

EXPERIMENTAL STAND FOR DETERMINING SOME CHARACTERISTICS OF PRINTING SUBSTRATES

KAPUSI Zalán,

Facultatea: Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Tehnologii și Sisteme Poligrafice,
Anul de studii: II, e-mail: kapusizalan@gmail.com

Conducător științific: Conf. dr. ing. **Emilia BĂLAN**

ABSTRACT: This article has the main purpose to describe the calibration and the qualification of a DIY measurement tool, used in the printing and packaging industry. Last year in our paper published in the same journal, with the same title [17], we described in detail the steps of design, execution of parts, the assembly and the programming of similar measurement equipment, namely a GSM tester. In the current dissertation we use, as an example, a Carton Force Analyzer, which is intended for measuring the mechanical resistant of the creasing lines and the opening force/moment of a solid carton folding box. On the first hand we describe shortly the specific parts of design and assembly of the second measurement tool; on the other hand we analyze deeply the measurement results obtained during qualification.

CUVINTE CHEIE: măsurare, instrumente virtuale, senzorială, caracteristici fizice

1. Obiectivele cercetării

În cadrul industriei moderne de ambalare, din punctul de vedere al funcționării neobstrucționate a mașinilor automate de ambalare de mare viteză, factorii cei mai importanți sunt proprietățile fizice ale cutiilor de carton, și anume: grosimea materialului, masa specifică, rezistența la îndoire, calitatea bigurilor etc. Obiectivul principal al lucrării este realizarea instrumentelor de măsurare a mărimilor sus menționate, la un nivel de cost minim, folosind oportunitățile oferite de electronica modernă, senzorială, soluții software, respectiv de metodele moderne de prelucrare a materiilor prime (imprimare 3D, prelucrare CNC). Se vor lua în considerare standardele internaționale referitoare la fiecare măsurare în parte.

2. Realizarea instrumentelor de măsurare

În cazul instrumentului de măsurare a rezistenței mecanice a bigurilor pentru evaluarea rezultatelor măsurătorilor este nevoie de analizarea diagramelor la o rezoluție mai mare. Din acest motiv conectarea instrumentului la un laptop este o soluție potrivită.

Rezistența bigurilor la îndoire trebuie studiată în mod dinamic, la diferite unghiuri de formare. Formarea cutiilor, respectiv îndoirea bigurilor poate fi realizată cu ajutorul unui actuator de tip servomotor. Plecând de la cerințele de viteză, momentul forței și rezoluția pașilor s-a ales tipul de servomotor *MG 996R*. Puterea electrică a servomotorului fiind mai mare decât puterea maximă permisă pentru ieșirea de alimentare încorporată în microcontroller a fost nevoie de implementarea unei surse de alimentare independentă de tip *HW 131*.

După alegerea componentelor necesare se proiectează circuitele electronice ale instrumentului (fig. 1) folosind software-ul numit *Fritzing*.

Etapa următoare este proiectarea elementelor componente ale instrumentelor de măsurare. Se realizează cu ajutorul software-ului *Autodesk Inventor Professional*, existând astfel posibilitatea modelării 3D a componentelor, respectiv a ansamblelor, verificând compatibilitatea elementelor.

Componentele se realizează prin imprimare 3D. Acest mod de realizare asigură, printre altele, producerea relativ ușoară a formelor tridimensionale complexe. Materia primă folosită este PLA (Polylactic acid), un polimer rigid cu structură cristalină. În cursul proiectării s-au luat în considerare

contractiile care au loc în procesul de producție. Deoarece imprimanta 3D construiește obiectul proiectat din material topit, în cursul răcirii diametrul găurilor se poate diminua chiar cu 0,5 mm.

În figura 2 este prezentat proiectul 3D al instrumentului de măsurare a rezistenței mecanice a bigurilor.

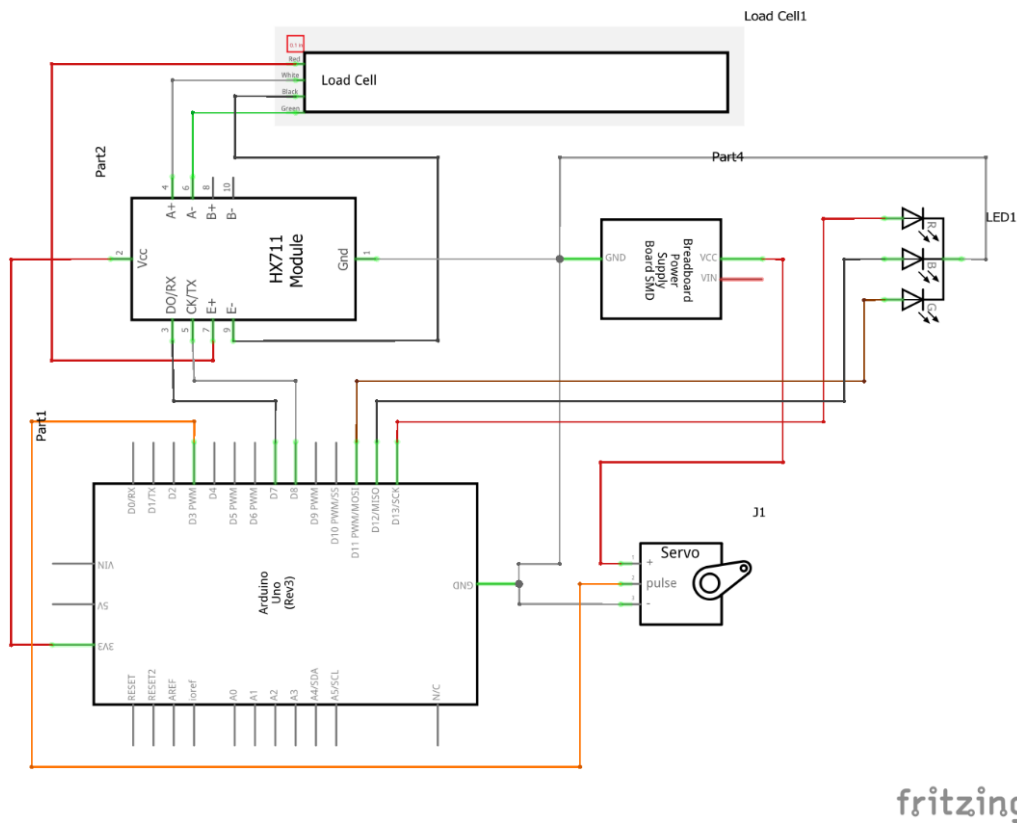


Fig. 1. Schema circuitului electronic al instrumentului de măsurare a rezistenței mecanice a bigurilor

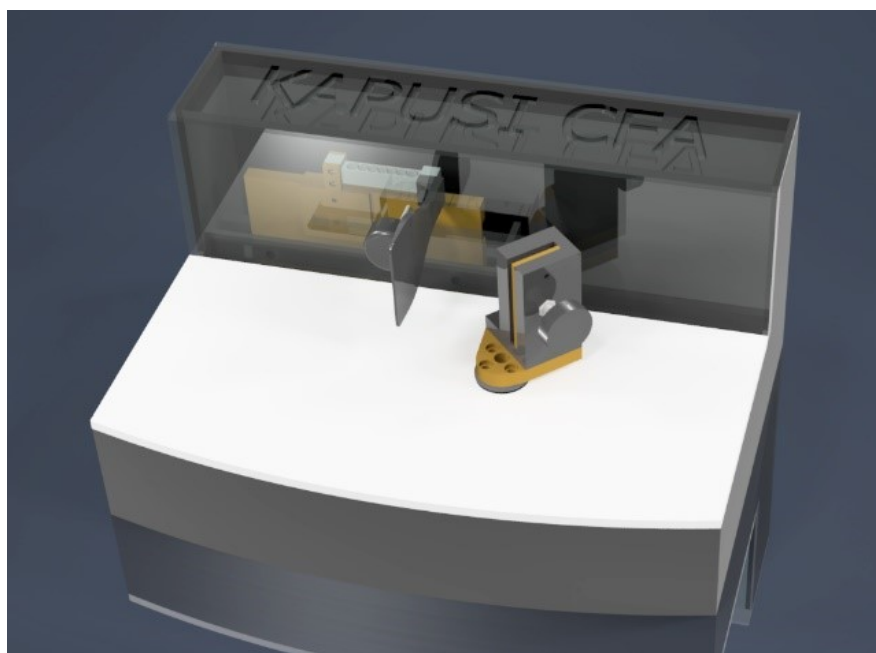


Fig. 2. Proiectul 3D al instrumentului de măsurare a rezistenței mecanice a bigurilor

Anumite componente ale ambelor instrumente (de măsurare a rezistenței mecanice a bigurilor, și respectiv, de măsurare a masei specifice) sunt realizate prin frezare cu ajutorul unei mașini CNC de precizie, de tip *Lang Impala 200LNC*. De exemplu, capacul camerei de măsurare este frezat din plexi-glass transparent de grosime de 7 mm.

Concomitent cu montarea elementelor de structură ale ansamblurilor se montează și componentele electronice (fig. 3).

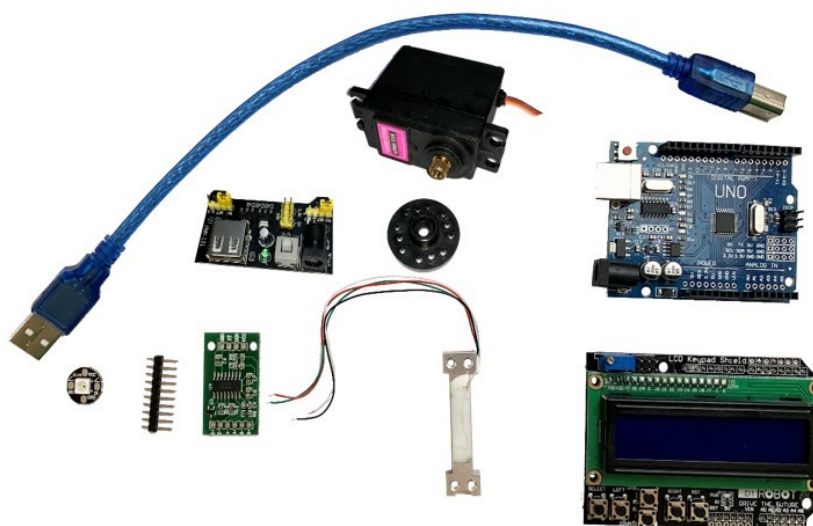


Fig. 3. Componentele electronice ale instrumentelor de măsurare

După montarea componentelor rămâne să se realizeze cablarea și încărcarea programelor pe microcontrollere, care asigură funcționarea instrumentelor, realizate în prealabil în mediul de programare *Arduino*. În fig. 4 este prezentat instrumentul de măsurare complet echipat.

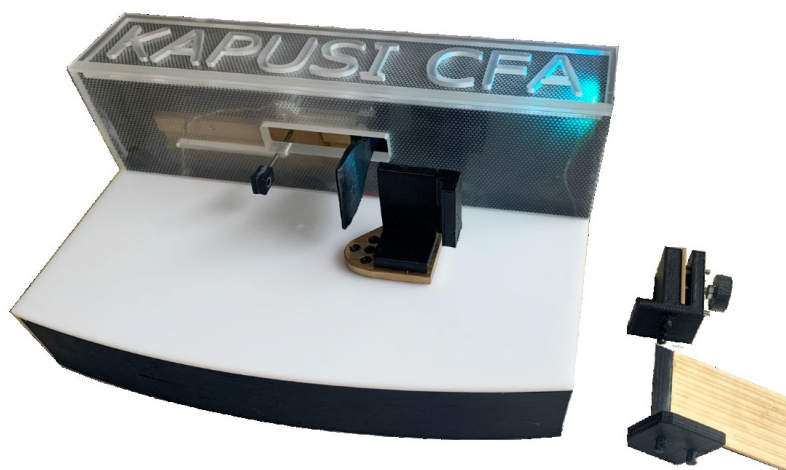


Fig. 4. Forma finală a instrumentului de măsurare a rezistenței mecanice a bigurilor

3. Calibrarea instrumentului de măsurare a rezistenței mecanice a bigurilor

În cazul calibrării instrumentului de măsurare a rezistenței mecanice a bigurilor folosim greutateți omologate de laborator (5 g, 10 g, 20 g, 50 g, respectiv 100 g), dar poziția orizontală a senzorului nu este favorabilă, motiv pentru care utilizăm un stativ construit din lemn. Cu ajutorul unui rulment micuț, montat pe stativ, forța de greutate verticală a greutateții omologate poate fi aplicată în plan orizontal cu ajutorul unui fir, rulmentul fiind pe post de scripete fără frecare. Forța măsurată de senzorul Load Cell

într-o unitate arbitrară trebuie să fie convertită în unități mN. Ecuația echilibrului mecanic poate fi exprimată prin relația (1):

$$F = G * K = m * g * K \quad (1)$$

unde: F este forța exprimată în unități arbitrare, m este masa greutateii omologate, iar constata $g = 9,81 \text{ N/kg}$ este accelerația gravitațională. Necunoscuta în ecuație este factorul K , fiind factorul de calibrare. În urma calculelor obținem:

$$K = 658,5859 \quad (2)$$

Rezistența mecanică a bigului la îndoire poate fi exprimată și în unități de moment al forței, fiind produsul vectorial dintre forța și brațul forței. Din configurația instrumentului de măsurare, forța este perpendiculară pe brațul forței și ecuația în forma scalară este:

$$M = F * l \quad (3)$$

La proiectarea instrumentului de măsurare s-a avut în vedere ca brațul forței să fie $l = 20 \text{ mm}$.

În vederea calibrării instrumentului de măsurare a rezistenței mecanice a bigurilor s-au utilizat 5 tipuri diferite de cutii de carton de medicamente, și anume: cutie Anghiro, cutie Bioflu, cutie Bixtonim Xylo, cutie Devaricid și cutie Hepaprotect Regenerator Forte. În cazul fiecărui ambalaj menționat anterior s-au prelevat 10 mostre din același lot de fabricație cu dimensiunea de 28 mm, perpendicular pe clapetuța de lipire, din aceeași zonă a cutiei (fig. 5).

Cu ajutorul instrumentului de măsurare calibrat s-a măsurat rezistența la deschidere (formare) a cutiilor în condițiile unei viteze de deschidere constantă, în intervalul unghiular $0^\circ - 90^\circ$. S-a reprezentat grafic momentul forței de formare individual în cazul fiecărui ambalaj (fig. 6) și s-a determinat media valorilor maxime, exprimată în mNm (tabelul 1).

S-a ales ca proprietate relevantă valoarea maximă a momentului forței de formare deoarece caracterizează cel mai bine calitatea bigurilor cartoanelor și determină comportamentul cutiilor pe liniile de ambalare automată a medicamentelor. Cu cât momentul forței de formare este mai mic, cu atât mașinile de ambalare pot fi rulate la viteze mai mari.



Fig. 5. Mostre de cutii prelevate

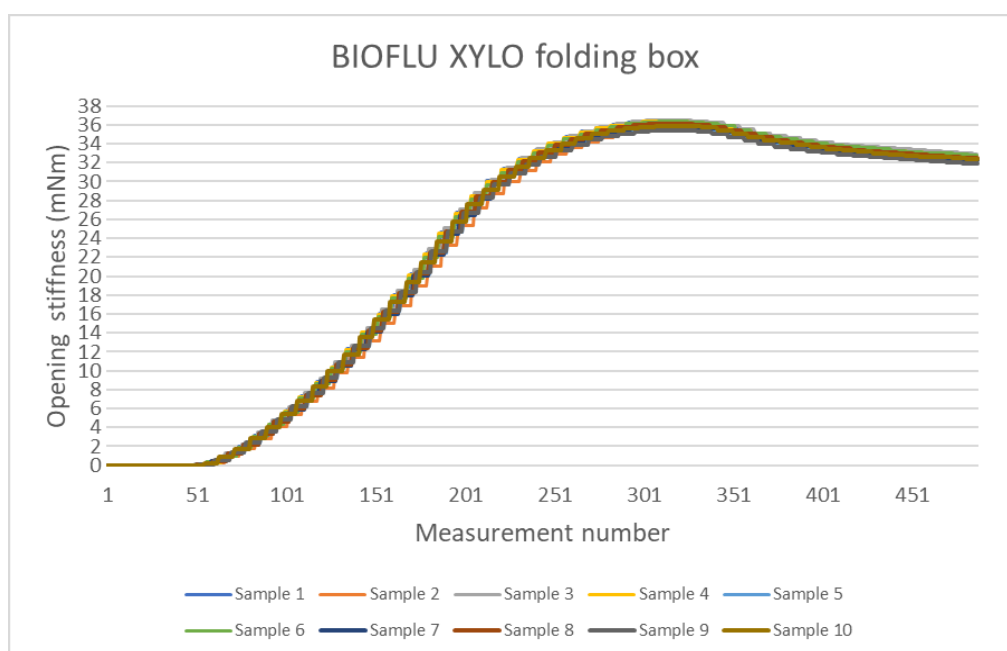


Fig. 6. Variația momentului forței de formare

Tabelul 1. Rezultatul măsurătorilor momentului forței de formare

Tip cutie	Gramaj (GSM)	Rezistență mecanică la deschidere (mNm)				
		Mostra 1	Mostra 2	Mostra 3	Mostra 4	Mostra 5
Cutie Anghirol	245	36,09	36,69	36,06	36,11	37,36
Cutie Bioflu	245	36,45	35,55	36,51	36,36	35,68
Cutie Bixtonim Xylo	255	40,75	41,52	41,94	40,07	41,08
Cutie Devaricid	245	35,52	36,05	35,78	35,02	36,28
Cutie Hepatoprotect	245	36,43	36,78	36,37	37,3	36,84

Rezistență mecanică la deschidere (mNm)						Deviația standard
Mostra 6	Mostra 7	Mostra 8	Mostra 9	Mostra 10	Medie	
35,27	37,47	35,26	35,60	35,99	36,189	0,774
36,36	35,89	36,09	35,39	35,87	36,015	0,399
40,11	40,68	41,01	42,29	41,05	41,050	0,717
35,11	35,60	35,20	34,66	34,92	35,414	0,519
37,65	36,58	36,88	36,98	36,06	36,787	0,463

În cadrul mostrelor de cutii măsurate, provenite din același lot de fabricație, s-a constatat că rezultatul măsurătorilor se încadrează în marja de $\pm 2\%$. Pe graficul din fig. 6 se observă curba aferentă măsurătorilor efectuate pe cutiile de Bioflu Xylo. Forma curbelor este identică pentru toate celelalte cutii studiate, doar valorile maximelor diferă.

4. Concluzii

În lucrare s-a prezentat succint modul de realizare la costuri scăzute a două instrumente de măsurare a caracteristicilor fizice a materiilor prime pentru fabricarea ambalajelor de tip cutii de medicamente. Instrumentele au fost proiectate pentru măsurarea masei specifice a cartoanelor, respectiv pentru măsurarea rezistenței mecanice la îndoire a bigurilor. Ambele instrumente realizate au fost calibrate și utilizate pentru determinări experimentale.

Din studierea rezultatelor măsurătorilor s-a observat că momentul forței de formare a cutiilor, folosind mostre prelevate de aceeași lungime, nu depinde de grosimea și lățimea cutiilor, ci doar de calitatea cartonului și a bigurilor.

Curbele diagramei arată o creștere aproape liniară a momentului forței de formare cu unghiul de formare în prima parte a formării. La unghiul de formare de 90° se ajunge la un maxim al curbei; se constată că acesta este unghiul la care se oprește formarea cutiei. Porțiunea curbei diagramei de după maxim arată relaxarea momentului forței de rezistență. Este o dovadă a faptului că la momentul formării cutiei rezistența acesteia este mai mare, iar după oprirea de formării există o relaxare. Relaxarea se explică prin rearanjarea parțială a fibrelor în structura cartonului. Fenomenul este similar cu deformarea plastică studiată în domeniul fizicii.

Instrumentul de măsurare oferă posibilitatea măsurătorilor comparative în următoarele situații:

- compararea aceluiași ambalaj produs din cartoane diferite;
- compararea aceluiași ambalaj produs din același carton, dar cu componente de ștanțare diferite (baghete de contrabig, pertinax sau placă de tăiere frezată).

8. Bibliografie

- [1] * * * [Standardul ISO 536, ediția a 4-a, 11-2019](#)
- [2] * * * [Standardul ISO 186, ediția a 4-a, 03-2002](#)
- [3] * * * [Standardul ISO 187, ediția a 2-a, 12-1990](#)
- [4] * * * [Wikipedia – “Grammage”](#)
- [5] T. Kitagawa, S. Ohyoshi, Y. Ushijima, all of Mishina, Japan, „Load cell weighing apparatus”, United States Patent, Feb. 23, 1988.
- [6] * * * [Arduino webpage](#)
- [7] R. Shih, „Learning Autodesk Inventor 2019”, 07.2018.
- [8] Tutorial books, „Autodesk Inventor 2019 for Beginners: Part Modeling, Assemblies, and Drawings”, 20.11.2018.
- [9] B. Garret, B. Redwood, F. Schöffner, „The 3D Printing Handbook: Technologies, Design and Applications”, 2017.
- [10] N. Kloski, L.W. Kloski, „Getting Started with 3D Printing: A Hands-on Guide to the Hardware”, Software, 26.04.2016.
- [11] J. Horvath „Mastering 3D Printing”, 2014.
- [12] S. Monk, Programming Arduino: Getting Started with Sketches, 08.11.2011.
- [13] M. Geddens, „Arduino Project Handbook: 25 Practical Projects to Get You Started”, 06.01.2016.
- [14] * * * [HX711 Datasheet, 24-Bit Analog-to-Digital Converter](#)
- [15] C. Rattat, CNC Milling for Makers: Basics - Techniques – Applications, 2017.
- [16] A. Tunyagi, K. Kandrai, Z. Fülöp, Z. Kapusi, A. Simon, „Friction coefficient determination by electrical resistance measurements” - Phys. Educ. 53, 2018.
- [17] Z. Kapusi, „Experimental stand for determining some characteristics of printing substrates”- Revista “Inginerie Industrială”, 2020.