω του υψηλού ωφέλιμου φορτίου και της απόδοσης (170kg, 2,8m). Ένα άλλο χαρακτηριστικό αυτού του ρομπότ είναι ο τρόπος συνεργασίας υψηλής ταχύτητας και η δυνατότητα εναλλαγής από συνεργατική σε μη συνεργατική λειτουργία. Με έξι επίπεδα ασφάλειας, το AURA υποστηρίζει τους ανθρώπους καθώς εκτελούν χειροκίνητες εργασίες με απόλυτη ασφάλεια και εγγύτητα χωρίς να χρειάζονται φράγματα ή φράχτες. Το ρομπότ αυτό είναι αρκετά ευέλικτο για να είναι συμβατό με όλους τους τύπους συνεργασίας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνεργατική ή μη συνεργατική λειτουργία υψηλής ταχύτητας, όπως απαιτείται. Προγραμματίζεται εύκολα μέσω μιας διαισθητικής επαφής ή καθοδηγείται χειροκίνητα από τον χειριστή, το AURA είναι εξοπλισμένο με ισχυρούς αισθητήρες που ανιχνεύουν και ανταποκρίνονται στην πρόοδο των χειριστών και αποφεύγουν τις συγκρούσεις.

Το σύστημα λαβής που χρησιμοποιείται σε αυτή την εργασία περιλαμβάνει δύο ίδιες λαβές SCHUNK. Το PGN-plus-P 380-2-V είναι μια πνευματική λαβή με υψηλή δύναμη για να κλείνει (19500 N) και δύναμη ανοίγματος (20400 N). Η ακρίβεια της λαβής είναι 26mm. Το βάρος κάθε μιας από τις λαβές που χρησιμοποιούνται είναι 27. 5kg. Ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά αυτής της λαβής είναι το βάρος του τεμαχίου εργασίας (97,5kg), το βάρος αυτό υπολογίζεται για λαβή με δύναμη με συντελεστή στατικής τριβής 0,1 και συντελεστή ασφαλείας 2 έναντι ολίσθησης του τεμαχίου εργασίας κατά την επιτάχυνση λόγω βαρύτητας g. Ο χρόνος που κάνει η λαβή να ανοίγει και να κλείνει είναι 0,6 sec. Το μέγεθος αυτής της λαβής σε συνδυασμό με διαφορετικά σχέδια δακτύλων, είναι δυνατό για τη φόρτωση του κινητήρα και του κιβωτίου ταχυτήτων .

Η φυσική επαφή μεταξύ του ρομπότ (συμπεριλαμβανομένου του τεμαχίου εργασίας) και ενός χειριστή μπορεί να συμβεί είτε εκούσια είτε ακούσια. Ορισμένα μετρά για να εξασφαλιστεί ασφάλεια είναι :

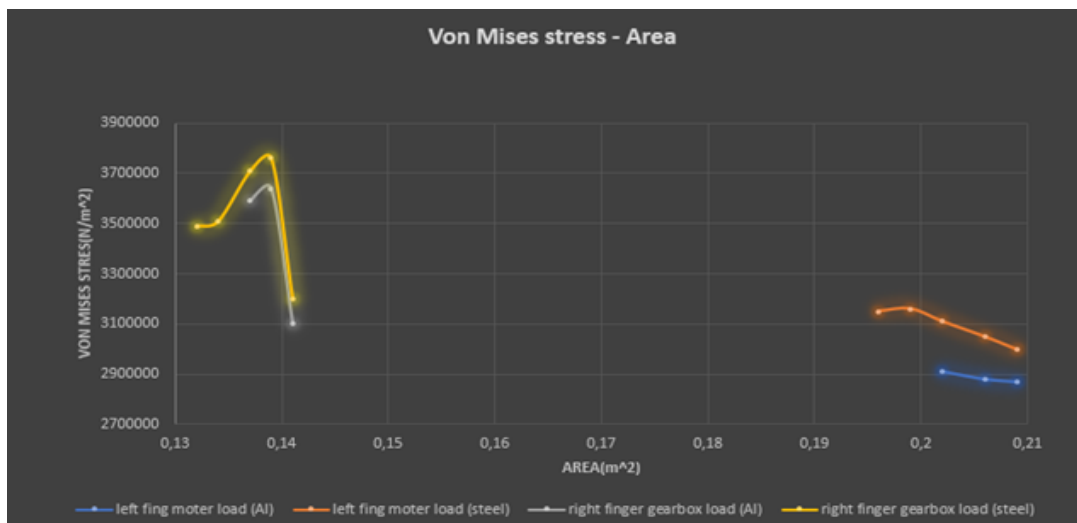
- Τα συστήματα ρομπότ πρέπει να είναι ειδικά σχεδιασμένα για περιορισμό ισχύος και δύναμης
- Οι δυνάμεις που μπορούν να ασκηθούν απαιτούν να είναι περιορισμένες
- Το ρομπότ πρέπει να αντιδρά όταν συμβαίνει επαφή

Προτάσεις για μείωση κινδύνου για πιθανή επαφή, προκυμμένου να μην υπάρξει ζημιά στον χειριστή:

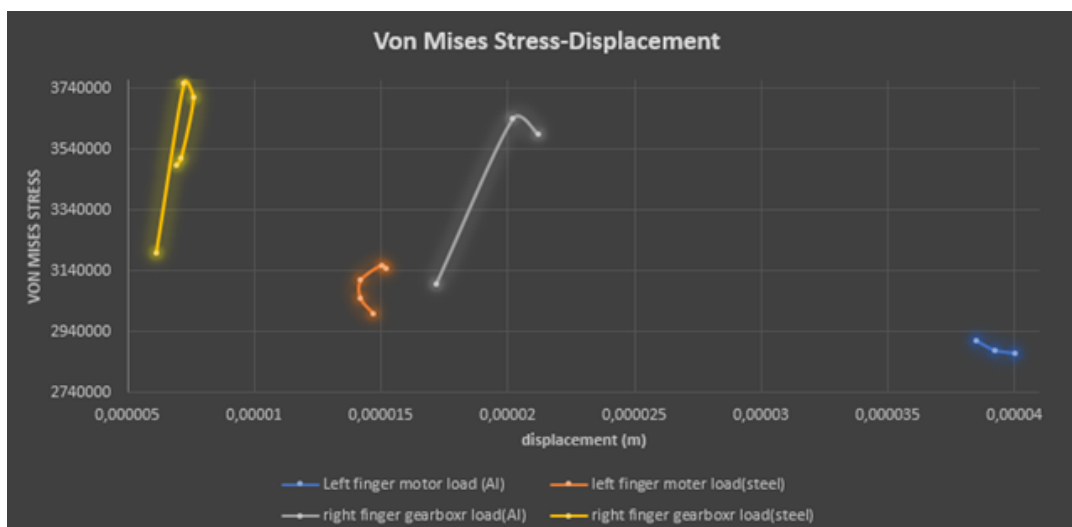
- Προσδιορισμός των προϋποθέσεων για να συμβεί μια τέτοια επαφή
- Αξιολόγηση των πιθανοτήτων κινδύνου για τέτοιες επαφές
- Οργάνωση χώρου εργασίας , ώστε η επαφή να είναι σπάνια και να αποφεύγεται
- Εξέταση των πιθανών σημείων όπου το ρομπότ μπορεί να έρθει σε επαφή με τον άνθρωπο.

5. Αναλύσεις -Αποτελέσματα

Σε αυτό το μέρος της εργασίας παρουσιάζεται η ανάλυση τάσεων των δακτύλων της λαβής όπου χρησιμοποιείται για τη φόρτωση του κινητήρα και το κιβώτιο ταχυτήτων. Η ανάλυση των δακτύλων γίνονται σε δύο διαφορετικά υλικά σε αλουμίνιο και χάλυβα. Προκειμένου να προσομοιώσουμε το βάρος του κινητήρα και του κιβωτίου ταχυτήτων χρησιμοποιούμε βάρος 1000N για προσομοίωση κινητήρα, και βάρος 591 N για προσομοίωση βάρος του κιβωτίου ταχυτήτων. Παρατηρώντας τα αποτελέσματα της ανάλυσης των τάσεων και λαμβάνοντας υπόψιν το όριο διαρροής του αλουμινίου και του χάλυβα καταλήγουμε στο αποτέλεσμα ότι μπορούμε να αφαιρέσουμε υλικό χωρίς να υπάρξει πρόβλημα στη λειτουργία των δακτύλων της λαβής. Αφαιρώντας σταδιακά υλικό από τα δάχτυλα της λαβής παρατηρούμε τη συμπεριφορά των δακτύλων χάλυβα και δακτύλων αλουμινίου. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι τα εξής:



Εικόνα 4: Διαγράμμα τάσεων Von mises- εμβαδών



Εικόνα 5: Διαγράμμα τάσεων Von mises- παραμόρφωση

Το όριο διαρροής του αλουμινίου-7075-Ο είναι $103 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$ και το όριο διαρροής του χάλυβα-37 είναι $300 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της δομικής ανάλυσης, τα δάχτυλα της λαβής είναι ένα ασφαλές σχέδιο. Η μετατόπιση στα προηγούμενα σχήματα δομικής ανάλυσης είναι μικρότερη από $4 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ που είναι κατάλληλη για αυτό το έργο. Σύμφωνα με τα δύο προηγούμενα διαγράμματα, η μετατόπιση σε χαλύβδινο υλικό είναι μικρότερη από το υλικό αλουμινίου. Λόγω του υψηλού όριο διαρροής και της χαμηλής μετατόπισης, το υλικό χάλυβα είναι καλύτερη επιλογή από το αλουμίνιο για αυτό το έργο. Επίσης, στο σχήμα 4 το διάγραμμα του δεξιού δακτύλου είναι παρόμοιο σε αλουμίνιο και χάλυβα, αυτό συνέβη επειδή το τμήμα που έχει μειωθεί είναι το ίδιο.

cobot (collaborative robots)	Τα ρομπότ τα οποία μπορούν να συνεργαστούν με τον άνθρωπο.
Robot gripper	Λαβή οπού χρησιμοποιείται για φόρτωση διάφορων αντικειμένων στις γραμμές παραγωγής .
Gripping force	Είναι η δύναμη της λαβής όταν ανοίγει και κλείνει.
distributed force	Δύναμη η οποία δεν ασκείται μόνο σε ένα σημείο ,αλλά ασκείται ομοιόμορφα σε παραπάνω επιφανείς
Structural analysis	Είναι η ανάλυση τάσεων που πραγματοποιείται τα δάκτυλα της λαβής.
Yield strength	Όριο διαρροής , είναι η μέγιστη τάση που λαμβάνει μια κατασκευή , πάνω από αυτήν τη τάση η παραμόρφωση γίνεται πλαστική
Pneumatic gripper	Είναι η λαβή που λειτουργεί με συμπιεσμένο αέρα.

Πίνακας: Επεξηγήσεις της Ορολογίας.