



רם - רובוטיקה, אוטומציה ומערכות ייצור בע"מ

רח' המלאכה 8-10, יח' 303, פארק תעשיה אפק, ראש העין 48091

טל': 03-9031001, פקס: 03-9031002

e-mail: office@ram.co.il

ביקורת מידות – מה חדש בטכנולוגיה ?

בכל מפעל עבוד שבבי קיימים אמצעי מדידה לביקורת מידות, וברוב המפעלים קיימות מכונות מדידה המאפשרות מדידה תלת ממדית של החלקים המיוצרים. אולם, בניגוד לתחום הייצור בו רמת הידע במפעלים הינה גבוהה, תחום המדידת אינו זוכה לתשומת הלב לה הוא ראוי, ולכן, בתהליך מכירת מכונות מדידה אנו נתקלים במקרים רבים בחוסר ידע, המוביל במקרים רבים לרכישות שאינן מתאימות לצרכים.

במאמר זה, אנו מנסים לתת לקורא תמונה רחבה על התחום, במטרה לעורר את סקרנותו ולהביאו ללמוד את התחום, לפחות עד הרמה שתאפשר לו רכישת פתרונות המתאימים לצרכים של המפעל.

למה מודדים ? – או איך משתלבת מכונת המדידה במדידות

מדידת חלקים כחלק מתהליך הייצור אינה גחמה של לקוח או תקן אלא כלי שתפקידו להבטיח את השימושיות של החלק המיוצר. האחראי על מתן המידות לחלק הינו **המתכנן**, ומתפקידו להגדיר את המידות והאפיצות (טולרנס) המותרת לכל מידה כחלק מהגדרת מידות המוצר.

השרטוט והמודל הממוחשב הינן השפה של המתכנן להגדרת גיאומטרית החלק ובו הוא כולל את כל הנדרש לשם הגדרת החלק, כולל הגדרת הטולרנסים שהינם טווח הסטיה המותר מהמידה האידיאלית או התאורטית.

מאחר ולחלקים דרישות פונקציונליות, כולל דרישות לקחת חלק במיכלול, תפקיד תורת מתן המידות הינו לאפשר למתכנן להגדיר את החלק כך שכאשר הוא עונה להגדרה הוא יהיה שימושי – ניתן יהיה להרכיב אותו במיכלול והוא ימלא את הדרישות הפונקציונליות מבחינת המידות.

במיכלול, המידות והטולרנסים מתחברים. בלוק של 100 מ"מ המונח על בלוק של 50 מ"מ, האורך הכללי הינו 150 מ"מ, אולם בלוק של 0.1 ± 100 מ"מ המונח על בלוק של 0.1 ± 50 מ"מ המידה המתקבלת אינה 0.2 ± 150 מ"מ. הטולרנס הינה תכונה סטטיסטית ולכן מתיחסת להתפלגות סטיה מותרת, והחיבור של הטולרנסים מתבצע תוך שימוש בכלי חיבור סטטיסטיים – אם נניח 100 בלוקים שאורכם 0.1 ± 100 מ"מ על 100 בלוקים של 0.1 ± 50 מ"מ ונמדוד את האורך הכולל כל פעם, נקבל התפלגות אורכים סביב 150 מ"מ – הטולרנס המצטבר.

תפקיד תורת מתן המידות והטולרנסים הינו לאפשר למתכנן לשלוט במידות ובטולרנסים, כולל הצטברות הטולרנסים במיכלול, על מנת לענות לצורך פונקציונלי של המיכלול, כל זאת תוך שמירה על עלויות ייצור מינימליות – פתיחת הטולרנסים במידת האפשר, וניהול הטולרנסים תוך התחשבות בעלויות הייצור לטולרנסים בשיטות ואמצעי הייצור הקיימים.



רם - רובוטיקה, אוטומציה ומערכות ייצור בע"מ

רח' המלאכה 8-10, יח' 303, פארק תעשיה אפק, ראש העין 48091

טל': 03-9031001, פקס: 03-9031002

e-mail: office@ram.co.il

תהליך המדידה של המוצרים משתלב בתורה זו ובא לאפשר שליטה בתכונות המוצר – אורך חיים של מנוע מכונית או ניצולת של מנוע סילון, כל המוצרים המושפעים מהמידות הגיאומטריות רגישים לסטיות במידות, והמדידה מאפשרת שליטה על המידה, הן כמידה מוחלטת והן כמידה השוואתית.

מרכיבים במכונת מדידה

סוגים רבים של מכונות מדידה קיימות בשוק, כולל המכונות המסורתיות במבנה של גשר נע, זרוע אופקית ושולחן נע, דרך מכונות מדידה מיפרקיות ומכונות מדידה המקבלות את ערכי הנקודות על משטחי החלק תוך שימוש באביזרי ראייה או החזרה אופטית מפני החלק.

כל מכונות מדידה כוללות את המרכיבים הבאים:

- אביזר לאיתור - זיהוי נקודות על פני השטח הנמדד בחלק
- מערכת לקביעת ערך הקורדינטות של הנקודות
- תוכנה המאפשרת קביעת או אימות המידות בחלק מול ההגדרה בשרטוט או במודל.

עם מה מודדים ? או מהן סוגי מכונות המדידה

טווח הדיוקים הנדרש במכונות מדידה נע בין חלקי המיקרון לבין מילימטרים, וטווח הגדלים של החלקים הנמדדים הינם בין מילימטרים בודדים ובין עשרות מטרים ומעלה. ברור שאין טכנולוגית מדידה אחת המכסה את טווח הגדלים והדיוקים.

נעבור על סוגי מכונות העיקריים ועקרונות המדידה שלהן:

מכונות גשר - Bridge type machin

מכונות הגשר הינן המכונות המדידה הקלסיות מזה כ 30 שנים. המכונות מבוססות על 3 צירי תנועה ניצבים, כאשר בכל ציר מערכת קריאת מיקום לינארית. בקצה ציר ה Z מותקן פרוב, וכאשר נמדדת נקודה, נתוני קריאת המיקום של הצירים מועברים לתוכנת המכונה, ולאחר מספר חישובים מתקבלים הערכים הנמדדים מהחלק.

מכונות מסוג גשר הינן המכונות היותר מדויקות, וטווח הדיוקים והגדלים שלהם נע בין עשרות סנטימטר בודדים ודיוקים תת מיקרוניים לבין גשרים בגובה ורוחב של מספר מטרים ובאורכים של עשרת מטרים. המכונה הגדולה ביותר מסוג גשר המותקנת בארץ מותקנת במפעל מל"מ של התעשיה האוירית, נפח המדידה שלה הינו כ 20 מ"ק (2.5x2.5x3m) והדיוק הינו 20 מיקרון.

מכונות הגשר משמשות בטווח רחב ביותר של יישומים, והן כיום מכונות המדידה הנפוצות.

מכונות זרוע מפרקית - Articulated Arm



רם - רובוטיקה, אוטומציה ומערכות ייצור בע"מ

רח' המלאכה 8-10, יח' 303, פארק תעשייה אפק, ראש העין 48091

טל': 03-9031001, פקס: 03-9031002

e-mail: office@ram.co.il

מכונות מדידה המבוססות על זרוע מיפרקית מבוססות על 5 עד 7 מפרקים המחוברים באמצעות צירים בעלי אנקודרים סיבוביים, כאשר בקצה המפרק האחרון מחובר פרוב המדידה. המפרק הראשון מקובע לבסיס קבוע או נייד. בתהליך המדידה, כאשר נמדדת נקודה, ערכי האנקודרים ניקראים וערכי המדידות מחושבים. תוצאות המדידה – ערכי ה-XYZ של הנקודה מועברים לתוכנה לצורך חישובי המידות.

ההתפתחות של השנים האחרונות בטכנולוגית האנקודרים הסיבוביים מאפשרת קבלת דיוקי מדידה גבוהים ממכונות אילו – החל מ 0.005 מ"מ למכונות זרוע של 1.2 מ' ועד ל 0.086 מ"מ לזרוע של 3.7 מ', דיוקים המספיקים לטווח רחב של שימושים.

מבנה הזרועות מאפשר תיקון קל להתפשטות טרמית (לינארית) ולכן הן מתאימות גם לעבודה בתנאי סביבה מקובלים באולמות ייצור.

משקל הזרועות הינו נמוך – פחות מ – 10 ק"ג, ולכן הן מתאימות להעברה ולהתקנה במקום המדידה או להתקנה על מכונות ייצור.

תוכנות המדידה בזרועות הינה תוכנת ביקורת רגילה המשמשת במכונות גשר.

שימוש נכון בזרועות מדידה יכול לקצר באופן משמעותי את זמני התגובה של תהליך המדידה בעת ייצור החלק, במיוחד את הזמן הנדרש לאישור חלק ראשון.

לייזר טרקר Laser Tracker

לייזר טרקר הינו מכונת מדידה אשר מבוססת על מדידת מיקום פרוב במרחקים של עד עשרות מטרים באמצעות טכנולוגית לייזר. הפרוב נוגע בחלק בזמן מדידת נקודה, והמתקן הנייח עוקב אחרי מיקום הפרוב כל הזמן. הפרוב מועבר ידנית ע"י המפעיל מנקודה לנקודה, והמפעיל מבקש לקיחת נקודה באמצעות שלט אלחוטי.

התפתחויות אחרונות בטכנולוגיית הלייזר טרקר, מאפשרת קבלת דיוק מדידה מלא גם אם קרן הלייזר נחתכת במהלך המדידה, ומדידה רציפה של תנאי הסביבה משמשת לתיקון השפעת תנאי הסביבה על הדיוקים.

הדיוק המושג בטכנולוגיה זו הינו 0.025 מ"מ ועוד 0.0011 מ"מ לכל מ' מדידה.

תוכנת המדידה המשמשת כיום בלייזר טרקרים הנה תוכנת המדידה הסטנדרטית המשמשת גם במכונות מדידה מסוג גשר.

השימוש בלייזר טרקר מאפשר חיסכון משמעותי בזמן המדידה בהשוואה לשיטות המדידה הקלסיות לגופים גדולים – טאודוליטים, ביחס של 1:5 עד 1:10 תוך קבלת דיוקי מדידה גבוהים מהמתקבל באמצעים הקלסיים.



רם - רובוטיקה, אוטומציה ומערכות ייצור בע"מ

רח' המלאכה 8-10, יח' 303, פארק תעשיה אפק, ראש העין 48091

טל': 03-9031001, פקס: 03-9031002

e-mail: office@ram.co.il

חידושים בתחום הפרובים

פרובים מגע – נקודות בודדות מול סריקה.

הפרובים שהיו מקובלים בארץ במכונות המדידה הינם פרובים מסוג פרוב מגע – הפרוב מזהה כל מגע בחלק – מדידת נקודה. בצורת עבודה זו מספר הנקודות המשמשות למדידת אלמנט, לדוגמה צלינדר, הינו קטן יחסית, מאחר ומדידת כל נקודה אורכת כשניה. עקב הדרישות של תעשיית הרכב, התרחב לאחרונה השימוש בפרובים לסריקה המאפשרים מדידה של אלפי נקודות בשניה, ולכן מאפשרים קבלת תמונה מלאה של הצורתיות של האלמנטים הנמדדים – לדוגמה – צלינדר נמדד תוך תנועה לולינית של הפרוב, והנקודות הנמדדות נותנות תמונה מלאה של הצלינדר הנמדד, כולל עיגוליות, ניצבות וכו'.

זמן מדידת צלינדר אופייני באמצעות פרוב מגע, עם 8 נקודות הינו כ 8 שניות, בעוד פרוב סריקה ימדודו 500 נקודות תוך כ 3 שניות, ויאפשר קבלת תמונה אמיתית של האלמנט הנמדד.

פרוב לייזר

פרובים המבוססים על לייזר מהווים תחליף במספר אפליקציות לפרובים הרגילים המבוססים על נגיעת הסטיילוס בחלק הנמדד. פרובים מסוג זה מתבססים על מדידת מיקום נקודת ההחזרה של קרן לייזר מהמשטח הנמדד.

קיימם שלושה סוגים עיקריים של פרוב לייזר – פרוב המבוסס על קרן לייזר קבועה המודדת נקודה אחת, פרוב המבוסס על קרן לייזר הדוגמת נקודות לאורך קו, ופרוב לייזר המודד נקודות לאור 3 קווים בזווית של 120 מעלות בין הקווים.

מגבלות הדיוק הניתן להשגה בטכנולוגית הלייזר, בפרובים מהסוג הנ"ל הינה כ 6 מיקרון, ולכן הם משמשים בעיקר מדידות בהן אין דרישות דיוק גבוהות.

פרובים מבוססי לייזר ניתנים להתקנה על כל מכונות המדידה המקובלות, ושימוש בפרוב לייזר קווי מאפשר איסוף נתוני המשטחים הנמדדים במהירות גבוהה יחסית, ולכן הם מקובלים במדידות משטחים, ולא במדידת אלמנטים גיאומטריים.

חידושים בתחום התוכנה

תחום התוכנות למכונות מדידה התפתח בצורה משמעותית בשנים האחרונות, בעיקר עקב חדירה מסיבית של תוכנות ביקורת מבוססות תיב"מ למכונות המדידה.



רם - רובוטיקה, אוטומציה ומערכות ייצור בע"מ

רח' המלאכה 10-8, יח' 303, פארק תעשיה אפק, ראש העין 48091

טל': 03-9031001, פקס: 03-9031002

e-mail: office@ram.co.il

חדירת תוכנות התיב"מ לתחום המדידה הינה פועל יוצא של החדירתה המסיבית לתחום הייצור, כיום לא ניתן כמעט למצוא מפעלי עבוד שבבי שאינם מתבססים על מערכות תיב"מ בתחום התכנון והייצור.

הרוב הגדול של יצרני תוכנות התיב"מ לביקורת כבר עברו לשימוש בפלטפורמות תיב"מ מקובלות לשם פיתוח התיב"מ לביקורת, כאשר הפלטפורמות המקובלות הינם המנועים התיבמיים של CATIA ו PARASOLID המשמשים גם בתוכנות התיב"מ הנפוצות.

תהליך המדידה וכתובות תוכניות המדידה מבוסס כיום על קבלת הנתונים למדידה ישירות מהמודל הממוחשב, תוך שימוש בבסיס הנתונים שמשמש להגדרת החלק בשלב התכנון – הגדרת הגיאומטריה.

המנועים התיבמיים הנפוצים מאפשרים שמירת נתוני הנומינל ונתוני הטולרנסים המבוססית על תורת מתן המידות והטולרנסים כערכים וקטוריים, ותוכנות התיב"מ לביקורת מאפשרים מיצוי נתונים אילו לתוכנית המדידה.

שפת הביקורת התיקנית היום הינה ה DMIS, שהינו תקן אמריקאי המקובל בכל תעשיית הרכב וברוב תעשיות התעופה בעולם, ורוב היצרנים של תוכנות התיב"מ לביקורת שומרים על תאימות חלקית או מלאה לתקן זה, למרות שחלקם מנסים עדיין לפתח גירסאות משלהם, שאינן תואמות באופן מלא לתקן, זאת על מנת להקשות על ההגירה בין התוכנות.

יצרנים השומרים על שפות מדידה קנייניות שלהם מאפשרים גם לקבל (לייבא) תוכניות מדידה הכתובות בשפת התקן, אולם מעמידים קשיים בתהליך הייצוא של תוכניות המדידה, שוב במטרה "לקחת שבויים" – אני יודע לקבל תוכניות שנכתבו למכונות אחרות, אבל את מה שנכתב בשביל המכונה שלי, תוכל למדודו רק עליה.

שפת ה- DMIS כוללת בתוכה את כל הגדרת המידות והטולרנסים בהתאם לתקנים, ולכן הכיסוי שלה הוא הרחב ביותר. בנוסף, שפת ה DMIS הינה שפה פתוחה, המוגדרת ע"י המשתמשים, ולכן הינה המכנה המשותף הרחב ביותר, הכולל את כל הדרישות המוגדרות בתקן של מתן המידות, תוך יישום של הכלים הנדרשים על מנת לשלב אמצעים חדשים – כגון פרובים, בצורה סטנדרטית ורחבה, תוך אפשרות הגירה קלה בין פלטפורמות של יצרנים שונים.

כלי התיב"מ לביקורת, הינן עטיפות הבאות להקל על המתכנת לייצר את הקוד לביקורת, תוך שימוש באלגוריתמים המאפשרים ליישם את התקן בצורה אופטימלית.

רם - רובוטיקה, אוטומציה ומערכות ייצור בע"מ



רח' המלאכה 8-10, יח' 303, פארק תעשייה אפק, ראש העין 48091

טל': 03-9031001, פקס: 03-9031002

e-mail: office@ram.co.il



לייזר טרקר בעבודה – מדידת מיקומים ומישוריות



זרוע מדידה בעבודה – מדידת אלמנטים גיאומטריים מול המודל בתיב"מ

רם - רובוטיקה, אוטומציה ומערכות ייצור בע"מ



רח' המלאכה 8-10, יח' 303, פארק תעשייה אפק, ראש העין 48091

טל': 03-9031001, פקס: 03-9031002

e-mail: office@ram.co.il



זרוע מדידה על חצובה ניידת



זרוע מדידה "אישית" בעבודת מדידה



רם - רובוטיקה, אוטומציה ומערכות ייצור בע"מ

רח' המלאכה 8-10, יח' 303, פארק תעשייה אפק, ראש העין 48091

טל': 03-9031001, פקס: 03-9031002

e-mail: office@ram.co.il

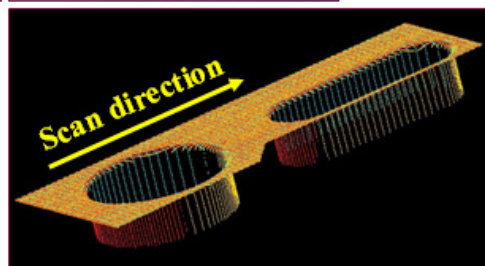
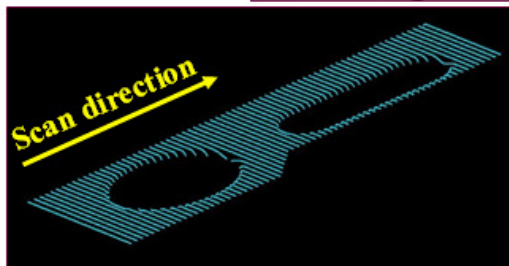


מכונת מדידה מבנה גשר, דיוק גבוה

Line
Scanner



Cross
Scanner



Complete Metrology Solutions

פרוב לייזר קווי ו CROSS SCANNER למדידה מהירה בדיוקים בינוניים, ע"ג מכונת מדידה

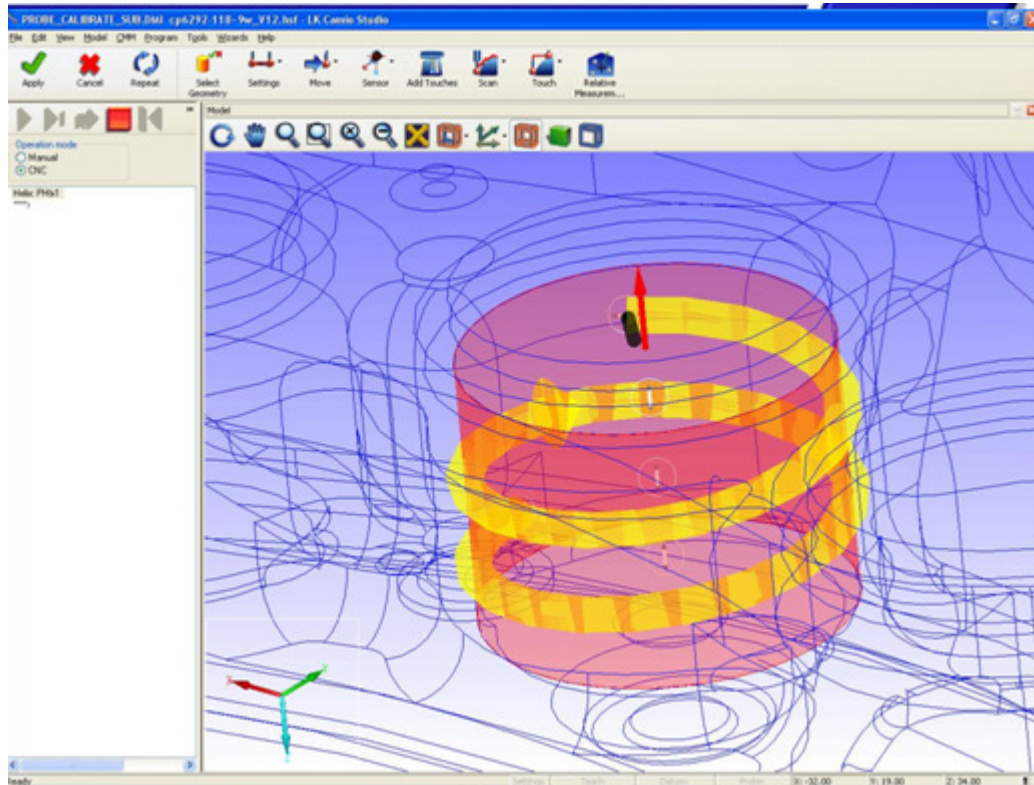


רם - רובוטיקה, אוטומציה ומערכות ייצור בע"מ

רח' המלאכה 8-10, יח' 303, פארק תעשייה אפק, ראש העין 48091

טל': 03-9031001, פקס: 03-9031002

e-mail: office@ram.co.il



ייצור קוד אוטומטי במדידת צילינדר באמצעות תוכנת תיב"מ לביקורת, מדידת הצילינדר באמצעות פרוב סריקה במסלול לוליני, זמן מדידה קצר ואינפורמציה מלאה.