

Пристрій для калібрування машин для термозварювання

С.О. Грудзинський¹, В.М. Одноралов²

¹ Відкрите акціонерне товариство "SELMI", вул. Данила Галицького, 68А, 40009, Суми, Україна
grserg56@ukr.net

² Державне підприємство "Полтавський регіональний науково-технічний центр стандартизації, метрології та сертифікації", Сумська філія, вул. Харківська, 101, 40007, Суми, Україна
vodnoralov@gcsms.com.ua

Анотація

Технології термозварювання пластмас передбачають вимірювання та підтримання певних значень трьох фізичних величин: температура, притискна сила та час витримки виробу під навантаженням.

У статті розглядається розроблений та досліджений новий пристрій для калібрування машин для термозварювання плівки з термопластичних матеріалів за притисковою силою. Новий пристрій забезпечує калібрування різних типів машин із робочим зазором від 13 мм.

Калібрування самого пристрою здійснювалося методом навантаження гирями за допомогою спеціального пристосування.

Також було досліджено роботу суматора плати контролера, який дозволяє контролювати силову характеристику машин для термозварювання у випадку нерівномірного розподілу сили та неідеальної геометричної форми притискних елементів.

Показано, що новий пристрій дозволяє контролювати одну з основних характеристик машин для термозварювання різних конструкцій та виробників. Цей пристрій дозволив періодично контролювати фактичне значення притискової сили активного елемента машини при реалізації технологічного процесу зварювання.

Якщо в конкретній моделі машини вимірюваною величиною є тиск у пневмосистемі замість притискової сили, то при первинному калібруванні складається градувальна характеристика залежності притискової сили від тиску в пневмосистемі, а надалі контролюється її стабільність.

Ключові слова: пристрій; притискна сила; тиск; калібрування; машина термозварювання; робочий зазор.

Отримано: 23.10.2024

Відредаговано: 21.11.2024

Схвалено до друку: 27.11.2024

Вступ

При виробництві різноманітного пакування (пакели, блістери, мішки тощо) з полімерних матеріалів застосовується обладнання для термозварювання окремих елементів пакування. Технологія термозварювання передбачає вимірювання та підтримання певних значень трьох фізичних величин: температура, притискна сила та час витримки виробу під навантаженням [1].

На рис. 1 зображено таку машину для термозварювання.

Якщо підтвердження метрологічних характеристик вимірювальних каналів температури та інтервалу часу не викликає особливих труднощів, то контроль притискової сили машини вимагає наявності відповідних еталонних засобів вимірювання сили, які потрібно розмістити в робочому зазорі машини величиною 15–25 мм із розподіленою довжиною до 300 мм (рис. 2).

1. Опис проблеми

У вісімдесяти роки минулого сторіччя вимоги до точності підтримання притискової сили при термічному зварюванні пластмас взагалі не нормувалися, хоча вимоги до самих матеріалів уже було визначено. В деяких нормативних документах було вказано, що значення притискової сили забезпечується масою притискного елемента машини (ролика) при термозварюванні поліетиленової плівки. Для більш серйозних об'єктів, таких як нафтогазові пластикові труби, похибку відтворення величини притискової сили було встановлено в розмірі 1/3 величини самої сили. За останні роки вимоги до точності технологічних процесів термічного зварювання пластмас суттєво підвищилися, зокрема в фармацевтичній промисловості, у зв'язку із впровадженням системи належної виробничої практики (GMP). Ця система вимагає сертифікації

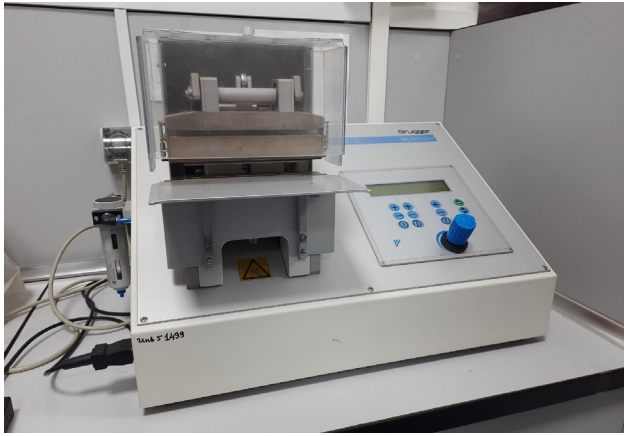


Рис. 1. Машина для термозварювання HSG-C

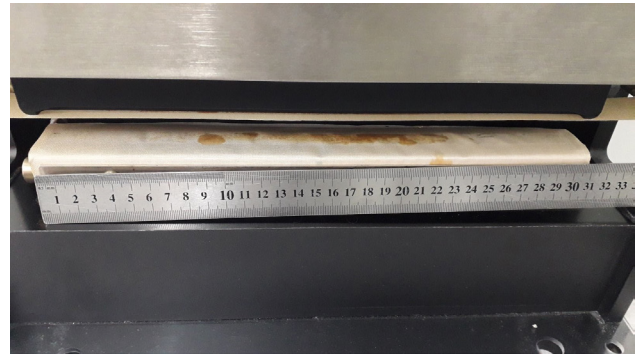


Рис. 2. Робочий орган машини для термозварювання

підприємств, що виробляють пакування для ліків, згідно з вимогами міжнародного стандарту ISO 15378 [2]. Відповідно, стали більш жорсткими і вимоги до пластикових матеріалів [3]. Це знайшло відображення і в характеристиках самого технологічного обладнання. Наприклад, похибка відтворення величини притисної сили машини для термозварювання HSG-C становить $\pm(10\text{H}+0,5\%P)$, де P – величина притисної сили (H) [4]. Контроль параметрів процесу термозварювання та їх вплив на якість отриманого шву наразі вже стали об'єктом серйозних наукових досліджень [5, 6].

Основною проблемою контролю силової характеристики машин для термозварювання було те, що авторам був відомий лише один комплект засобів калібрування, розроблений фірмою Brugger Feinmechanik GmbH та призначений для калібрування саме машин серії HSG-C цієї ж фірми. До комплекту входить тензодавач із вторинним приладом, зображеним на рис. 3.

Як видно з рисунка, цей пристрій має великі розміри та потребує демонтажу нижньої притисної пластини. На підприємствах із випуску пакування знаходяться в експлуатації

машини різних виробників і, відповідно, відмінних конструктивних рішень робочого органу. Для калібрування такого розмаїття обладнання виникла потреба в універсальному пристрої, який міг би використовуватися на обладнанні різних виробників. Цей пристрій повинен мати такі розміри, щоб його можна було розмістити в робочому зазорі будь-якої машини. Також цей пристрій має враховувати вплив форми контактного елемента притисного механізму машини.

2. Розв'язання проблеми

Проект пристрою

Авторами було розроблено та досліджено експериментальний зразок пристрою для калібрування машин для термозварювання за притисною силою, висота якого становить 13 мм. Блок-схему пристрою зображено на рис. 4.

Як тензодавачі були використані напівмостові давачі фірми Etesbee. Розміри $34 \times 34 \times 8$ мм, маса 20 г, верхня межа вимірювання 50 кг. Головним критерієм вибору тензодавачів була мінімальна висота. До складу плати контролера НТР-Х2016-V1 входять аналого-цифровий перетворювач, програмований підсилювач та суматор.

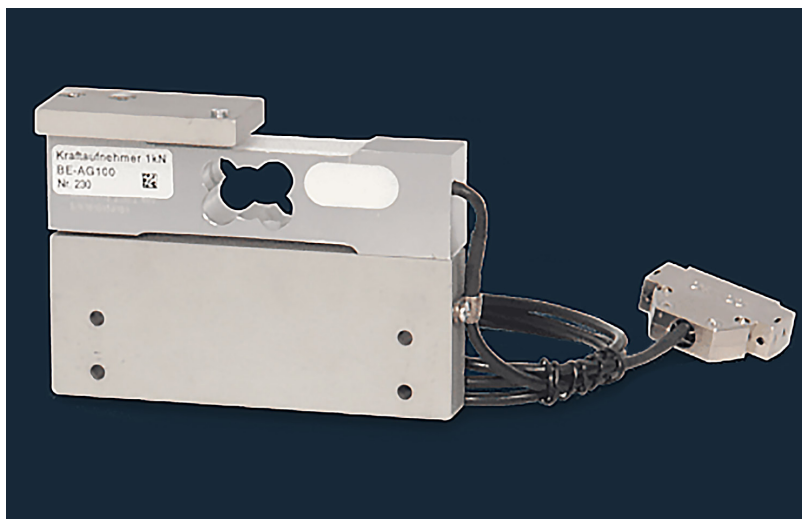


Рис. 3. Тензодавач фірми Brugger Feinmechanik GmbH

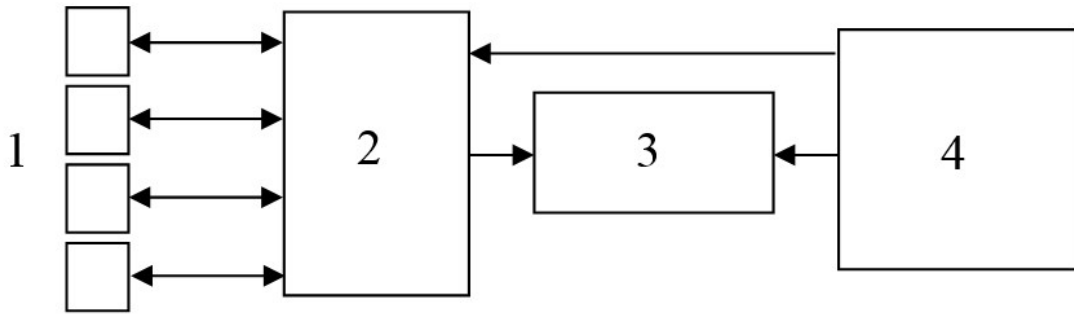


Рис. 4. Блок-схема пристрою для калібрування машин для термозварювання: 1 – тензодавачі; 2 – плата контролера; 3 – блок індикації; 4 – блок живлення

Живлення пристрою від батарейки-пігулки з номінальною напругою 3 В. Блок індикації 4½-розрядний. Тензодавачі були змонтовані на алюмінієвому кутику, виставлені по горизонталі з максимальним відхиленням 0,05 мм. На чутливі елементи були наклеєні вагоприймальні шайби для вирівнювання навантаження.

На рис. 5 зображено дослідний зразок пристрою для калібрування.

Така конструкція силовимірювального пристрою, на думку авторів, спроможна не тільки виміряти безпосередньо притискну силу, але

і врахувати нерівномірність розподілу цієї сили вздовж робочого елемента машини.

Дослідження пристрою

Дослідження зразка пристрою для калібрування відбувалося методом навантаження еталонними гирями класу точності М1 у діапазоні вимірювання від 20 до 100 кг. Для навантаження пристрою було виготовлено спеціальне пристосування, зображене на рис. 6.

У табл. 1 наведені результати дослідження основної метрологічної характеристики пристрою.

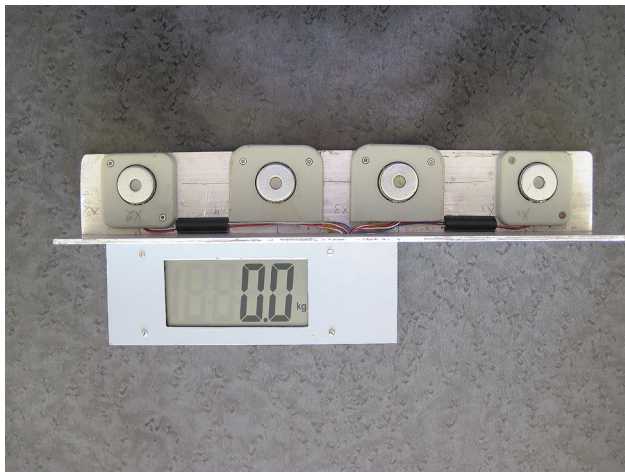


Рис. 5. Дослідний зразок пристрою для калібрування



Рис. 6. Схема навантаження пристрою для калібрування

Таблиця 1

Результати дослідження

№ п/п		Навантаження, кг					
		0	20	40	60	80	100
1	Покази пристрою, кг	0	19,9	39,7	59,3	78,8	98,2
2		0	19,9	39,7	59,3	78,8	98,2
3		0	19,9	39,7	59,3	78,8	98,2
4		0	19,9	39,7	59,3	78,8	98,2
5		0	19,9	39,7	59,3	78,8	98,2
Серед. ариф., кг		0	19,9	39,7	59,3	78,8	98,2
Поправка, кг		0	+0,1	+0,3	+0,7	+1,2	+1,8

Примітка: маса підвіски для накладання гир – 3,80 кг; маса пристрою для калібрування – 0,90 кг. Плата контролера має функцію автоматичної компенсації маси тари до 10% верхньої межі вимірювання.

Бюджет невизначеностей

Вхідна величина	Оцінка вхідної величини, Н	Стандартна невизначеність, кг	Розподіл ймовірностей	Коефіцієнт впливу, м/с ²	Внесок у невизначеність, Н
F_o	981,10	0,0	Нормальний	9,8110	0,00
Δ_e	0	0,005	Нормальний	9,8110	0,05
Δ_o	0	0,05/ $\sqrt{3}$	Рівномірний	9,8110	0,28
Δ_d	0	0,002	Рівномірний	9,8110	0,02
F	963,44	0,285	$U = k \cdot u(F) \quad p=0,95; \quad k(p)=1,65$ $\Delta F=936,44-981,10 = -17,66 \text{ Н}$		

Примітка: Δ_e – складова, обумовлена невизначеністю еталонних гир класу М1; Δ_o – складова, обумовлена найменшим розрядом індикатора пристрою; Δ_d – складова, обумовлена дрейфом метрологічних характеристик еталонних гир з моменту останнього калібрування.

За результатами дослідження виявилось, що пристрій має суттєві відхилення, але внаслідок стабільності їх можна врахувати як поправки до результатів спостереження. У проміжних точках діапазону вимірювання значення поправки можна розрахувати методом лінійної інтерполяції.

Значення сили F , що відтворюється гирями, визначається за формулою (1):

$$F = g \sum m_i, \quad (1)$$

де m_i – маса однієї гирі класу М1, кг;

g – прискорення вільного падіння. У місті Суми ця величина дорівнює 9,8110 м/с².

У табл. 2 наведено бюджет невизначеностей при калібруванні пристрою.

Складову, пов'язану із невизначеністю табличного значення прискорення сили тяжіння в м. Суми, можна не враховувати з огляду на її малу величину.

Сумарна невизначеність u оцінюється за формулою (2):

$$u = \sqrt{0,00^2 + 0,05^2 + 0,28^2 + 0,02^2} = 0,285 \text{ Н}. \quad (2)$$

Оскільки визначальна складова сумарної невизначеності має рівномірний закон розподілу, то розширена невизначеність U дорівнює (формула (3)):

$$U = 0,285 \cdot 1,65 = 0,47 \approx 0,5 \text{ Н}. \quad (3)$$

Оцінка розширеної невизначеності в інших точках діапазону вимірювання пристрою, як видно з бюджету невизначеностей, буде така сама.

У процесі досліджень зазначеного пристрою також було проведено визначення зміни його показів за нижченаведених умов:

1. Точка прикладання навантаження підвіски зміщала від центрального положення на 100 мм в один та другий бік.

2. На вантажоприймальні шайби тензодавачів накладалися дві додаткові шайби з метою розподілити все навантаження на два крайні тензодавачі або на два середніх.

Це було зроблено для дослідження функціонування суматора плати контролера при нерівномірному навантаженні або при певних геометричних відхиленнях робочих елементів машин.

В усіх варіантах не було виявлено змін показів пристрою, що свідчить про правильну роботу суматора плати контролера.

За допомогою зазначеного пристрою було проведено дослідження метрологічних характеристик машин для термозварювання типу HSG-C фірми Brugger Feinmechanik GmbH (Німеччина) на ТОВ "ТЕХНОЛОГІЯ" та типу 12-AS/1 фірми Sencor White Ltd. (США) на ТОВ "ГУАЛАПАК" у м. Суми. Результати дослідження підтвердили заявлені характеристики машин стосовно точності відтворення притискної сили. Якщо в конкретній моделі машини вимірюваною величиною є тиск у пневмосистемі замість притискної сили, то при первинному калібруванні складається градувальна характеристика залежності притискної сили від тиску в пневмосистемі, а надалі контролюється її стабільність.

Висновки

1. Сучасні технології виготовлення пакувальних матеріалів вимагають точного контролю параметрів технологічного процесу, особливо при застосуванні пакування в таких важливих галузях, як фармацевтична та харчова промисловість. Впровадження на сучасних підприємствах систем управління з використанням настанов доброчинної виробничої (GMP) та лабораторної (GLP) практик ставить задачу ретельного контролю характеристик технологічного та випробувального обладнання.

2. Створений авторами зразок універсального пристрою для калібрування машин для термозварювання за величиною притискної сили дозволяє контролювати метрологічні характеристики обладнання різних виробників з відмінними технологічними та конструктивними характеристиками.

3. Дослідження створеного зразка показали його придатність для використання як еталонного засобу вимірювання для визначення метрологічних характеристик різноманітних машин для термозварювання за величиною притискної сили.

Device for calibration of hot air welding machines

S. Grudzinsky¹, V. Odnoralov²

¹ Open joint-stock company "SELMI", Danyla Galitsky Str., 68A, 40009, Sumy, Ukraine
grserg56@ukr.net

² State enterprise "Poltava regional scientific and technical centre of standardization, metrology and certification", Sumy branch, Kharkivska Str., 101, 40007, Sumy, Ukraine
vodnoralov@gcsms.com.ua

Abstract

Plastics hot air welding techniques involve measuring and maintaining certain values of three physical quantities: temperature, clamping force and the dwell time of the product under load.

Technical regulations of the last century do not specify the clamping force value. The value was kept by the mass of the active element of the technology equipment only.

The paper considers the newly developed and studied device for calibration of hot air welding machines by clamping force. The device provides calibration of various types of machines with an operating gap of 13 mm and more.

The calibration device itself was calibrated by the method of loading with standard weights using a special device. The functioning of the controller board adder was also studied, which allowed controlling the clamping force characteristics of hot air welding machines in case of inhomogeneous distribution of force and non-ideal geometric shape of clamping elements.

It is shown that the new device allows controlling one of the main characteristics of hot air welding machines of various designs and manufacturers. The device made it possible to periodically control the actual value of the clamping force of the active element of the machine during the technological process realization.

If in a specific model of the machine the measured value is the pressure in the pneumatic system instead of the clamping force, then during the initial calibration the clamping force against the pressure in the pneumatic system matrixes is generated, and its stability is then controlled.

Keywords: device; clamping force; pressure; calibration; hot air welding machine; operating gap.

Список літератури

1. ASTM F2029-16. Standard Practices for Making Laboratory Heat Seals for Determination of Heat Sealability of Flexible Barrier Materials as Measured by Seal Strength.
2. ДСТУ ISO 15378:2019 (ISO 15378:2017, IDT). Матеріали первинні пакувальні на лікарські засоби. Окремі вимоги щодо застосування ISO 9001:2015 з урахуванням належної виробничої практики (GMP).
3. ДСТУ 7275:2012. Пакети з полімерних та комбінованих матеріалів. Загальні технічні умови.
4. Heat-Sealing Machine HSG-CC. URL: https://brugger-feinmechanik.com/wp-content/uploads/2023/08/HSG-CC-Factsheet-_EN.pdf
5. Planes E., Marouani S., Flandin L. Optimizing the heat sealing parameters of multilayers polymeric films. *Journal of Materials Science*, 2011, vol. 46(18), pp. 5948–5958. doi: <https://doi.org/10.1007/s10853-011-5550-4>
6. Gellerich P.A., Majschak E.-P. A new characterization approach for heat sealing of polymer packaging films identifying optimum sealing parameters using Pareto-based trade-off analysis. *Journal of Applied Polymer Science*, 2022, vol. 139(44). doi: <https://doi.org/10.1002/app.53094>

References

1. ASTM F2029-16. Standard Practices for Making Laboratory Heat Seals for Determination of Heat Sealability of Flexible Barrier Materials as Measured by Seal Strength.
2. DSTU ISO 15378:2019 (ISO 15378:2017, IDT). Primary packaging materials for medicinal products. Specific requirements for the application of ISO 9001:2015, taking into account good manufacturing practices (GMP) (in Ukrainian).
3. DSTU 7275:2012. Packages from polymer and combined materials. General specifications (in Ukrainian).
4. Heat-Sealing Machine HSG-CC. URL: https://brugger-feinmechanik.com/wp-content/uploads/2023/08/HSG-CC-Factsheet-_EN.pdf
5. Planes E., Marouani S., Flandin L. Optimizing the heat sealing parameters of multilayers polymeric films. *Journal of Materials Science*, 2011, vol. 46(18), pp. 5948–5958. doi: <https://doi.org/10.1007/s10853-011-5550-4>
6. Gellerich P.A., Majschak E.-P. A new characterization approach for heat sealing of polymer packaging films identifying optimum sealing parameters using Pareto-based trade-off analysis. *Journal of Applied Polymer Science*, 2022, vol. 139(44). doi: <https://doi.org/10.1002/app.53094>