

ריתוך חכם: שילוב רובוטים וקובוטים בתעשיית המתכת בעידן תעשייה 4.0

ערן מנדלבאום, מומחה לייצור מתקדם, המרכז לתעשייה מתקדמת

מבוא

המהפכה התעשייתית הרביעית – **תעשייה 4.0** – משנה את פני הייצור באמצעות שילוב של **מערכות רובוטיקה, פיקוד ובקרה, האינטרנט של הדברים (IoT)** וגם כאן נכנס תחום **בינה מלאכותית**. בתחום עיבוד המתכת, ובמיוחד בריתוך, השימוש ב**רובוטים וקובוטים (רובוטים שיתופיים)** מוביל למהפכה ביעילות, דיוק וגמישות. אם בעבר כ-80% מרובוטי הרייתוך היו בתחום של ריתוכי נקודות בתעשיית הרכב העולמית, וריתוך עם חוט בתעשיית קונסטרוקציות כבדות. ניתן למצוא כיום גם בישראל, חברות תעשייתיות רבות המטמיעות ריתוך רובוטי: לדוגמה בריתוך תבניות פלדה, המיועדות ליציקת קירות בתעשיית הבניה המתועשת, בתעשייה הביטחונית ובייצור דלתות פלדה ופתחי ממ"ד וכן ריתוך קונסטרוקציות וצנרת תעשייתית.

תפקיד הרובוטיקה בריתוך המודרני

- מערכות ריתוך רובוטיות הפכו לחלק בלתי נפרד מייצור בהיקפים גדולים. מערכות אלו:
- **מייעלות משימות חוזרות**, ומפחיתות טעויות אנוש.
 - **מבטיחות איכות ריתוך עקבית**, במיוחד בריתוך MIG, TIG ונקודתי.
 - **פועלות בסביבות מסוכנות**, ובכך משפרות את בטיחות העובדים.
 - **מתמודדות עם חוסר מתמיד בעובדים מיומנים** - מאפשרות יצור תעשייתי יעיל, מדויק ותחרותי.

חברות יצרני רובוטים מובילות כמו **ABB IFANUC, Yaskawa** - מציעות תאים רובוטיים מתקדמים עם חיישנים, מערכות ראייה ובקרת איכות מבוססת בינה מלאכותית.

לינק אופייני של מערכת ריתוך רובוטית:

<https://www.motoman.com/en-us/applications/arc-welding/welding-cell-systems>
[ABB-Welding Cell](#)

קובוטים: שיתוף פעולה בין אדם למכונה

- בניגוד לרובוטים תעשייתיים מסורתיים, **קובוטים** נועדו לעבוד **בצמוד לבני אדם**. בריתוך:
- קובוטים מסייעים בייצור **בכמויות קטנות ומגוונות**.
 - הם **קלים לתכנות** על ידי מפעילים ללא ידע הנדסי.
 - קובוטים של חברות כמו **Universal Robots** | **Hirebotics** - מתאימים במיוחד לעסקים קטנים ובינוניים בזכות **עלות נמוכה וגמישות גבוהה**.
 - <https://www.hirebotics.com>
 - [UR Cobot Video Link](#)

יישומים מרכזיים בריתוך מתכות ועיבוד פח

1. **תאי ריתוך אוטומטיים**
מערכות סגורות עם זרועות רובוטיות, חיישנים ושאיבת עשן לייצור בהיקף גבוה.
2. **תחנות ריתוך שיתופיות**
קובוטים מסייעים בריתוך נקודתי, מעקב אחרי תפרים ומיקום חלקים.
3. **ריתוך לייזר עם מערכות ראייה**
ריתוך מדויק במיוחד בהנחיית מצלמות ובינה מלאכותית.
4. **ריתוך אדפטיבי מבוסס AI**
התאמת פרמטרי הריתוך בזמן אמת לפי עובי החומר וגיאומטריית החיבור.
5. **תאום דיגיטלי (Digital Twin)**
סימולציה של תהליך הריתוך לצורך תכנון, תכנות ותחזית תקלות.
6. **מעקב ריתוך מבוסס IoT**
איסוף נתונים בזמן אמת על איכות הריתוך, יציבות הקשת וצריכת האנרגיה.
7. **מערכות קיבוע חכמות**
חיישנים בתוך מתקני הקיבוע להבטחת מיקום מדויק של החלקים.
8. **רובוטים ניידים לריתוך**
רובוטים על גבי AGV לריתוך מבנים גדולים כמו אוניות וגשרים.

יתרונות תעשייה 4.0 בריתוך

- עלייה בפרודוקטיביות: עבודה רציפה 24/7.
- שיפור באיכות: ריתוכים אחידים ומדויקים.
- גמישות תפעולית: מעבר מהיר בין מוצרים וסדרות.
- קבלת החלטות מבוססת נתונים: תובנות בזמן אמת.
- העצמת עובדים: קובוטים מפחיתים עומס פיזי.

אתגרים שיש לקחת בחשבון

- השקעה ראשונית גבוהה: עלות ציוד ואינטגרציה.
- צורך בהכשרה מקצועית: תכנות ותחזוקת רובוטים.
- ניהול שינוי ארגוני: התאמת התרבות הארגונית למהפכה הדיגיטלית.
- סייבר סקוריות: הגנה על מערכות המחוברות לרשת לצורך בקרה ועדכון תכניות ריתוך.

סיכום

תעשייה 4.0 אינה רק שינוי טכנולוגי – היא מנוע אסטרטגי לייצור חכם, בר-קיימא וגמיש. שילוב רובוטים וקובוטים בריתוך מתכות מאפשר למפעלים להשיג יעילות, איכות וחדשנות.