

איך בוחרים תא - כוח מתאים לצרכי (Load Cells)

ירון רוזנברג, CTO, ר.ב.מ. בקרה ומיכון בע"מ

תא כוח (Load Cells) הוא אביזר אלקטרומכאני המיועד להתמרת אות מכאני של כוחות מתיחה או לחיצה לאות חשמלי.

התא מבוסס על גוף מתכתי חלול המיוצר מאלומיניום, פלדה או נירוסטה שבתוכו הותקנו בתהליך עיבוד שבבי לוחות מתכת שעליהם מודבקים חיישני strain gauge. ה-strain gauge הוא רכיב קרמי מיניאטורי המכיל פלטה דקה מתכתית העשויה מסגסוגת ניקל-כרום או מסגסוגת נחושת-ניקל. רכיב ה-strain gauge משנה את המוליכות החשמלית שלו בהשפעת כוחות המופעלים עליו.

רכיבי ה-strain gauge מודבקים בתא הכוח. בדרך כלל כל תא כוח מכיל בתוכו מספר יחידות מסוג strain gauge אשר מחוברות בצורת גשר וויטסטון. קיימים תאי כוח זולים שבהם גשר הוויטסטון המותקן הוא רבע גשר, או חצי גשר אך בהם לא נדון בשל היותם לא מדויקים וחסרי מנגנון קיזוז טמפרטורה. במאמר זה נדון רק בתאי-כוח עם גשר מלא: אלה תאים שבהם מותקן גשר וויטסטון בעל 4 ענפים שהינו הרכיב המודד את האיזון בגשר בעת הפעלת כוחות על התא וכן משמש לקיזוז טמפרטורת הסביבה שבה מותקן התא לעומת הטמפרטורה השוררת בחדר הבקרה או בארון הפיקוד שבו מותקנות מערכות הבקרה.

תפוקתו של תא הכוח הינה בהתאם לעומס המופעל עליו ולמתח העירור המסופק לו. דרך מבנה מכני, הכוח המופעל על התא גורם לעיוות/שינוי של strain gauge, שממיר את הדפורמציה (המתיחה/לחיצה) לאותות חשמליים. התצוגה/תוכנה והחלקים האלקטרוניים של תא הכוח ממירים את המתח החשמלי שלו לערכי כוח, המוצגים על-גבי התצוגה המחוברת לתא או תצוגת התוכנה.

להלן הסברים, יתרונות וחסרונות אודות תאי הכוח הנפוצים בשוק:

א. **תאי כוח במבנה מסוג S** - הם נקראים כך בכי הם בנויים בצורת האות S. תאי כוח אילו הם הנפוצים ביותר בשל היותם זולים יחסית וקלים להתקנה. יתרונות: לרוב הם מיוצרים מאלומיניום וטובים לביצוע מדידות לחיצה ומתיחה, זמן התגובה שלהם מהיר יחסית והדיוק שלהם סביר. חסרונות: בגלל המבנה שלהם שהוא צר וארוך הם מושפעים מכוחות צד שעלולים לפגום בדיוק המדידה ועלולים לגרום להריסת התא. עמידות תאים אילו לעומסי יתר נמוכה יחסית. קיזוז הטמפרטורה שלהם מוגבל.

ב. **תאי כוח במבנה מסוג קורת כפיפה - Shear Beam** – תאים אילו נפוצים במערכות שקילה. הם יכולים למדוד רק כוחות כפיפה-לחיצה. המבנה המכאני שלהם בעל מידות פיזיות קטנות.

יתרונות: הם זולים יחסית. מידותיהם הקטנות. חסרונות: זמן התגובה שלהם נמוך ולכן הם לא טובים לביצוע מדידות דינמיות. הדיוק שלהם בינוני. קיזוז הטמפרטורה שלהם מוגבל. הם בעלי עמידות נמוכה לעומס יתר ולכן יש צורך בהתקנת הגנות מכאניות למניעת עומסי יתר.

ג. תאי שקילה WeighCheck Load Cells-

הם תאים שיכולים להיות מיוצרים במספר קונפיגורציות מדידה, בין עשרות ק"ג ועד מאות טונות:

ג.1. **בצורת מבנה צילינדרי-** שעשוי בד"כ מפלדה ובהם מותקנים תבריגים בחלק התחתון לעיגון התא ובחלק העליון לחיבור רגלי המיכל הנשקל שמונח ישירות על התא. תאים אילו נפוצים במערכות שקילת מיכלים, הם זולים יחסית, יכולים למדוד רק כוחות לחיצה. חסרונות:

המבנה המכאני שלהם גדול - בעל מידות פיזיות גדולות ומשקלו גבוה. ההתקנה קשה ונדרש להתקינם לפני התקנת המיכל. במקרה שנדרשת החלפת התא נדרש מנוף והתקנת מערכת תמיכה מכאנית לצורך החלפת התא. זמן התגובה שלהם נמוך מאוד ומיועד אך ורק לשקילה סטטית. הדיוק שלהם בינוני. הם בעלי עמידות נמוכה לעומס יתר ולכן יש צורך בהתקנת הגנות מכאניות למניעת עומסי יתר. קיזוז הטמפרטורה שלהם מוגבל.

ג.2. **תא מכל כל סוג:** תאי כוח במבנה מסוג S, או במבנה מסוג קורת כפיפה - Shear Beam שמוותקנים בתוך מסגרת מתכת שיודעת לחלק את הכוח הנמדד בצורה טובה על התא וכן להגן על התא מהפעלת עומס יתר ומכוחות צד. תאים אילו מיועדים רק למערכות שקילת מיכלים, הם יקרים יותר מתאים צילינדריים בשל מנגנון המסגרת שבו הם מותקנים; הם יכולים למדוד רק כוחות לחיצה. חסרונות:

ההתקנה קשה ונדרש להתקינם לפני התקנת המיכל, במקרה שנדרשת החלפת התא בחלק מהתאים נדרש מנוף והתקנת מערכת תמיכה מכאנית לצורך החלפת התא. זמן התגובה שלהם נמוך מאוד ומיועד אך ורק לשקילה סטטית. הדיוק שלהם בינוני. קיזוז הטמפרטורה שלהם מוגבל. יתרונות:

המבנה המכאני שלהם קטן יותר מהתאים הצילינדריים ומשקלו נמוך. בשל מסגרת הברזל שבהם התאים מותקנים, העמידות של תאים אילו לעומס יתר ולכוחות צד הוא טוב.

ד. תאי כוח בעלי פרופיל נמוך המכונים Pan cake אלה קיימים בתצורות שונות ובתחומי מדידה שונים, מניוטון בודדים ועד למגה-ניוטון. קיימים תאים ללחיצה בלבד, וללחיצה/מתיחה. לתחומי המדידה הנמוכים התאים מיוצרים מסגסוגת אלומיניום שהיא בעלת תגובה מהירה לתהליך המדידה. לתחומי המדידה הגבוהים התאים מיוצרים מסגסוגת ברזל. קיימים תאים מנירוסטה המיועדים לסביבת מדידה אגרסיבית. שימוש בתא תוך הפעלת כוחות בתחום מדידה גבוה מתחום המדידה של התא עלול לגרום להרס התא. שימוש בתא תוך הפעלת כוחות בתחום של פחות מ-10% מתחום המדידה של התא יגרמו לקבלת מדידות שגויות. קיימות סדרות של תאי Pan-Cake המיועדות לבדיקות התעיפות- בדיקות של 500 מיליון מחזורים לא יגרמו להרס התא. ברוב תאי ה-Pan-cake קיים קיזוז של לחץ ברומטרי.

איך לבחור תא כוח?
יש לבצע איפיון מלא של הצרכים הנדרשים מתא הכוח: הכוח מינימאלי והכוח מקסימאלי שיידרש למדוד, האם נדרשת עמידות בעומס יתר, מהירות תגובה של התא, מבנה מכאני של התא, תחומי הטמפרטורה בהם יפעל התא, דרגת האטימות הנדרשת.



חברת ר.ב.מ. בקרה ומיכון בע"מ היא נציגת חברת InterFaceForce, ארה"ב, מפתחת ויצרנית של תאי-כוח בעלי-שם, ספקית של חברות בינלאומיות מובילות.