

Вимірювання опору роздиранню паперу і картону

Г.К. Ленюк, к.т.н., АТ «Інститут паперу», м. Київ

Опір роздиранню — це зусилля, яке необхідне для роздирання попередньо надрізаного зразка паперу (волокнистого напівфабрикату, картону) [1], виражене у міліньютонках. Зусилля утворюється за допомогою маятника під час переміщення його перпендикулярно площині випробного зразка. Оскільки деформація роздирання паперу та картону маловивчена, важливо розглянути особливості механізму їхнього руйнування, щоб довести наявність лінійної кореляції опору роздиранню та опору розриву [2] під час розтягування зразків.

У з'єднаннях, що працюють на зріз, зазвичай одночасно навантажується вся робоча площа, між тим під час роздирання навантажується тільки передня кромка площини зрізу, а після її руйнації навантажуються і руйнуються послідовно всі інші кромки лінії зрізу.

Під час огляду зруйнованого зразка спостерігаються вирвані волокна по всій поверхні зрізу і відхилення поверхні зрізу від її первинного напрямку, а стандартом [1] передбачається відхилення напрямку лінії роздирання від напрямку лінії надрізу до 10 мм.

Пояснюється це особливістю конструкції приладу, що сприяє деформуванню зразка безпосередньо біля лінії надрізу, зміною напрямку лінії навантаження у площині дії маятника з його поворотом та неоднорідністю волокнистої структури на кромці розриву.

Теоретично з переміщенням кромки, що руйнується, змінюється базис простору, а це пов'язане з поворотом (необов'язково синхронним) координатних осей зразка і свідчить про зміну умов навантаження стосовно напрямку дії зусилля і лінії роздирання.

Наприклад, якщо в умовах ортонормованого базису $e_1 = (1;0)$, $e_2 = (0;1)$ узяти за базис вектори $e_1^1 = (1;2)$, $e_2^1 = (-1;3)$

з матрицею перетворення $b = \begin{pmatrix} 1 & -1 \\ 2 & 3 \end{pmatrix}$, то $b^{-1} = \frac{1}{5} \begin{pmatrix} 3 & 1 \\ -2 & 1 \end{pmatrix}$ і координати, приміром, вектора $X(3;4)$ у новій системі координат будуть:

$$\begin{pmatrix} X_1^1 \\ X_2^1 \end{pmatrix} = \frac{1}{5} \begin{pmatrix} 3 & 1 \\ -2 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 3 \\ 4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{13}{5} \\ -\frac{2}{5} \end{pmatrix}. \quad (1)$$

З іншого боку, того ж результату можна досягнути умовним поворотом на зразку осей $e_1^1 = (\cos \varphi; \sin \varphi)$, $e_2^1 = (-\sin \alpha; \cos \alpha)$ з матрицею перетворення:

$$b = \begin{pmatrix} \cos \varphi & -\sin \alpha \\ \sin \varphi & \cos \alpha \end{pmatrix}.$$

Тоді:

$$b^{-1} = \frac{1}{\cos(\varphi - \alpha)} \begin{pmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha \\ -\sin \varphi & \cos \varphi \end{pmatrix};$$



Таблиця 1.

Залежність R^* від N , обчислена за методом [3]

Найменування матеріалу	Зусилля розриву N , Н	Опір роздиранню R , мН	Уточнений результат $R^* = \frac{N-a}{b+1}$, мН	Абсолютна різниця $(R^* - R)$, мН	Відносна похибка δ , %
Папір №1	68,2	536,6	539,8	3,2	0,60
Папір № 4	83,0	627,8	583,1	-44,7	-7,10
Картон 200	196,4	872,7	915,5	42,8	4,90
Картон 290	326,1	1 294,9	1 295,5	0,6	0,05
Картон 330	351,6	1 318,5	1 370,3	51,8	3,90
Картон 350	374,5	1 491,1	1 437,4	-53,7	-3,60

* Відповідно до [3], $a = -115,996$; $b = -0,6588$



Таблиця 2.
Значення R*, обчислені за (3)
відповідно до N

Зусилля розриву N, Н	Опір роздиранню R*, мН	Зусилля розриву N, Н	Опір роздиранню R*, мН
70	545,1	220	984,6
75	512,5	225	999,2
80	574,4	230	1 013,9
85	535,5	235	1 028,6
90	603,7	240	1 043,2
95	618,4	245	1 057,8
100	633,0	250	1 072,5
105	647,6	255	1 087,2
110	662,3	260	1 101,8
115	676,9	265	1 116,4
120	691,6	270	1 131,1
125	706,2	275	1 145,8
130	720,9	280	1 160,4
135	735,6	285	1 175,0
140	750,2	290	1 189,7
145	764,8	295	1 204,4
150	779,5	300	1 219,0
155	794,2	305	1 233,6
160	808,8	310	1 248,3
165	823,4	315	1 263,0
170	838,1	320	1 277,6
175	852,8	325	1 292,2
180	867,4	330	1 306,9
185	882,0	335	1 321,6
190	896,7	340	1 336,2
195	911,4	345	1 350,8
200	926,0	350	1 365,5
205	811,5	355	1 380,2
210	955,3	360	1 394,8
215	970,0	365	1 409,4

Первая польская система детектирования клея при производстве упаковки из бумаги

DUO 2008

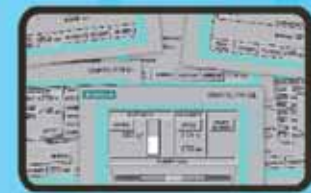


Упаковка на производственной машине после склеивания и детектирования полосы клея
Постоянный контроль обеспечивает оптимальную скорость склеивания

Усилитель сигнала



Панель управления



- простая калибровка и легкое обслуживание
- быстрая готовность к работе
- простой способ изменения параметров и записи в памяти системы
- надежность в различных условиях работы
- 100 % обнаружения и исключения брака
- система детектирования является необходимым элементом технологии производственного процесса

Усилитель сигнала с фотоэлектрическим датчиком



Коммерческое бюро DUO Тадеуш Косиньски
71-426, Щецин, ул. Тувима, 10
Тел. +48 91 422 83 14, сотовый тел. +48 502 553 820

t.kosinski@bhduo.pl
t.kosinski@whleary.pl
с сертификатом CE

$$\begin{pmatrix} X_1' \\ X_2' \end{pmatrix} = \frac{1}{\cos\left(\arctg 2 - \arctg \frac{1}{3}\right)} \begin{pmatrix} \cos \arctg \frac{1}{3} & \sin \arctg \frac{1}{3} \\ -\sin \arctg 2 & \cos \arctg 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 3 \\ 4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5,8138 \\ -1,2649 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{13}{5}\sqrt{1+4} \\ -\frac{2}{5}\sqrt{1+9} \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Поворот осей доречно розглядати динамічним у часі, що закінчується одночасно з руйнацією зразка.

Оцінюючи здатність зразка чинити опір роздиранню і враховуючи ту обставину, що практично в дії знаходиться постійно передня кромка лінії зрізу, неважко дійти висновку

про пряму залежність опору роздиранню від міцності волокон та їхнього зв'язку у кромці лінії зрізу.

З ростом маси і товщини зразка збільшується число волокон у кромці, а отже, і величина опору роздиранню. Проте існують певні види паперу і картону з відносно невеликою масою 1 м² та товщиною, але з міцною системою міжволоконних зв'язків і, як наслідок, великим опором роздиранню.

Опір розриву під час розтягування [2] також визначається виключно міцністю волокон зразка і їхнього зв'язку. Отже, можна припустити існування лінійної кореляції опору роздиранню і опору розриву.

За результатами експериментальних досліджень опору розриву і опору роздиранню паперу і картону у машинному напрямку обчислена за методом [3] залежність опору роздиранню від опору розриву (табл. 1).



RIV-PACK

Revival RMC
paper products

Поставщик бумажной продукции для HORECA и фастфудов с логотипом заказчика:

салфетки (бумажные, косметические, из нетканых материалов), пакеты (с плоским дном, с окном, для кур-гриль, гигиенические пакеты из комбинированных материалов, уголки, бир-паки, под чай/кофе, с прямоугольным дном, с бумажными плоскими и кручеными ручками), влагожиронепроницаемая, парафинированная оберточная и упаковочная бумага, бумажные скатерти, подложки и т. д.

**Вся бумажная продукция
производится из 100% целлюлозы**



На рынке с 1994 года
Российская производственная компания

Рив-Пак

109147, Россия

Москва, ул. Воронцовская, 41

Тел.: +7 (495) 911 3163

Факс: +7 (495) 911 3163

E-mail: info@revival-rmc.com

Web: www.revival-rmc.com

Слід зазначити, що метод коригує дані N , незалежно від їхнього характеру, на лінійну складову таким чином, щоб різниця скоригованих значень R^* і даних R була мінімальною. Результати обчислення за формулою уточненого результату:

$$R^* = \frac{N-a}{b+1} = -\frac{a}{b+1} + \frac{1}{b+1}N = 340,0 + 2,93N, \quad (3)$$

підтверджують припущення щодо існування лінійної кореляції опору розриву і опору роздиранню і дозволяють визначити зв'язок між ними у вигляді функції.

Для зручного використання отриманої інформації експрес-методом в табл. 2 наведені відповідні значення опору розриву і опору роздиранню, обчислені за формулою (3).

Наявність у формулі (3) сталої, що має велике значення (340,0) припускає існування інших чинників, що не розглянуті у статті, але впливають на опір роздиранню. Тим не менш табл. 2 дає можливість оперативно визначити опір роздиранню паперу і картону за відповідними значеннями опору розриву з похибкою, що не перевищує $\pm 7\%$.

Література

1. ДСТУ 3368-96 (ГОСТ 13525.3-97) (ISO 1974-90) Напівфабрикати волокнисті та папір. Метод визначення опору роздиранню.
2. ДСТУ 2334-94 (ГОСТ ИСО 1924/1-96) Папір та картон. Визначення міцності під час розтягування. — Частина 1. Метод навантажування з постійною швидкістю.
3. *Ленюк Г.К.* Усунення лінійних систематичних похибок з результатів вимірювань // Український метрологічний журнал. — 2007. — № 4. — С. 53–54. ✓

Измерение сопротивления раздиранию бумаги и картона

Г.К. Ленюк, к.т.н.

В статье рассмотрен механизм разрушения бумаги и картона раздиранием и сделан вывод о линейной корреляции сопротивления раздиранию и сопротивления разрыву при растяжении бумажных и картонных образцов.

Ключевые слова: разрушение; раздирание; разрыв; растяжение; бумага; картон.

The measurement of tearing resistance for paper and board

G.K. Lenyuk, Ph.D.

The mechanism of paper and board destruction by tearing is considered and the conclusion about linear correlation of tearing resistance and tensile strength indices during elongation of paper and board test pieces is proposed.

Key words: paper; board; destruction by tearing; strength.

