

5. Хобин, В. А. Системы гарантирующего управления технологическими агрегатами: основы теории, практика применения [Текст] / В. А. Хобин. – Одесса : ТЭС, 2008. – 306 с.

Отримано 15.03.2009. ХДУХТ, Харків.

© С.О. Воїнова, 2009.

УДК 621.798.147:664.004.3

О.В. Вагренко, канд. техн. наук, доц. (ОНАХТ, Одеса)

ПЕРЕВІРКА СТІЙКОСТІ ПОЛЯ КРИШОК ТИПУ III-82

Розглянуто питання стійкості поля кришок типу III-82 для консервної склотари, пов'язане зі зменшенням товщини жерсті кришок. Розраховано критичний тиск на поле для різних товщин та ступенів твердості жерсті. Перевірено стійкість кришок для двох найбільш несприятливих випадків у процесі стерилізації продукції.

Рассмотрен вопрос устойчивости поля крышек типа III-82 для консервной стеклотары, связанный с уменьшением толщины жести крышек. Рассчитано критическое давление на поле для разных толщин и степеней твердости жести. Проверена устойчивость крышек для двух наиболее неблагоприятных случаев в процессе стерилизации продукции.

The problem of glass container field III-82 closures stability, connected with plate thickness closure reduction, is considered. The critical pressure on field for different thicknesses and grades of plate is calculated. The closure stability for greatestly unfavourable cases during sterilization is checked.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Сьогодні у світі склалася тенденція до зменшення маси та товщини упаковки харчових продуктів. Оскільки металева та скляна упаковка є найдорожчими видами упаковки, то ця тенденція безпосередньо торкається товщини білої жерсті для виготовлення кришок типу III для скляної герметичної тари. Вітчизняні виробники закупорювальних засобів поступово зменшують товщину жерсті для виготовлення цих кришок. Тому цікавим і актуальним є питання можливої втрати стійкості поля кришок типу III, призначених для асортименту продукції, яка підлягає стерилізації після закупорювання, адже під час стерилізації поле кришки піддається значним механічним навантаженням.

Використання жерсті зменшених товщин дозволяє знижувати собівартість виготовлення кришок, заощаджує матеріали та природні

ресурси, зменшує негативний вплив використання упаковки на довкілля, підвищує конкурентоспроможність вітчизняної продукції, зменшує залежність України від імпорту білої жерсті.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У різний час різні автори [1-6] досліджували питання втрати стійкості гнучких пластин та мембран з різною геометрією профілю. Близькими до нашого випадку є дослідження втрати стійкості поля кришок типу I з жерсті зменшених товщин [5]. У зазначеній роботі на основі теорії гнучких пластин було отримано залежності для визначення критичного прогину поля та критичного тиску на поле кришок типу I, а також експериментальні результати стосовно втрати стійкості поля цих кришок.

У роботі [6] започатковано дослідження стійкості поля кришок типу III, а саме: спираючись на теорію гнучких пластин досліджено стійкість поля кришок типу III, отримано значення коефіцієнта, який залежить від матеріалу корпусу та виду закріплення контуру поля кришки, та визначено межі небезпечної зони поля кришок типу III при втраті стійкості.

Проте обґрунтування стійкості поля кришок типу III здійснено не було.

Мета та завдання статті. Дана стаття має за мету, спираючись на дослідження виконані в роботі [6] та використовуючи результати експериментальних досліджень поля кришки I-82, визначити критичний тиск на поле кришки III-82 та порівняти його з тиском на поле цієї кришки під час стерилізації продукції.

Виклад основного матеріалу дослідження. Критичний тиск на поле кришки III-82 визначався за рівнянням з роботи [6]:

$$P_{кр} = \frac{\sigma_{0,2}\delta}{kR^2} \left(\sqrt{f_{nc}^2 + \frac{2.84Jc}{R\delta}} - f_{nc} \right), \text{ Па} \quad (1)$$

де R – радіус контуру поля кришки, м; $\sigma_{0,2}$ – межа текучості матеріалу корпусу кришки, Па; δ – товщина жерсті кришки, м; k – коефіцієнт, який залежить від матеріалу корпусу та виду закріплення контуру поля кришки; f_{nc} – початковий прогин центра поля кришки, м; J – головний центральний момент інерції ділянки поля, на якій, як правило, відбувається втрата стійкості, м⁴; c – безрозмірний коефіцієнт.

Враховуючи результати роботи [6], невідомою є величина J поля кришки типу III, а коефіцієнт “ c ” потребує уточнення.

Усі геометричні параметри поля кришки III-82 – відомі. Межі небезпечної зони поля відомі з роботи [6]:

$$0,73R \leq r \leq R, \quad (2)$$

де r – поточний радіус поля кришки, м.

Величина головного центрального моменту інерції небезпечної ділянки поля кришки ПІ-82 була розрахована виходячи з діапазону товщини жерсті 0,16...0,20 мм. Цей діапазон утворено шляхом зменшення товщини, починаючи від товщини жерсті з якої на сьогоднішній день в Україні виготовляють кришки ПІ-82 – 0,20 мм, під продукцію, яка підлягає стерилізації. Результати розрахунків наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Величина головного центрального моменту інерції небезпечної зони поля кришки ПІ-82

Момент інерції небезпечної зони поля кришки J_x , мм ⁴	Товщина жерсті кришки δ , мм
0,144	0,16
0,154	0,17
0,163	0,18
0,173	0,19
0,183	0,20

Коефіцієнт “ c ” залежить від кількості радіальних гофр n , які виникають під час втрати стійкості на периферійній ділянці поля кришки. З дослідження поля кришок І-82 та І-58 [5] відомо, що кількість радіальних гофр n під час втрати стійкості поля знаходиться приблизно в межах 4...10.

Втрата стійкості реальним полем кришки є дуже складним явищем і пов’язана з цілою низкою випадкових факторів. Тому однозначно, теоретичними методами, кількість радіальних гофр n у тому чи іншому випадку не визначається. На неї впливають: нерівномірність геометрії рельєфу поля кришки, еліпсність опори поля кришки, можливі незначні відхилення товщини жерсті на різних ділянках поля, можливі відхилення поверхні опори кришки від площинності та інші фактори.

Кожний з перелічених факторів окремо або їх сукупність, під час зростання стискуючих напружень σ , в серединній поверхні периферійної ділянки поля, можуть стати концентраторами напружень. У цілому ж, з практичного досвіду відомо, що кількість радіальних гофр має певний зв’язок з діаметром кришки. Він полягає у тому, що із зменшенням діаметра затвора кількість радіальних гофр n на полі кришки зменшується. При цьому брали до уваги, що під час визначення стій-

кості поля кришок I-82 з жерсті товщиною $\delta=0,16$ мм найчастіше кількість радіальних гофр становила $n=10$ [5].

Оскільки діаметр опори контуру поля кришки III-82 ($\phi 74,85$ мм) є менший ніж діаметр опори поля кришки I-82 ($\phi 78,95$ мм) і враховуючи, що із зменшенням діаметра затвора кількість радіальних гофр на полі кришки під час втрати стійкості зменшується, то для розрахунку критичного тиску поля кришки III-82 величину коефіцієнта “с” було розраховано виходячи з $n=9$.

Окремо розраховувався критичний тиск для кришок з жерсті російського виробництва товщиною 0,20 мм та 0,18 мм і відповідно $\sigma_{0,2} = 415$ МПа та жерсті виробництва Словаччини з діапазону 0,16...0,19 мм і відповідно $\sigma_{0,2} = 620$ МПа. Результати розрахунків для різних товщин та виробників жерсті наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Величина критичного тиску на поле кришки III-82

Критичний тиск на поле кришки $P_{кр}$, МПа	Товщина жерсті кришки δ , мм	Межа текучості жерсті кришок $\sigma_{0,2}$, МПа
0,576	0,16	620
0,610	0,17	620
0,435	0,18	415
0,650	0,18	620
0,688	0,19	620
0,486	0,20	415

Для порівняння отриманих значень критичного тиску з дійсним перепадом тиску в системі під час стерилізації продукції було розглянуто обидва несприятливі випадки та їх можливі наслідки.

Перший випадок має місце під час власне стерилізації, за умови, що протитиск в системі знаходиться на рівні 0,21 МПа, а внутрішній тиск в упаковці, внаслідок гарячого наповнення продукту, високих рівню початкового вакууму в тарі та незаповненого об'єму тари, за даними німецької фірми White cap [7], знижується близько до 0,11 МПа. Тоді тиск на поле складе 0,1 МПа.

Другий випадок має місце на початку охолодження продукції, за умови, що протитиск у системі знаходиться на рівні 0,21 МПа, відбулося гаряче наповнення продукту, рівень початкового вакууму в тарі

та її незаповненого об'єму високий, тоді з наближенням температури продукту до повного охолодження – близько 45°C , за даними фірми White cap, в упаковці утвориться вакуум близько $0,07\text{ МПа}$ і тиск на поле складе $0,28\text{ МПа}$.

У першому випадку ущільнювальна прокладка кришки знаходиться у розм'якшеному стані і за таких умов може бути розрізана торцем горловини банки. Однак, останнім часом розроблено ущільнювальні компаунди з високою стійкістю до протискування у нагрітому стані.

У другому випадку, під час охолодження прокладка починає тверднути і є більш стійкою до протискування. Проте, в обох випадках прокладка може бути занадто деформована, що знижує ступінь безпеки закупорювання понад допустимі межі, аж до його від'ємних показників.

Привівши найменший розрахунковий критичний тиск (табл. 2) з найбільшим можливим тиском в системі маємо $0,435\text{ МПа} > 0,28\text{ МПа}$. Отже бачимо – втрати стійкості поля кришки типу III-82 не станеться, що узгоджується з практичним досвідом. Проте практичний досвід показує, що для кришок з контрольною кнопкою функціональність останньої у другому випадку порушується.

Висновки. Із синтезу аналітичного дослідження поля кришок типу III, експериментального дослідження поля кришок типу I-82, отриманої величини коефіцієнту k та меж небезпечної ділянки поля встановлено, що найменший розрахунковий критичний тиск на поле кришки III-82 з жерсті зменшеної товщини складає $P_{кр} = 0,435\text{ МПа}$, що більш ніж у 1,5 рази перевищує найбільший можливий тиск у системі в процесі стерилізації. Отже, за дотримання режимів стерилізації та умов паровакуумного способу закупорювання, поля кришок III-82 втрата стійкості не загрожує, як не загрожує надмірна деформація або прорізання ущільнювальної прокладці, що узгоджується з практичним досвідом.

Список літератури

1. Ильющин, А. А. Труды (1946-1966) [Текст]. Т. 2. Пластичность : монография / А. А. Ильющин. – М. : Гостехиздат, 1948. – 376 с.
2. Вольмир, А. С. Гибкие пластинки и оболочки [Текст] : монография / А. С. Вольмир. – М. : Гостехиздат, 1956. – 420 с.
3. Феодосьев, В. И. О больших прогибах и устойчивости круглой мембраны с мелкой гофрировкой [Текст] / В. И. Феодосьев // ПММ. – 1945. – Вып. 5.
4. Тимошенко, С. П. Устойчивость упругих систем [Текст] : монография / С. П. Тимошенко. – 2-е изд. – М. : Гостехиздат, 1955. – 568 с.

5. Котельников, А. Ф. Исследование условий изготовления и применения крышек из тончайшей жести для стеклянной консервной тары [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.02.14 : защищена 27.04.73 / Котельников Анатолий Феофанович. – Одесса, 1972. – 157 с.

6. Ватренко, О. В. Дослідження стійкості поля кришок типу III [Текст] / О. В. Ватренко // Обладнання та технології харчових виробництв : зб. наук. пр. / Дон НУЕТ. – Донецьк, 2008. – Вип. 20.

7. Руководство по обработке крышек Твист-офф [Текст] / Silgan Whitecap Deutschland GmbH. – Hannover (Germany), 2006. – 42 с.

Отримано 15.03.2009. ХДУХТ, Харків.

© О.В. Ватренко, 2009.