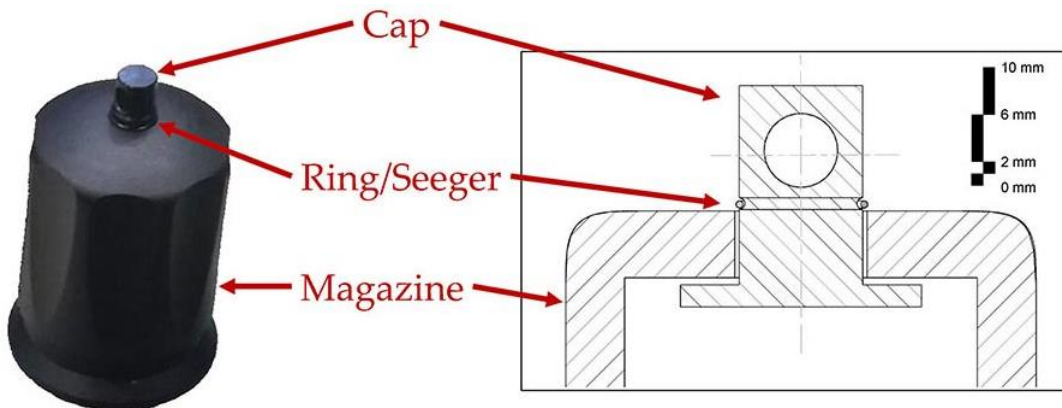




מהיום שבו פרצו הרובוטים הקופראטיביים למרחב חיינו לפני כעשרים שנה הם משנים והופכים את תהליכי וקווי ההרכבה נגישים יותר לאוטומציה לכלם וגם ליצרנים קטנים.

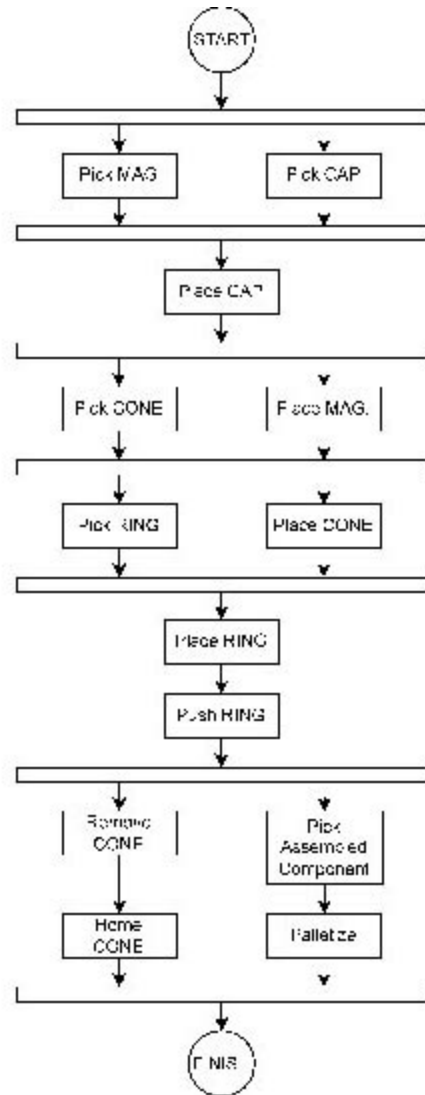
ברירת המחדל היא בין השיקול הכלכלי לארגונומי שהם יתרונות הקובוטים מול המהירות והגמישות המלאה של אנשים עובדים. מובא כאן סיפור על חקר מיכון תת הרכבה של מכלול גדול שנעשתה ידנית למרות שהפעולה הייתה פשוטה אך חזרתית ללא ערך מוסף ליצרן אך חיונית להשלמת המוצר.



רצף הפעילויות להרכבה של היחידה הנ"ל הוא כדלהלן :

1. איסוף ומיקום ה CAP
2. איסוף ומיקום ה – MAGAZIN
3. מיקום כלי ההרכבה להכנסת ה RING לתוך הבית שלו
4. איסוף ומיקום ה RING
5. הכנסת ה RING למקומו
6. הרחקת הכלי מההרכבה וחזרה למקומו

כלי הרכבת ה RING משמש ומאפשר גיוון והכנסת ה RING למקומו בהרכבה. הכלי מנצל את הגמישות האלסטית של ה RING בזמן שהוא לחוץ. תהליך זה גורם ל RING למצוא את מקומו בתוך חריץ הבית. כאשר ה RING מוכנס לחריץ הוא חוזר לגודלו הטבעי ויוצר את האבטחה בין ה CAP ל MAGAZINE. ראה מטה רצף הפעילויות :



תהליך התכנון לפרוייקט פעל ע"פ גישת ניסוין ותהייה, תוך בדיקת מודלים והגדרות CAD שונות. תהליך התכנון כלל את השלבים הבאים :

1. הבנת דרישות הקוח
2. נבדק איזה משימות יכולות להתבצע בלעדית ע"י הקובוט ואיזה צהן דורשות אוטומציה מסורתית.
3. זיהוי המשימות ודרך הביצוע.

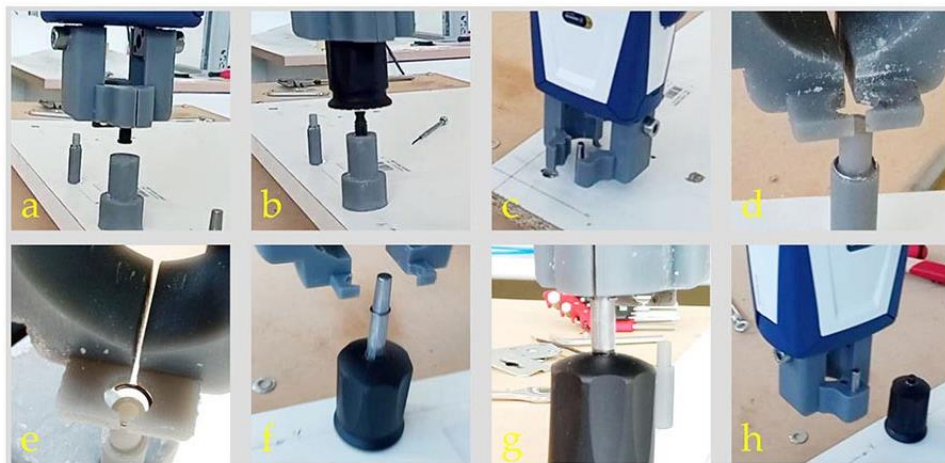


4. בוצעה הערכה פונקציונלית של רעיון האוטומציה.
5. התוצאות שימשו למודיפיקציה בעזרת הדפסת תלת ממד.
6. הייתה חזרה על התהליכים עד להשגת מערכת משביעת רצון.

בסופו של דבר תוכננה מערכת ממוקדת מחקר. המחקר התפקס על קובוט של FANUC (crx 10i/L). הקובוט צויד בגריפר של Schunk ושתי אצבעות תפיבה כתוספת.

לסיוע בייצור המתקנים השתמשו במדפסת תלת ממד: Formlabs 3 SLA . שימוש בטכנולוגיית לייזר ובפולימרים במדפסת זו מבטיח דיוק גבוהה, למרות שמהירות ההדפסה איטית ונדרש עיבוד סופי אחרי הדפסה. מודלי ה CAD הוכנו באמצעות NX של סימנס והומרו לקבצע STL למדפסת.

ההגדרה במערכת הייתה פשוטה. כל הרכיבים (Magazin,cap,tool,ring) סודרו בשורה בקרבת מקום מחזיק הטבעת ותמיכת ההרכבה. כל התהליך התבצע ישירות על תמיכה זו.



This series of photos shows automated assembly sequence: (a) positioning of the cap, (b) positioning of the magazine, (c) gripping of the guiding cone by the robot, (d) detail of the approach position for gripping the ring, (e) close-up view of the ring correctly gripped by the robot, (f) positioning stage of the ring in preparation for insertion, (g) insertion of the ring into its housing assisted by the cone, and (h) removal of the cone after assembly. Source: Marche Polytechnic University

תכנות הקובוט נעשה באמצעות התוכנה של FANUK בפשטות יחסית על מנת לקבל ספציפית דיוק רב בכיוונון ה RING לחריץ שלו.

תכנון אצבעות האחיזה

אצבעות הגריפר תוכננו לביצוע משימה רב תכליתית ב SETUP אחד. הפיתוח נעשה כאמור ב NX והקבצים יוצאו בפורמט STL למדפסת. האצבעות הודפסו הפולימר אפור .

Description of the Functional Parts of the Gripper Fingers

Component	Shape and Function	Special Features
Magazine grip	Irregular cylindrical, decagonal shape	Adaptable to various positions
Cap grip	Cylindrical with linear geometry	Ensures secure and universal grip
Cone grip	Negative form, narrow at base	Prevents CONE from being pushed out
Ring grip	Triangular and elliptical internal space	Selects and grips small rings

אצבעות הגריפר תוכננו לבצע את המשימות הבאות :

- אחיזת ה magazine , צורתו דמוית צילינדר איפשר נקודת אחיזה אפקטיבית. יתרון תכנוני זה נבדק אמפירית ללא צורך במיקום מדוייק.
- אחיזת ה Cap , זהה לאחיזת ה Magazine , הצורה הליניארית של צילינדריות ה Cap פשוטה יותר ומאפשרת אחיזה אוניברסלית.
- אחיזת ה Cone (כלי) , תוכננה כך שתמנע דחיפתו כלפי חוץ, תוכנן צר יותר בבסיס ורחב יותר בצד העליון. הכוחות נוטים לדחוף את הקונוס כלפי מעלה וצורתו חוסמת זאת. חלק זה של האצבעות משמש גם לדחיפת ה Ring למקומו הסופי תוך הבטחת אי התפסותו בתוך ה cap .
- אחיזת ה Ring , בגלל גודלו ה"מיניטורי" הוא מזוהה כפריט הקריטי (קוטר החיצוני 9ממ והעובי שלו 0.7 מ מ). זה מקשה מאד על האחיזה ונוצר תהליך די מורכב שדורש מניפולציה של הגריפר. במצב רגיל לא נדרשים יותר מ 3 ק"ג להושיב את ה Ring במקומו, אך תוספות של חיכוך יכולים להעלות את הכח למפלסים גבוהים מידי. במהלך ההכנסה ה Cap והגריפר חייבים להיות מיושרים היות ואי ישירות תוביל לעלייה בכח בצומת והוא יכול להגיע ל 10 ק"ג או לשבירה של הגריפר. זה חייב להמנע באמצעות שליטה טכנולוגית על הכח.

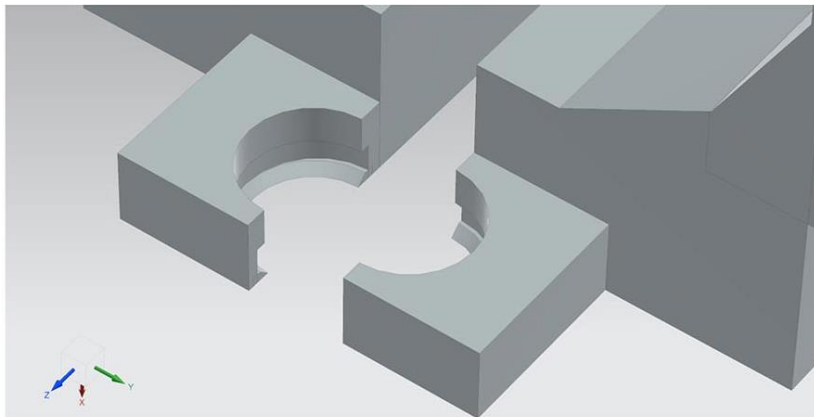


The gripper fingers were designed to perform multiple tasks. The left images shows a top-down perspective, highlighting the central decagonal hole for gripping the magazine. The right image shows the hole for the cap and a conical hole for gripping the cone. Source:

משך התהליך (Cycle time)

משך תהליך ההרכבה הידני בדרך כלל הוא 15 שניות, בניגוד לעבודה קובוטית שעורכת 50 שניות. למערכת הרובוטית יתרון אחד שהוא עבודה רציפה של 24/7. זה יכול לאפשר לעובדים להתמקד במשימות עם ערך מוסף גבוהה יותר.

חקר זה מדגיש שלמרות שהמשימה יכולה להתבצע מבחינה טכנית כולה ע"י רובוטיקה/ קובוט, היר לא מומלצת בגלל המורכבות של משימות כמו אחיזת והכנסת ה Ring. הרגישות והגמישות של ידיים אנושיות טובה יותר בהרבה במשימה זו. זה מאד מאתגר את תכונות המערכת הרובוטית.



The image illustrates the feature of the gripper that enables it to pick and place one small ring from a pile of rings arranged one above the other. Source: Marche Polytechnic University

מסקנות

- מעבר מעבודה ידנית לרובוטיקה בהרכבה זו היא אפשרית, אך לא מומלצת. הפתרונות צריכים להגיע מתכן שמכוון מראש לרובוטיקה, זה ההמפתח שצריך לתת למהנדסים.
- יכולת התפעול האיטית ברובוטיקה הכרחית לשמור על דיוק התהליך, במיוחד לנטרל את הויבראציות של מנועי הרובוט.
- הפסקה קצרה לפני הרכבה של כל רכיב חיונית כדי למזער את הרטט של זרוע הקובוט ולשפר את יכולת החזרתיות.

- המלצה אישית, במקומות של גבוליות בין אוטומציה לעבודה אנושית וחוסר ודאות, רצוי לבצע חקר תיאורטי ומעשי על מנת לא להגיע למצב של קבלת החלטות ללא בסיס ממשי (חלק ניכר מההחלטות היום מתקבלות על בסיס טרנדי ללא קשר לצורך ממשי.

ב ה צ ל ח ה