

Особливості закупорювання скляної тари

О.В. Ватренко, д.т.н., Одеська національна академія харчових технологій

На сьогодні в Україні функціонує досить велика кількість невеликих підприємств з виробництва консервної продукції в скляній тарі типу III. Маючи невелику продуктивність, такі підприємства часто приємно відрізняються високою якістю та різноманіттям смаків своєї продукції. Вони розташовані, як правило, у сільській місцевості на значних відстанях від великих промислових та наукових центрів. Інженерно-обслуговуючий склад цих підприємств укомплектований переважно з місцевих жителів.

Найскладнішою в технічному плані операцією у виробництві консервів у скляній тарі типу III є закупорювання наповненої тари кришкою. Закупорювання здійснюється паровакуумним способом. Постачальниками кришок і скляної тари та виробниками закупорювального обладнання можуть бути різні підприємства, як закордонні, так і вітчизняні.

Саме в процесі закупорювання на невеликих, відносно віддалених підприємствах можуть виникати ускладнення і перебої, які призводять до браку продукції та вимушених простойв технологічних ліній. Причини таких ускладнень можуть бути різними: некоректне налагодження закупорювальних машин, зношування їх деталей та вузлів, неякісні закупорювальні засоби або скляна тара, незнання особливостей процесу закупорювання тощо.

Закупорювання скляної тари типу III здійснюється фрикційними робочими органами під дією сил тертя. Фактори, що впливають на коефіцієнт зовнішнього тертя, добре викладені в монографії [1]. У роботі [2] наведено теоретичні основи тертя, у тому числі в нарізних з'єднаннях. Більш близькими до розгляданого випадку є дослідження, наведені в роботах [3–5]. У роботі [3] показано, що вузол тертя в затворі складається з внутрішніх та зовнішніх кінематичних пар тертя, описано експериментальну установку для визначення сил тертя в умовах, наближених до паровакуумного способу закупорювання, а також сформульовано методику визначення коефіцієнтів тертя у внутрішніх парах. У роботі [4] наведено методику визначення коефіцієнтів тертя в зовнішніх парах тертя. У роботі [5] наведено результати експериментальних досліджень коефіцієнтів тертя в процесі закупорювання скляної тари гвинтовим способом.

Як показує досвід, деякі аспекти взаємодії елементів затвора в процесі закупорювання потребують подальшого дослідження, уточнення та роз'яснення. Зокрема, має місце протиріччя між експериментальними значеннями деяких коефіцієнтів тертя та їх очікуваними, відповідно

до фізичних законів тертя, значеннями. Ця робота має за мету детально дослідити характер взаємодії в парі тертя «паси – кришка» та пояснити зазначене протиріччя.

Найпоширенішим типом закупорювальних машин відповідно до конструкції робочих органів є машини пасового типу (рис. 1). На цих машинах загвинчування кришки здійснюється двома гумовими плоскими пасами 3, 4. У результаті силової взаємодії пасів з кришкою та різниці в швидкості пасів між собою та банкою виникає крутний момент тертя, завдяки чому кришка загвинчується на горловину банки.

Щодо виду тертя, то в цьому разі в усіх парах тертя: «паси – кришка», «прокладка кришки – торцева поверхня банки» та «нарізні упори кришки – нарізка банки» – маємо тертя ковзання. Теоретично цей вид тертя з достатньою для цього випадку точністю описується законом Кулона. Максимальне значення коефіцієнт тертя матиме, коли в результаті прикладення сили до тіла, притиснутого до іншого тіла, це тіло не може зрушити з місця. У цьому разі матимемо тертя спокою.

Коли ж тіло під дією прикладених сил зрушило з місця і рухається по поверхні іншого тіла, тертя спокою переходить у тертя ковзання. Коефіцієнт тертя при цьому зменшиться порівняно з тертям спокою. Зі збільшенням відносної швидкості руху в парі тертя коефіцієнт тертя і надалі зменшуватиметься.

Якщо розглянути процес закупорювання скляної тари гвинтовим способом, то, як показав експеримент у парах тертя «прокладка кришки – торцева поверхня банки» та «нарізні упори кришки – нарізка банки», у наявних діапазонах відносних швидкостей та зусиль стискування сила тертя істотно не залежить ні від швидкостей руху, ні від контактних зусиль [5]. Отже, коефіцієнт тертя практично буде сталим.

У парі тертя «закупорювальні паси – кришка» експериментальні дослідження показали, що в наявних діапазонах відносних швидкостей та зусиль стискування сила тертя істотно не залежить від контактних зусиль, проте за-



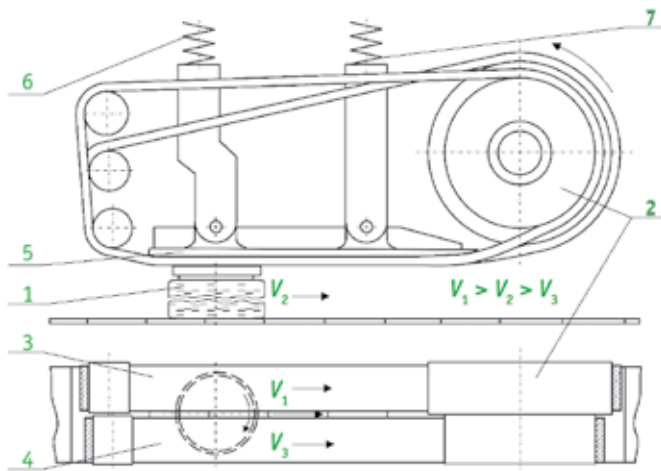


Рис. 1. Схема механізму закупорювання машини пасового типу: 1 – банка з кришкою; 2 – привідний шків; 3, 4 – відповідно пас більшого шківа та пас меншого шківа; 5 – натискна плита; 6, 7 – регулюючі пружини

лежить від швидкості руху в парі тертя. Причому зі збільшенням швидкості сила тертя збільшується, отже, зростає і коефіцієнт тертя (рис. 2, 3). Однак це суперечить вище зазначеним загальноприйнятим положенням, згідно з якими коефіцієнт тертя спокою має максимальне значення. Коефіцієнт тертя визначався із залежності $k = \frac{F}{F_g}$, де F – сила тертя ковзання; F_g – стискуюче зусилля.

Щоб встановити причину такого зростання сили тертя, спочатку треба розібратися з особливостями матеріалів пари тертя. Матеріал зовнішньої поверхні пасів, яка контактує з кришкою, – це зносостійка гума з підвищеним коефіцієнтом тертя. Матеріал внутрішньої поверхні пасів,

яка контактує з натискною плитою 5 механізму закупорювання, – це зносостійка гума зі зниженим коефіцієнтом тертя. Усередині паси армовані кордом для надання міцності на розрив.

Зовнішня поверхня паса служить для ефективного закручування кришки на горловину банки. Внутрішня поверхня, навпаки, має без зайвих зусиль прослизати по поверхні натискної плити, яка створює вертикальне зусилля герметизації на кришку для ущільнення затвора. Оскільки пас гумовий, то його поверхня має невисоку твердість і значну пружність, що властиво всім еластомерам. Кришка типу III або системи твіст-офф виготовляється з білої сталі, тобто є сталеві. Відповідно вона має значну твердість і, порівняно з гумовим пасом, невелику пружність.

Детально розглянемо місце контакту закупорювальних пасів з кришкою в процесі закупорювання. Під час проходження банки з кришкою під закупорювальною платформою кришка взаємодіє з закупорювальними пасами, які щільно притискаються до неї натискною плитою, створюючи вертикальне зусилля закупорювальної платформи. Кришка взаємодіє з пасами зовнішньою поверхнею кільцевого каналу для ущільнювальної прокладки, який має кільцеву горбкувату форму (рис. 4, вид В та Г). Завдяки горбкуватій формі, будучи сталевим, кільцевий канал буде заглиблюватись у відносно м'яку поверхню пасів, притискаючи її під дією вертикального зусилля.

У цей же час паси безперервно рухаються по поверхні кришки, обертаючи її в бік закручування. Таким чином, заглиблення на поверхні пасів будуть безперервно зміщуватись вздовж їхньої довжини. Якщо розглянути місце контакту пасів із кришкою в динаміці, то, як показано на рис. 4, вид В та Г, у напрямку руху паса відносно кришки, на поверхні паса, який випереджає кришку на межі заглиблення, буде виникати бугорчатий наплив у вигляді хвилі. З протилежного боку від місця контакту на межі за-

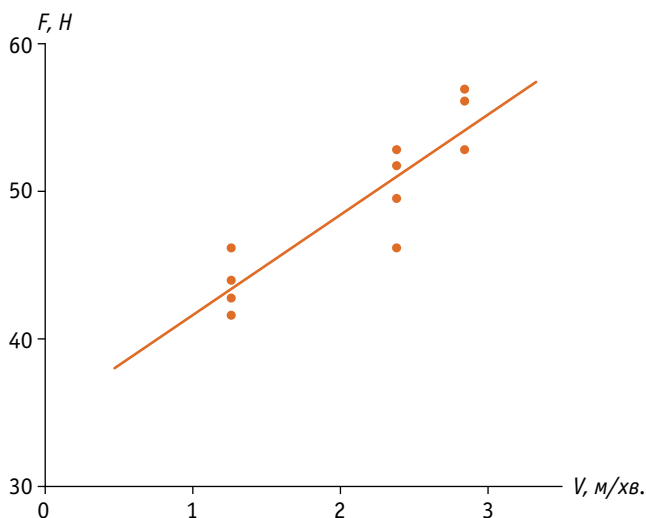


Рис. 2. Залежність сили тертя від швидкості руху в парі «кришка – паси»

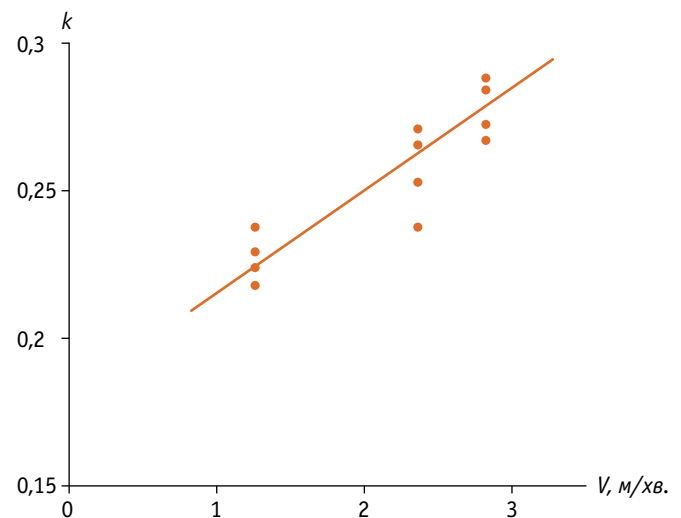


Рис. 3. Залежність коефіцієнта тертя від швидкості руху в парі «кришка – паси»

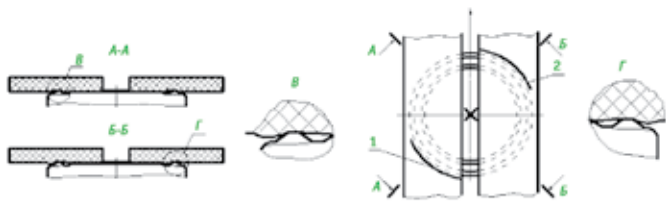


Рис. 4. Місце контакту закупорювальних пасів з кришкою в процесі закупорювання

глиблення кришки, навпаки, виникатиме деяка западина. Хвиля на поверхні паса створюватиме додатковий опір для його руху в процесі закупорювання. Зі збільшенням швидкості руху в парі тертя цей опір зростатиме, оскільки хвиля збільшуватиметься. Таким чином, сила, яка виникає на поверхні паса і обертає кришку, фактично є не силою тертя, а силою пружного опору середовища, у цьому разі стисненої гуми. Сила пружного опору середовища складається із сили пружного опору паса та сили тертя паса по кришці. Лінії виникнення хвиль 1 та 2 показано на рис. 4. Сила пружного опору середовища зі збільшенням швидкості зростає на відміну від сили тертя. Саме цим пояснюється зростання коефіцієнта тертя, встановлене експериментальним дослідженням. Крім того, у цьому разі це буде не коефіцієнт тертя, а коефіцієнт опору. Цей коефіцієнт k входить в математичну залежність, яка виражає зусилля герметизації в ущільненні затвора:

$$T = \frac{N \cdot k \cdot \frac{D_z + D_g}{4}}{r \cdot \text{tg}(\varphi + \alpha) + \mu \cdot \frac{D_z + D_g}{4}}$$

де N – вертикальне зусилля закупорювальної платформи; D_z та D_g – відповідно зовнішній та внутрішній діаметр торцевої поверхні вінця банки;

r – середній радіус витків нарізки банки;

$\text{tg}(\varphi + \alpha)$ – коефіцієнт тертя в нарізці, де φ – зведений кут тертя у витках нарізки; α – кут підйому витків нарізки; μ – коефіцієнт тертя прокладки кришки по поверхні вінця банки.

Відповідно до наведеної залежності зі збільшенням коефіцієнта k зусилля герметизації, а отже, і контактний тиск у затворі також будуть збільшуватись. Одночасно збільшуватиметься навантаження на нарізні упори кришки, що є небезпечним, оскільки виникає загроза їх пластичної деформації. Крім того, зростає ризик зривання лакофарбового покриття кришок у місці їх контакту з закупорювальними пасами. У цьому разі потрібно пропорційно до збільшення k зменшувати вертикальне зусилля механізму закупорювання.

Висновки

1. Сила, що виникає на поверхні контакту пасів і кришки в процесі закупорювання і яка обертає кришку, є не силою тертя, а силою пружного опору середовища, у цьому разі стисненої гуми. Тобто кришка загвинчується не під дією крутного моменту сил тертя, а під дією крутного моменту сил опору середовища.

2. Величина хвилі, яка виникає на поверхні паса, залежить від вертикального зусилля закупорювальної платформи, швидкості в парі тертя та твердості поверхні паса. Саме ці фактори впливатимуть на величину коефіцієнта опору.
3. Як показує експеримент, коефіцієнт опору середовища за інших сталих умов зростає зі збільшенням швидкості руху в парі тертя, тобто продуктивності машини.
4. Вертикальне зусилля закупорювальної платформи необхідно регулювати зі зміною продуктивності машини, а також зі зміною виробника пасів, для запобігання пластичній деформації нарізних упорів кришок або пошкодженню їх захисного покриття.

Література

1. Крагельский И.В. Коэффициенты трения: справ. пособие / И.В. Крагельский, И.Э. Виноградова. – М.: Гос. науч.-техн. изд.-во машиностроит. лит., 1955. – 188 с.
2. Крагельский И.В. Узлы трения машин: справочник / И.В. Крагельский, Н.М. Михин. – М.: Машиностроение, 1984. – 280 с.
3. Ватренко О.В. Методики визначення коефіцієнтів тертя при закупорюванні скляної тари гвинтовим способом / О.В. Ватренко, А.Ю. Шендеровський, О.К. Гладушник // Наук. пр. ОНАХТ. – О., 2003. – Вип. 26. – С. 237–242.
4. Ватренко О.В. Коефіцієнти тертя при закупорюванні скляної тари пасовими робочими органами // Вібрації в техніці і технологіях. – 2004. – № 2. – С. 21–24.
5. Ватренко О.В. Коефіцієнти тертя при закупорюванні скляної тари гвинтовим способом / О.В. Ватренко, А.Ю. Шендеровський // Упаковка. – 2006. – № 5. – С. 38–40.

Особенности укуповоривания стеклянной тары

А.В. Ватренко, д.т.н.

В статье проанализированы значения экспериментально полученных коэффициентов трения укуповорочных ремней по крышке при укуповоривании стеклянной тары. Пояснены противоречия в различии между экспериментальными и теоретическими значениями коэффициентов трения в этой паре. Показано, что основной причиной укуповоривания стеклянной тары является сила упругого сопротивления среды, которая в данном случае возникает в паре трения. Установлено, что тара укуповоривается под действием крутящего момента сил сопротивления среды, величина которого растет с увеличением скорости движения в паре трения.

Ключевые слова: коэффициент трения; коэффициент сопротивления; волна; укуповоривание; усилие герметизации.

Features glass container capping

O. V. Vatenko, Dr.

The article analyzes the value experimentally obtained coefficients of friction capping belts on the lid with capping glass containers. Explained the contradictions in the differences between the experimental and theoretical values, their coefficient of friction in this pair. It is shown that the main cause capping glass containers is force of elastic resistance of the medium, which in this case there is in pair of friction. Established that the container sealed under the torque of the resistance medium forces, the value of which increases with the increase of speed movement in the pair of friction.

Keywords: coefficient of friction; resistance coefficient; wave; capping; sealing force.