

Efektywność usuwania powłok z różnego gatunku klejów przemysłowych wysokoenergetyczną strugą suchego lodu

Disposal effectiveness of various kinds of industrial adhesives coatings by means of high power stream of dry ice

CZESŁAW NIŻANKOWSKI
DAMIAN CEBULSKI*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.8-9.236

Opisano technikę usuwania powłok klejów przemysłowych z powierzchni części maszyn z zastosowaniem wysokoenergetycznej strugi suchego lodu oraz przedstawiono wyniki doświadczalnych badań wpływu gatunku kleju przemysłowego na efektywność takiego procesu obróbki.

SŁOWA KLUCZOWE: suchy lód, struga lodu, kleje, efektywność obróbki

The paper describes a disposal technique of industrial adhesives coatings from machine part surfaces by means of high energy stream of dry ice. The results of experimental research concerning the influence of industrial adhesive grade on effectiveness of this treatment have been presented.

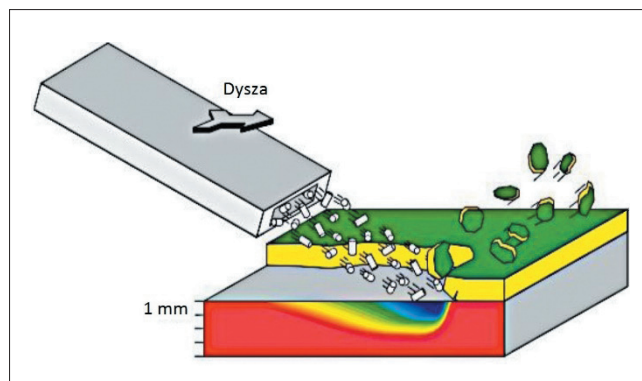
KEYWORDS: dry ice, stream of ice, adhesives, treatment effectiveness

W wielu dziedzinach przemysłu – takich jak: energetyka, motoryzacja, odlewnictwo, przetwórstwo tworzyw sztucznych, poligrafia, transport publiczny i przetwórstwo żywności – obróbka wysokoenergetyczną strugą suchego lodu znajduje szerokie zastosowanie w oczyszczaniu zespołów i części maszyn, jednostek sterowania elektrycznego i elektronicznego, form wytryskowych oraz poszycia wagonów i kadłubów statków z pozostałości farb, klejów, olejów, tłuszczów, pyłu papierniczego, pianki poliuretanowej, tworzyw sztucznych, brudu, wodorostów i resztek produktów spożywczych. Ta nowoczesna i przyjazna dla środowiska hybrydowa obróbka strumieniowa o kinematyce swobodnej polega na oczyszczaniu powierzchni obrabianych za pomocą ziaren stałego dwutlenku węgla (CO_2) w formie granulek, przeważnie o kształcie walcowym, zwanych pelletem (rys. 1).



Rys. 1. Pellet suchego lodu [2, 5]

W strumieniu powietrza sprężonego nawet do kilkunastu barów pellet tworzy strumień obróbkowy o około-dźwiękowej prędkości. Tak wysoka energia kinetyczna strumienia pelletu suchego lodu jest wystarczająca do usunięcia z oczyszczanych powierzchni wszystkich wymienionych wcześniej substancji – nie tylko poprzez mechaniczne procesy mikroudarów i ścierania popękanych powłok, lecz także przez takie fizykochemiczne oddziaływanie lodowego pelletu o temperaturze ok. 195 K, jak: wzrost kruchości usuwanych powłok, szoki termiczne w ich wiązaniach intermolekularnych oraz mikroeksplozje pelletu w mikroszczelinach powłok, spowodowane zjawiskami jego sublimacji (rys. 2). Bezpośrednim czynnikiem powodującym te mikroeksplozje jest ok. 700-krotne zwiększenie objętości ziaren suchego lodu po bezpośrednim przejściu z fazy stałej w stan gazowy. Wszystkie te oddziaływania powodują łamanie, pękanie, odrywanie się i ścieranie warstw usuwanych z oczyszczanych powierzchni.



Rys. 2. Schemat oddziaływania strugi suchego lodu na zanieczyszczoną powierzchnię [3, 5]

Podkreślenia wymaga fakt, że w procesach oczyszczania powierzchni wysokoenergetyczną strugą suchego lodu nie występują zjawiska mikroskrawania materiału powłoki ziarnami lodowego pelletu ze względu na jego niską twardość (zaledwie 2 w skali Mohsa) oraz duże promienie naroży ziaren (ok. $60 \mu\text{m}$) [1, 4]. Ta technika obróbki strumieniowej nie może być zaliczana do typowych technik obróbki erozyjno-ściernej, mimo że występują w niej zjawiska erozji termiczno-chemicznej materiału usuwanej powłoki równoległe z mechaniczno-ścierno-adhezyjnymi zjawiskami oddziaływania pokruszonych i oderwanych cząstek powłoki na powierzchnię obrabianą.

* Prof. dr hab. inż. Czesław Niżankowski (nizan@mech.pk.edu.pl), mgr inż. Damian Cebulski (m6@mech.pk.edu.pl) – Wydział Mechaniczny Politechniki Krakowskiej

Do oczyszczania powierzchni wysokoenergetyczną strugą suchego lodu wykorzystuje się urządzenia jedno-przewodowe albo dwuprzewodowe.

Oprócz braku toksyczności dla środowiska oraz obecności innych produktów odpadowych niż substancje zawarte w usuwanej powłoce podstawowymi zaletami techniki oczyszczania powierzchni wysokoenergetyczną strugą suchego lodu są: „suchy” charakter procesu (brak fazy ciekłej po zetknięciu się ziaren pelletu z powierzchnią obrabianą), bezwonność i antybakteryjność pelletu, wszechstronność metody (możliwość oczyszczania urządzeń w ruchu i pod napięciem elektrycznym) oraz niewystępowanie zjawiska zakleszczania się kształtek pelletu w otworach przedmiotów obrabianych. Ta technika odgrywa dużą rolę w przemyśle spożywczym, gdzie często zastępuje kriogeniczną, wysokoenergetyczną strugę wodno-lodową.

W wielu przedsiębiorstwach omawiana metoda pozwala na poprawę ekonomicznych wskaźników produkcji przez redukcję przerw roboczych oraz osobowych kosztów czyszczenia, konserwacji i utylizacji stosowanych dotychczas chemikaliów [1].

Ogólnie efektywność procesu usuwania jakiegokolwiek powłoki wysokoenergetyczną strugą suchego lodu wyznacza się według następującej zależności:

$$E_u = \frac{G}{t_0}$$

gdzie: t_0 – czas obróbki, s; G – względne zużycie efektorów obróbkowych, kg^{-1} , obliczane ze wzoru:

$$G = \frac{V_{kl}}{m_{pl} \cdot V_{pw}}$$

gdzie: V_{kl} – objętość usuniętego kleju w mm^3 w czasie t_s , m_{pl} – masa zużytego pelletu lodowego w kg w czasie t ; V_{pw} – objętość zużytego sprężonego powietrza w mm^3 w czasie t_0 .

Badania doświadczalne efektywności procesu usuwania klejów w dziewięciu gatunkach, którymi pokryto (na wysokość 1 mm) dziewięć odrębnych płytek o wymiarach 200×300 mm wyciętych ze stalowej blachy 1H18N9T, przeprowadzono w firmie ICETECH Poland. Wykorzystano obrabiarkę typu KG12, pracującą przy zalecanym ciśnieniu 5 bar, oraz dyszę 7 mm oddaloną od oczyszczanej powierzchni o 25 cm i pochyloną względem niej o kąt ok. 60° .

Oczyszczaniu peletem lodowym poddano powierzchnie pokryte klejami z następujących gatunków:

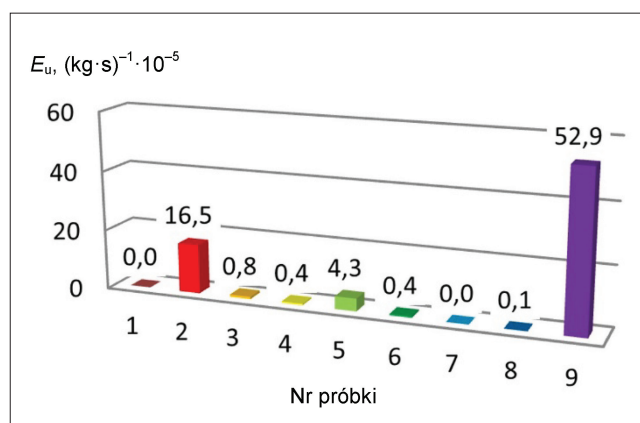
- klejem akrylowym TECS10 – próbka 1,
- klejem na bazie żywicy PVA o symbolu Extracoll HV1 – próbka 2,
- klejem kazeinowym o symbolu Multicollac TW02 – próbka 3,
- klejem skrobiowym o symbolu Latyl E280 – próbka 4,
- klejem benzenowym o symbolu Multicollac FH24 – próbka 5,
- klejem na bazie żywicy SBS o symbolu Extrem Super Spray – próbka 6,
- klejem neoprenowym (kauczukowym) o symbolu Novopren Brico – próbka 7,
- klejem na bazie żywicy dichlorku metylenu o symbolu Tensorgrip – próbka 8,
- klejem zwierzęcym o symbolu Colgel 550 – próbka 9.

Replikacji badań nie wykonywano. Każdorazowo stosowano poprzeczno-równoległą strategię położenia torów obróbkowych i mierzono stoperem całkowity czas usunięcia powłoki kleju. Wykorzystując charakterystykę producenta obrabiarki KG12 firmy ICETECH, masę zużytego pelletu lodowego (w kg) i objętość zużytego sprężonego powietrza (w mm^3) obliczano z zależności:

$$m_{pl} = \frac{t_0 \cdot 40}{3600}$$

$$V_{pw} = \frac{t_0 \cdot 2,7}{60} \cdot 10^9$$

Objętość usuwanych powłok klejowych wynosiła $V_{kl} = 60\,000 \pm 700 \text{ mm}^3$. Do obliczeń przyjęto każdorazowo wartość nominalną V_{kl} . Wyniki badań doświadczalnych przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Histogramy efektywności usuwania różnych klejów przemysłowych (wg danych [1]) wysokoenergetyczną strugą suchego lodu

Podsumowanie

Wyniki przeprowadzonych badań doświadczalnych potwierdziły, że:

- przyjęta postać zespolonego wskaźnika efektywności usuwania klejów przemysłowych wysokoenergetyczną strugą suchego lodu jest prawidłowa,
- technika obróbki wysokoenergetyczną strugą suchego lodu jest w pełni przydatna do oczyszczania powierzchni stalowych, pokrytych lub zanieczyszczonych klejami przemysłowymi w różnych gatunkach,
- najwyższą efektywność obróbki uzyskuje się w przypadku oczyszczania powierzchni stalowych pokrytych klejami pochodzenia zwierzęcego, a najniższą – w przypadku powierzchni pokrytych klejami syntetycznymi na bazie żywic kauczukowych i akrylowych (wynika to z różnic sił adhezji poszczególnych klejów do podłoża).

LITERATURA

1. Cebulski D. „Wpływ rodzaju i gatunku kleju na zdolności jego usuwania strugą suchego lodu”. Praca dyplomowa magisterska (promotor: C. Niżankowski). Kraków: Politechnika Krakowska, 2015.
2. Katalogi i prospekty firmy ICETECH 2015.
3. www.alkion.pl (dostęp: 11.01.2016 r.).
4. www.icetechworld.com (dostęp: 05.10.2015 r.).
5. www.linde-gaz.pl (dostęp: 04.01.2016 r.).