

УДК 629.7.083(045.1)

В. В. ТОКАРУК, Є. В. ГАЛУШКО

Національний авіаційний університет, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ОЧИЩЕННЯ ПОВЕРХНІ ДЕТАЛЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ СУХОГО ЛЬОДУ

Приведено порівняльну характеристику інших методів очищення поверхонь. Розглянуто метод очищення деталей авіаційної техніки за допомогою сухого льоду та приведений розрахунок втрати напору на тертя гранул сухого льоду за стандартних умов при проходженні гранул сухого льоду через спеціальне обладнання.

Ключові слова: технологічний процес, методи очищення, сухий лід, гранулятор, апарат для очищення сухим льодом.

Вступ. Станом на сьогоднішній день спостерігається тенденція на пришивищення і покращення умов експлуатації та технології технічного обслуговування і ремонту (ТОіР) авіаційної техніки (АТ) в Україні.

Будь-який ремонт АТ включає технологічні процеси зовнішнього промивання після прийому АТ в ремонт, очищення і промивання перед нанесенням захисних і декоративних покриттів, комплексу робіт по дефектоскопії деталей, що складаються з процесів очищення виробу, нанесення дефектоскопічних матеріалів (при капілярному контролі) [1; 2].

Очищення - це сукупність складних фізичних і хімічних процесів, ефективність і економічність яких залежить від виду забруднення і властивостей оброблюваної поверхні, від конструктивних параметрів технологічного устаткування, режимів обробки, властивостей миючих засобів і матеріалів, що очищуються. Фізико-хімічні властивості забруднень у значній мірі визначають характер технології очищення виробів. Вони є тим фактором, від якого залежить вибір параметрів ультразвукового поля, миючих і промивних середовищ, спеціальних технологічних прийомів очистки, послідовності технологічних операцій і ступеня автоматизації процесу.

Постановка завдання. В процесі експлуатації на деталях повітряних суден (ПС) і авіаційних двигунів (АД) утворюються різного роду забруднення (небажана речовина на поверхні матеріалу, яку необхідно видаляти). Найбільш поширеними з них є: зовнішні відкладення; залишки змащувальних матеріалів; вуглецеві відкладення; продукти корозії; залишки старих лакофарбових матеріалів.

Забруднення зазвичай складаються з: мастила; води; палива; окисикислот; асфальтенів; карбенів і карбоїдів; золи, сажі, пилу. Існуючі методи очищення деталей авіаційної техніки, що використовуються на авіаремонтних підприємствах поділяють на групи:

1. Фізико- хімічні:
2. Комбінована (струминна + зануренням);
3. Механічна очистка (ручна; механізована (кісточковим кришивом));
4. Хіміко – термічна очистка (розплавленням солей, лугів).

Перелічені методи мають багато недоліків. Механічні методи очищення малопродуктивні та зазвичай потребують додатково очищення інші потребують спеціального обладнання, яке має обмеження по габаритам деталей, що очища-

ються та спеціальних хімічних засобів. Тому виникає потреба у розробці методів позбавлених вище вказаних недоліків.

Останнім часом все більшої популярності набуває метод очищення сухим льодом, який позбавлений більшості недоліків традиційних методів очищення, що детально розглянуті у другому розділі. Технологія очищення сухим льодом є інноваційним методом очищення без пошкодження поверхні. Принцип полягає в струменевому розпиленні гранул сухого льоду під високим тиском. Сухий лід являє собою тверду форму двоокису вуглецю CO_2 . Гранули вилітають з сопла з високою швидкістю і потрапляючи на поверхню збивають забруднення.

Загальна характеристика технологічного процесу. Сухий лід – це твердий агрегатний стан вуглекислоти. CO_2 це безбарвний газ, без смаку і запаху, також міститься в атмосфері. Температура твердої форми – $-78,33^\circ\text{C}$.

Сухий лід – універсальна речовина, не токсична, не запалюється, не проводить електрику (ГОСТ 12162-77). Особливості цієї речовини в тому, що воно переходить з твердого стану в газоподібний, оминаючи рідкий агрегатний стан. Цей процес називається сублімацією. Проводять сухий лід з рідкої вуглекислоти за допомогою її пресуванні при високому тиску (близько 30 МПа).

Процес очищення сухим льодом відбувається при вихідному тиску від 0,7 до 1,4 МПа. За рахунок тиску стисненого повітря гранули розганяються до швидкостей близьких до швидкості звуку. Зараз в більшості випадків для очищення застосовують стандартне магістральний тиск в діапазоні від 0,2 до 0,69 МПа.

Сам процес очищення полягає в переміщенні забруднень з поверхні (рис. 1.).

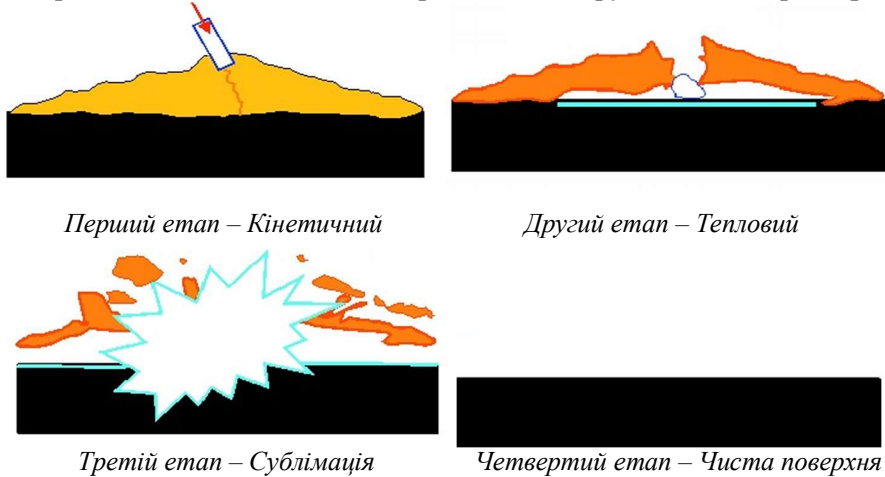


Рис. 1. Етапи очищення сухим льодом

Потік гранул з високою швидкістю потрапляючи на поверхню володіє великим механічним впливом. При цьому частки сухого льоду, потрапляючи на поверхню має температуру більшу, ніж температуру агрегатного стану сухого льоду, починають сублімувати. Тому відбувається розширення гранул сухого льоду. При розширенні в 700 разів, частинки сухого льоду надають сильну очищуючу здатність. Весь бруд переміщається з оброблюваного виробу на місце, звідки його її можна легко зібрати. Якщо забруднення тверде, то воно потрапляє на підлогу, де його можна зібрати звичайним пилососом. Якщо поверхня очищається від вологості речовини, подібного мастилі, тоді слід застосовувати технологію аналогічну промиванні струменем з рукава. Починаючи очищати виріб з одного

кінця, переміщаємо речовина або мастило до іншого кінця, звідки її легко можна прибрати за допомогою гумового скребка. Якщо потрібно очистити від крихкого забруднення, наприклад фарбу, тоді процес очищення утворює хвилю напруги стиснення між основою і покриттям. Тоді хвиля має достатньою енергією для того, щоб подолати адгезію і буквально відірвати покриття від оброблюваної поверхні. Якщо потрібно видалити з поверхні в'язке або пластичне покриття, наприклад оливу, парафін, тоді слід здійснити процес, аналогічний гідробластингу. При ударі гранули вибухають, створюючи високошвидкісний потік снігу, який змиває, наче струменем води, забруднення і нашарування з оброблюваної поверхні. [2; 3; 5].

Обладнання. До складу обладнання для очищення поверхонь сухим льодом входять: ємкість для зберігання вуглекислоти, обладнання для отримання сухого льоду – гранулятор, контейнер для зберігання гранул, компресор для вироблення стисненого повітря, апарат очищення, пістолетом з сопла, приєднувальні шланги для транспортування сухого льоду та повітря.

1-ий етап: при ударі гранул сухого льоду, які рухаються зі швидкістю звуку в струмені стисненого повітря про зовнішніх поверхнях відбувається виділення великої кількості кінетичної енергії, що дозволяє розщепити шар забруднень на поверхні.

2-ий етап: низька температура гранул сухою льоду (-79°C -110°F) призводить до утворення мікротріщин на поверхні видаляється шару. Це дозволяє частинкам сухого льоду проникнути всередину шару.

3-ій етап: сухий лід проникає в шар і миттєво випаровується (переходить з твердого стану в пароподібний). В результаті цього об'єм збільшується в 700 разів, що викликає вибуховий ефект, який відриває шар бруду від поверхні.

4-ий етап: отримуємо чисту поверхню.

Гранульований «сухий лід» виготовлення за допомогою спеціального автоматичного апарату – пеллетайзера (гранулятор). Надходить з стаціонарної ємності в пеллетайзер рідка вуглекислота в процесі її подальшого примусового ущільнення і охолодження переходить з рідкого стану в твердий. Точніше, в пухкий стан, в вуглекислотний сніг. Далі, у міру надходження цього напівпродукту в формувальний циліндр пеллетайзера або блок-мейкера, відбувається його примусове механічне пресування в більш щільний, однорідний і твердий продукт – «сухий лід». Останній, за допомогою посиленого тиску поршневого механізму продавлюється через встановленого розміру калібровану фільтру, за допомогою якої і відбувається остаточне освіту гранул "сухого льоду" спочатку заданих параметрів. Частина вуглекислоти, непереробленому в процесі виготовлення «сухого льоду» повертається в газоподібний стан, викидається через клапан, а потім випаровується.

Технологічний процес очищення деталей авіаційної техніки перед відновленням складається з:

1. Виготовлення сухого льоду
2. Транспортування та зберігання сухого льоду.
3. Очищення поверхні від забруднення.
4. Робити, що виконуються по закінченню очищення.

Але, під час використання даного методу виникає досить серйозна проблема – втрат напору на тертя при русі гранул сухого льоду в трубах.

Рух гранул сухого льоду під дією ежекції є як правило турбулентним, оскільки рухоме середовище (повітря, абразив, вода і їх суміші) має малу в'язкість. В результаті інтенсивного вихроутворення частинки рідини при цьому русі описують складні траєкторії, змінюється швидкість потоку в перетині – це впливає на постійність витрати, викликає наявність пульсацій потоку. [1; 5; 6].

Визначення втрат напору через тертя гранул сухого льоду під час турбулентного руху в трубах.

Досліди показують, що втрати напору можуть сильно мінятися залежно від діаметру труби, швидкості руху і в'язкості рідини, а також від шорсткості стінок труб.

Визначимо втрати напору на тертя гранул сухого льоду за стандартних умов $t = +15^\circ\text{C}$ і середньою витратою гранул $Q = 0,058 \text{ м}^3/\text{с}$ в основній трубі підведення гранул сухого льоду в камеру з внутрішнім діаметром $d_{\text{вм}} = 42 \text{ мм}$. Довжина трубопроводу від бункера камери до насадка: $l = 5 \text{ м}$.

Для визначення втрат тиску проведемо наступні розрахунки. Середню швидкість руху гранул сухого льоду визначимо за формулою (1):

$$v = \frac{Q}{S} \quad (1)$$

де Q – витрата повітря, $\text{м}^3/\text{с}$; S – площа перетину підвідної труби, яку визначаємо за формулою (2):

$$S = \frac{\pi d_{\text{вм}}^2}{4} \quad (2)$$

Звідки,

$$v = \frac{4Q}{\pi d_{\text{вм}}^2}$$

Враховуючи ту обставину, що суміш сухого льоду в процесі підсосу і просування її по трубопроводу до робочого насадка більш ніж на 50 % складаються з повітря, при розрахунках враховуватимемо коефіцієнт кінематичної в'язкості відповідно тільки для повітря.

При стандартній температурі $t = +15^\circ\text{C}$ для повітря $\nu = 15,7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$

Число Рейнольдса визначаємо за формулою (3)

$$Re = \frac{v d_{\text{вм}}}{\nu}, \quad (3)$$

де v – середня швидкість руху сухого льоду, $\text{м}/\text{с}$; $d_{\text{вм}}$ – внутрішній діаметр труби, м ; ν – коефіцієнт кінематичної в'язкості, $\text{м}^2/\text{с}$.

Коефіцієнт тертя визначаємо за формулою (4) для перехідного потоку оскільки число Рейнольдса лежить в межах 2000-10000:

$$\lambda = 0,11(k_s/d_{\text{вм}} + 68/Re)^{0,25}, \quad (4)$$

де k_s – значення абсолютної шорсткості для труб з різних матеріалів є різним.

Приймаємо $k_s = 0,03 \text{ мм}$ – середнє значення для гумового шлангу.

Втрати напору визначаємо за формулою (5):

$$h_{\text{тр}} = \lambda \frac{l}{d_s} \frac{v^2}{2g}, \quad (5)$$

де l – довжина трубопроводу, м, d_3 – еквівалентний діаметр, для круглих труб дорівнює внутрішньому діаметру $d_3 = d_{вм}$; g – прискорення вільного падіння $g = 9,81 \text{ м/с}^2$. [4; 6; 8].

Висновки. У статті розглянуто технологію та обладнання для очищення поверхні деталей авіаційної техніки від забруднень. За отриманими результатами можна зробити наступні висновки [7]:

- обробка сухим льодом є абсолютно сухим процесом, тому що гранули сухого льоду складаються з CO_2 і негайно випаровуються при контакті з поверхнею, що очищується;
- обладнання не виробляє відходів, за винятком самих забруднень, а сам спосіб очищення абсолютно нетоксичний, оскільки ніякі небезпечні хімікати не використовуються;
- обробка сухим льодом не є абразивним і не пошкоджує поверхню деталей, що очищається;
- поєднання високих швидкостей очищення і широкого спектру сопел означає, що навіть зазвичай недоступні елементи можуть бути швидко очищені;
- в окремих випадках обробка сухим льодом може бути використана без додаткового демонтажу і монтажу обладнання, що дозволяє скоротити час на простий.

Список літератури

1. Кудрін А.П., Хижко В.Д. та ін. Ремонт повітряних суден і авіадвигунів.: Підручник.-К.:НАУ, 2002.-492с.
2. Алябьев А.Я., Болдирев Ю.М., Запорожец В.В. Ремонт летательных аппаратов.-М.Транспорт,1984-420с.
3. Спринг С. Очистка поверхностей металлов. – М.:Мир, 1966. – 350 с.
4. Франчук Г.М., Хижко В.Д. Високоэффективные процессы очищения и неразрушающего контроля деталей АТ с использованием пожаробезопасных средовищ.- Київ, 1995.
5. Тезиков А.Д. Производство и применение сухого льда – М.: Государственное издательство торговой литературы, 1960. – 128 с.
6. Ларин Р. Н. Технологические особенности струйной очистки судовых металлоконструкций с помощью сухого льда // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова – 2012. - № 4 (16). - с.79-91.
7. Чурилин А.С., Ларин Р.Н. Социально экономическая эффективность применения метода струйной очистки сухим льдом для корпусных изделий транспортных средств//Технико-технологические проблемы сервиса. - 2012. - №3 (21). – с.42-50
8. Альтшуль А.Д., Киселев П.Г. Гидравлика и аэродинамика (Основы механики жидкости). Учебное пособие для вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., Стройиздат, 1975. с.113-116.

Стаття надійшла до редакції 02.10.2018

Токарук Віталій Володимирович – старший викладач кафедри технологій виробництва та відновлення авіаційної техніки, Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна, vetalion1980@gmail.com.

Галушко Єгор Віталійович – студент, Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна, vegor.galushko@gmail.com.

V. V. TOKARUK, Y. V. HALUSHKO,

FEATURES OF CLEANING DETAILS SURFACE BY DRY ICE

The article describes the theoretical study method of cleaning aviation technic and equipment parts by dry ice, which is more effective in comparison with other methods of purification. The comparative characteristics of other surface cleaning methods are given. The obtained analytical data describe the advantages of the purification method dry ice granules using. But it is necessary to take into account the cost of equipment and raw material (dry ice) and a friction coefficients of shoot out dry ice granules supply through a pistol and special nozzles. Today we can see a tendency to accelerating and improving the operating conditions and technology of maintenance and repair of aircrafts in Ukraine. Any repair or maintenance includes the processes of external washing after receiving, cleaning and washing before applying protective and decorative coatings, a complex of work of aircraft parts, consisting the processes of product cleaning, application of defectoscopic materials (with capillary control). Based on the obtained results, we can draw the following conclusions: dry ice processing is an absolutely dry process, because the dry ice pellets consist of CO₂ and evaporate immediately upon contact with the cleaned surface; the equipment does not produce waste, except for the pollutants itself, and make high-quality method of cleaning is absolutely non-toxic without using hazardous chemicals; dry ice treatment is not abrasive and does not damage the surface of cleaned parts; the combination of high cleaning speeds and a wide range of nozzles means that even normally unavailable elements can be quickly cleaned up; In some cases, dry ice treatment can be used without additional disassembly and installation of equipment, which reduces the time for process simplification.

Key words: technological process, cleaning methods, dry ice, granulator, dry ice cleaning machine, nozzles, ejector.

References

1. KudrIn A.P., Hizhko V.D. ta In. Remont povItryanih suden I avIadvigunIv.: PIdruchnik.- K.:NAU, 2002.-492..
2. Alyabev A.Ya., Boldirev Yu.M., Zaporozhets V.V. Remont Ietatelnih apparatov.- M.Transport,1984-420.
3. Spring S. Ochistka poverhon metallv. – M.:Mir, 1966. – 350.
4. Franchuk G.M., Hizhko V.D. VisokoeftivnI protsesi ochischennya I neruynIvnogo kontrolyu detaley AT z vikoristannyam pozhezhobezpechnih seredovisch.- KiYiv, 1995.
5. Tezikov A.D. Proizvodstvo i primeneniye suhogo lda – M.: Gosudarstvennoe izdatelstvo torgovoy literaturyi, 1960. – 128.
6. Larin R. N. Tehnologicheskie osobennosti struynoy ochistki sudovyyih metallokonstruktsiy s pomoschyu suhogo lda // Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S.O. Makarova – 2012. - # 4 (16). - 79-91.
7. Churilin A.C., Larin R.N. Sotsialno ekonomicheskaya effektivnost primeneniya metoda struynoy ochistki suhim ldom dlya korpusnyih izdeliy transportnyih sredstv//Tehniko-tehnologicheskie problemyi servisa. - 2012. - #3 (21). – 42-50
8. Altshul A.D., Kiselev P.G. Gidravlika i aerodinamika (Osnovyi mehaniki zhidkosti). Uchebnoe posobie dlya vuzov. Izd. 2-e, pererab. i dop. M., Stroyizdat, 1975. s.113-116.