

Współczesne pneumatyczne kabinowe oczyszczarki strumieniowo-ścierne

Część I

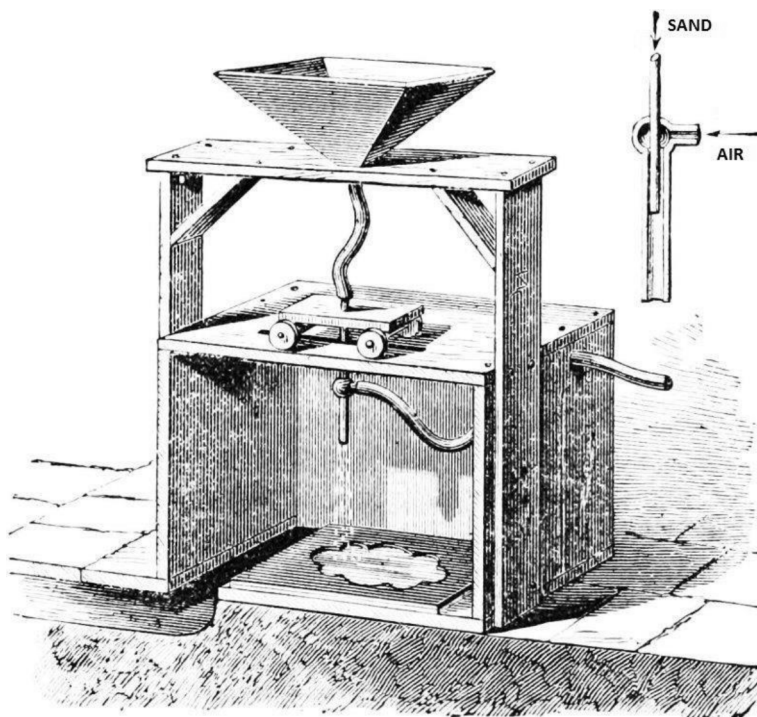
KAZIMIERZ WOŹNIAK*

Obróbka strumieniowo-ścierna należy do najbardziej rozpowszechnionych metod obróbki ścierniej luźnym ścierniwem. Polega ona na tym, że ziarna ścierne unoszone są z dużą prędkością przy użyciu płynu (cieczy, gazu lub cieczy i gazu) występującego pod zwiększonym ciśnieniem lub przy użyciu siły odśrodkowej koła rzutowego. Powstający wówczas strumień ścierny kierowany jest na powierzchnię obrabianą dla wykonania pracy skrawania i oczyszczenia tej powierzchni.

Początki oczyszczania pneumatycznego, podobnie jak wirnikowego, związane są z działalnością amerykańskiego wynalazcy Tilghmana, dla którego

obserwacja skutków uderzeń piasku kwarcowego na szyby na pustyni, podczas burz piaskowych, była inspiracją do zaproponowania w 1870 roku

piaskowania jako metody obróbki powierzchni. Ideę takiej obróbki ilustruje proste urządzenie, którego oryginalny schemat zamieszczono na rys. 1.



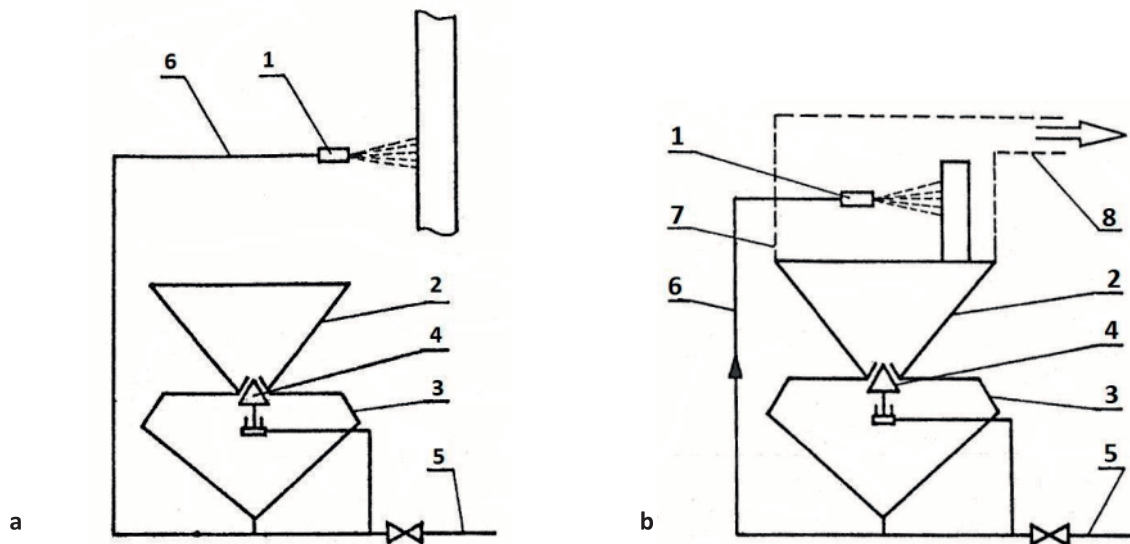
Tilghman jest autorem pierwszego patentu amerykańskiego nr 108 408 z 18 października 1870 roku opisującego tę metodą [2]. Oryginalny rysunek pomysłu Tilghmana zamieszczony na rys. 2 ilustruje tę ideę. Proponowanym ścierniwem był piasek kwarcowy, a medium napędzającym ścierniwo i tworzącym strumień ścierny było sprężone powietrze lub para wodna. Te dwa rozwiązania można określić jako idee pneumatycznej oczyszczarki ciśnieniowej.

Godnym przywołania jest kolejny patent Tilghman z 1903 roku, w którym zaproponował instalację ciśnieniowego piaskowania z cyrkulacją ścierniwa. Oryginalny rysunek z tego patentu zamieszczono na rys. 3.

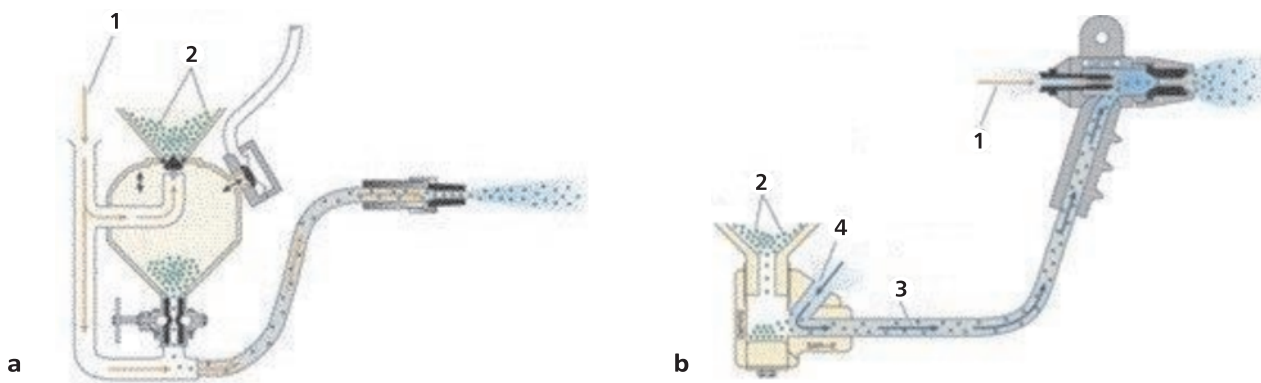
Idee instalacji pneumatycznej obróbki strumieniowo-ścierniej zamieszczone na rys. 1–3 rozwijane w kolejnych latach, przez różnych twórców, doprowadziły do współczesnych rozwiązań konstrukcyjnych wykorzystujących strumień ścierniwa formowany przez sprężone powietrze lub strumień wody pod ciśnieniem.

Rys. 1. Urządzenie Tilghmana do piaskowania [1]

* Dr hab. inż. Kazimierz Woźniak, MARBAD Sp. z o.o. w Warszawie



Rys. 4. Schemat pneumatycznej obróbki strumieniowo-ścierniej: a) otwarty obieg ścierniwa, b) zamknięty obieg ścierniwa: 1) dysza, 2) zbiornik pośredni, 3) ciśnieniowy zbiornik ścierniwa, 4) zawór, 5) przewód doprowadzający sprężone powietrze, 6) przewód doprowadzający ścierniwo, 7) komora robocza, 8) odprowadzenie pyłów



Rys. 5. Schemat ciśnieniowego (a) i inżektorowego (b) systemu pneumatycznej obróbki strumieniowo-ścierniej [4]: 1) sprężone powietrze, 2) ścierniwo, 3) strumień ścierniwa, 4) podciśnienie

W systemie inżektorowym strumień ścierny formowany jest dopiero w pistolecie przed wlotem do dyszy. Jest to system mniej wydajny (o około 50%) i zużywa więcej sprężonego powietrza, a więc i więcej energii niż system ciśnieniowy. Skutek oczyszczania pistoletem w oczyszczarce inżektorowej przy roboczym ciśnieniu 0,7 MPa jest taki sam, jak podawany z oczyszczarki ciśnieniowej przy ciśnieniu 0,4 MPa [5]. Te dwa systemy podawania ścierniwa występują w różnego rodzaju oczyszczarkach z obiegiem otwartym i z obiegiem zamkniętym. Oczyszczarki pneumatyczne można podzielić na dwie podstawowe grupy:

- oczyszczarki kabinowe,
- oczyszczarki syfonowe zwane też mobilnymi lub piaskarkami.

Oczyszczarki kabinowe

Są one przeznaczone do oczyszczania i obróbki powierzchni przedmiotów znajdujących się wewnątrz kabiny. Operator wykonujący obróbkę strumieniowo-ścierną stoi przed kabiną i wkłada ręce do środka kabiny, przez otwory znajdujące się w jej obudowie. W środku kabiny znajduje się głowica robocza z dyszą przez którą kierowany jest strumień ścierny na powierzchnię obrabianą. Operator obserwuje proces obróbki przez szybę okna znajdującego się w obudowie oczyszczarki nad otworami dla rąk operatora.

Oczyszczarki kabinowe pracują w układzie zamkniętym. Ścierniwo po uderzeniu w powierzchnię obrabianą opada

na stożkowe dno kabiny i jest zwracane do obiegu roboczego. Z kabiny odciągane są pyły i drobne cząstki materiału usuniętego z powierzchni obrabianej. Ubytek masy śrutu musi być uzupełniany przez dosypywanie do kabiny świeżych porcji śrutu, aby w obiegu roboczym znajdowała się zawsze wystarczająca ilość śrutu.

Oczyszczarki kabinowe dzielą się na dwie odmiany: oczyszczarki inżektorowe (Rys. 6) i oczyszczarki ciśnieniowe (Rys. 7).

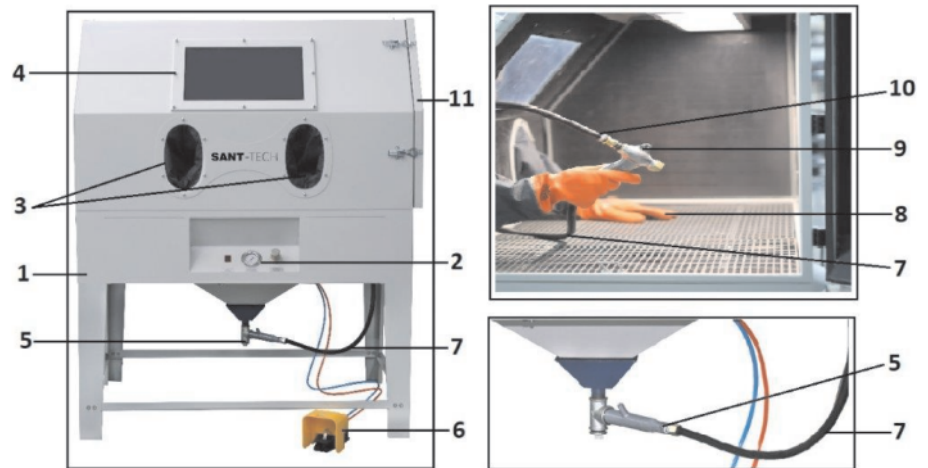
Wnętrze kabin oczyszczarek kabinowych przedstawione zostało w prawym górnym rogu rys. 6 i 7. Widoczny na rys. 6 pistolet inżektorowy ma doprowadzone dwa węże. Jeden z dołu (7) na zasysane ścierniwo, zaś drugi od góry

(10) na sprężone powietrze. W przypadku oczyszczarek ciśnieniowych operator trzyma w ręce uchwyt z dyszą, do którego doprowadzony jest jeden wąż gumowy (9) doprowadzający mieszankę powietrzno-ścierną o koncentracji ścierniwa ustalonej przez zawór dozujący (6). W kabinach znajduje się też wąż doprowadzający sprężone powietrze. Jest on zakończony pistoletem i służy do zdmuchiwania z obrabianej powierzchni śrutowanych przedmiotów resztek drobnych frakcji ścierniwa i cząstek usuniętych z tej powierzchni.

Istotnym i nierozłącznym składnikiem instalacji obróbki przy użyciu oczyszczarek kabinowych jest zespół odpylający kabinę roboczą. Wydajność tej instalacji oraz jej budowa zależy od wymiarów komory. W standardowych, warsztatowych oczyszczarkach komorowych są to najczęściej połączone z oczyszczarką podciśnieniowe odciągi pyłów, jak to przedstawiono na rys. 8. Są one wyposażone w wentylator promieniowy, patronowy wkład filtrujący, opcjonalnie układ automatycznego strzepywania pyłu z wkładów filtracyjnych oraz zbiornik na odpady.

Na proces obróbki strumieniowo-ścierną przy użyciu oczyszczarek kabinowych i na efekty obróbki wpływ posiadają zarówno parametry ścierniwa oraz sprężonego powietrza, jak i elementy konstrukcyjne oczyszczarki. W przypadku sprężonego powietrza istotne są przede wszystkim: ciśnienie, wydatek sprężonego powietrza oraz jego zawilgocenie. Oczyszczarki kabinowe są urządzeniami stacjonarnymi, pracującymi najczęściej wewnątrz pomieszczeń warsztatowych lub produkcyjnych. Są one więc zasilane sprężonym powietrzem z instalacji sprężonego powietrza istniejącej w danym zakładzie lub są zasilane specjalnymi kompresorami, najczęściej śrubowymi zasilanymi elektrycznie. W każdym przypadku w instalacji oczyszczarki znajdować się powinien osuszacz powietrza.

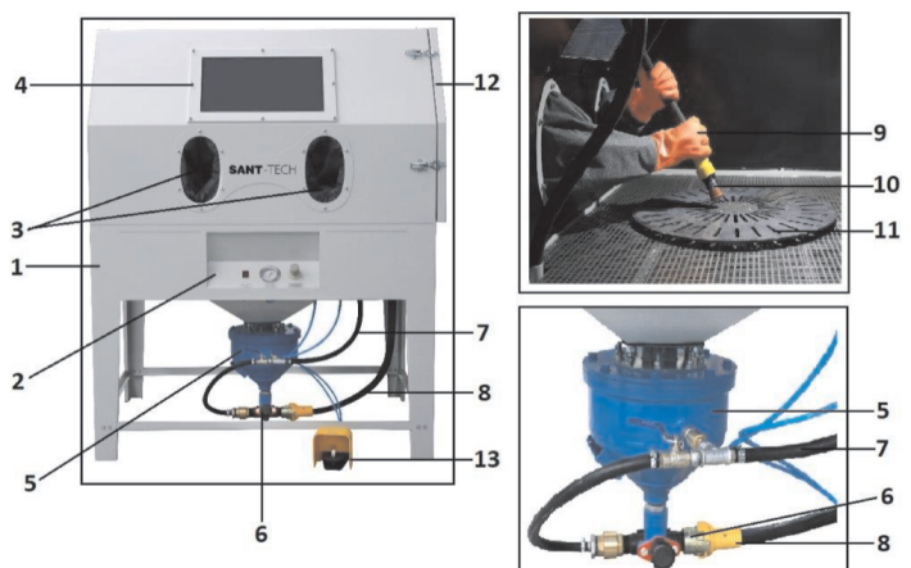
O obiegu powietrza w oczyszczarce kabinowej rozstrzygają dwa zawory – zawór sterujący i regulator ciśnienia. Do włączania i wyłączania procesu obróbki służy dźwignia sterująca. Zwolnienie dźwigni powoduje natychmias-



Rys. 6. Oczyszczarka kabinowa inżektorowa [5]: 1) kabina, 2) panel sterowania (regulator ciśnienia, manometr, wyłącznik oświetlenia), 3) otwory na ręce operatora, 4) wizjer dla operatora, 5) zestaw inżektorowy do przejmowania ścierniwa po obróbce, 6) pneumatyczny pedał sterowania, 7) przewód doprowadzający ścierniwo do pistoletu inżektorowego z dyszą, 8) rękawice do śrutowania, 9) pistolet inżektorowy, 10) przewód doprowadzający sprężone powietrze do pistoletu inżektorowego, 11) drzwi boczne kabiny roboczej

towe przerwanie procesu czyszczenia. Proces rozpoczyna się natomiast w momencie wciśnięcia dźwigni. Przed przypadkowym załączeniem układu chroni zamontowany odrzutnik ze sprężyną. W oczyszczarkach kabinowych dźwignia sterująca jest dźwignią nożną nazywana też pedałem sterowania nożnego. Jest to najczęściej dźwignia sterowana

pneumatycznie. Są do niej podłączone dwa przewody powietrza, z których jeden doprowadzony jest do zaworu sterującego a drugi do blokady drzwi do kabiny. Regulator ciśnienia powoduje stabilizację ciśnienia powietrza na ustalonym poziomie (najczęściej 6 barów). Zawór wyposażony jest w manometr wskazujący na ciśnienie w węźle do-



Rys. 7. Oczyszczarka kabinowa ciśnieniowa [5]: 1) kabina, 2) panel sterowania (regulator ciśnienia, wyłącznik oświetlenia), 3) otwory na ręce operatora, 4) wizjer dla operatora, 5) zbiornik ciśnieniowy, 6) zawór dozujący ścierniwo, 7) wąż doprowadzający sprężone powietrze, 8) wąż doprowadzający strumień ścierny do dyszy, 9) rękawice do śrutowania, 10) uchwyt z dyszą, 11) stół roboczy, 12) drzwi boczne kabiny roboczej, 13) pneumatyczny pedał sterowania



Rys. 8. Ciśnieniowa oczyszczarka kabinowa z odsłoniętym odciąganiem pyłów firmy New-Tech [6]

chodzącym do pistoletu śrutującego. Zawór sterujący zamyka i otwiera przewód sprężonego powietrza po otrzymaniu sygnału od dźwigni nożnej.

Obieg sprężonego powietrza w oczyszczarce inżektorowej zamyka pistolet (rys. 9), który zasysa ścierniwo poprzez wąż z kolektora ssącego zestawu inżektorowego. Ścierniwo pracuje w niej w obiegu zamkniętym. Po uderzeniu strumienia ściernego w powierzchnię obrabianą, ścierniwo uwolnione przez układ odpylający od drobnych cząstek powstających w wyniku jego rozdrobnienia oraz drobnych cząstek z powierzchni obrabianej, opada na stożkowe dno oczyszczarki i jest ponownie zawracane do procesu obróbki. Proces obróbki strumieniowo-ściernej w inżektorowej oczyszczarce kabinowej można zatem określić jako proces ciągły. Ubytki ścierniwa z roboczej mieszanki ściernej powstałe w wyniku jego rozdrabniania w procesie obróbki, powinny być uzupełniane przez dosypywanie określonych doświadczalnie porcji nowego ścierniwa do kabiny.

Fakt, że w oczyszczarce inżektorowej ścierniwo zostaje wprowadzone w strumień sprężonego powietrza dopiero w pistolecie śrutującym, powoduje, że strumień ścierny tworzy się na bardzo krótkiej drodze, tylko wewnątrz dyszy.

Z powodu tej krótkiej drogi, a tym samym z powodu bardzo krótkiego czasu przebywania ścierniwa w strumieniu sprężonego powietrza, ziarna ściernie u wylotu z dyszy nie uzyskują odpowiednio dużej prędkości. W tych warunkach energia kinetyczna strumienia ściernego uderzającego w obrabianą powierzchnię jest znacznie mniejsza, niż gdyby prędkość ziaren była zbliżona do prędkości strumienia sprężonego powietrza. Taka sytuacja ma miejsce w przypadku oczyszczarek ciśnieniowych – rys. 7, w których od chwili wprowadzenia ścierniwa przez zawór dozujący (6) ma miejsce formowanie się strumienia ściernego wzdłuż węża aż do wylotu z dyszy (10).

wyposażony w zawór grzybkowy samoczynnie zamykający zbiornik po podaniu do niego sprężonego powietrza (Rys. 10). Zawór grzybkowy, przy wzroście ciśnienia w zbiorniku, swobodnie podnosi się do góry zamykając zbiornik i opada w dół przy dekompresji zbiornika. Otwiera w ten sposób zbiornik ciśnieniowy na nową porcję ścierniwa która znajduje się w leju komory roboczej oczyszczarki znajdującym się bezpośrednio nad zbiornikiem ciśnieniowym.

Sprężone powietrze ze sprężarki – rys. 11, przed pobraniem porcji ścierniwa, przechodzi kolejno przez regulator ciśnienia z manometrem (2), zawór sterujący (3)



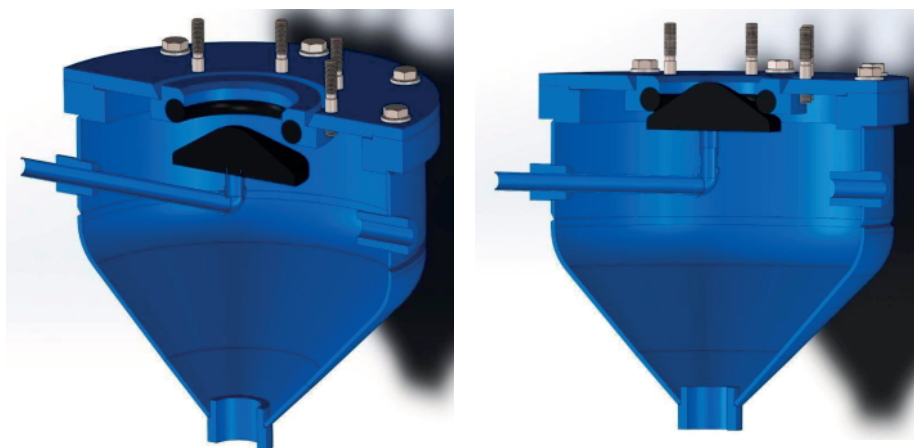
Rys. 9. Pistolet inżektorowy metalowy wraz z dyszą (a) i pistolet z tworzywa sztucznego (b)

W czasie tej drogi ścierniwo zwiększa stopniowo swoją prędkość uzyskując u wylotu z dyszy prędkość zbliżoną do prędkości strumienia powietrza sprężonego. Przy prędkości znacznie większej niż w przypadku inżektorowego zasysania ścierniwa, strumień ścierny uderza w powierzchnię obrabianą ze znacznie większą prędkością i z większą energią kinetyczną. Zapewnia to lepszą wydajność procesu oczyszczania powierzchni.

W kabinowych oczyszczarkach ciśnieniowych obieg powietrza i ścierniwa jest bardziej rozbudowany w porównaniu z oczyszczarkami inżektorowymi. Głównym elementem tych oczyszczarek jest zbiornik ciśnieniowy (5). Jest on

i zawór dozujący ścierniwo (5). Z przewodu doprowadzającego sprężone powietrze do oczyszczarki odprowadzane są najczęściej dwa węże. Jeden z nich zasila w sprężone powietrze pistolet znajdujący się w kabine roboczej przeznaczony do zdmuchiwania zanieczyszczeń z obrabianej powierzchni. Drugi wąż doprowadza sprężone powietrze do zbiornika ciśnieniowego znajdującego się w odpylaczu, a przeznaczonego do wytwarzania impulsów służących do wstrząsania wkładami filtracyjnymi celem ich oczyszczenia z pyłów znajdujących się na ich zewnętrznej powierzchni.

Z przewodu za zaworem doprowadzone jest sprężone powietrze do zbiornika



Rys. 10. Budowa zbiornika ciśnieniowego z widocznym zamknięciem grzybkowym [7]

ciśnieniowym (4). Ciśnienie w zbiorniku ciśnieniowym jest takie samo jak w przewodzie sprężonego powietrza za regulatorem ciśnienia. Umożliwia to grawitacyjne zasilanie ścierniwa poprzez zawór (5) do węża transportują-

w jaki wyposażone są najczęściej oczyszczarki kabinowe, następuje najczęściej poprzez dyszę lub przez otwarcie zaworu spustowego. Większe zbiorniki ciśnieniowe wyposażone są dodatkowo w membranowy zawór od-

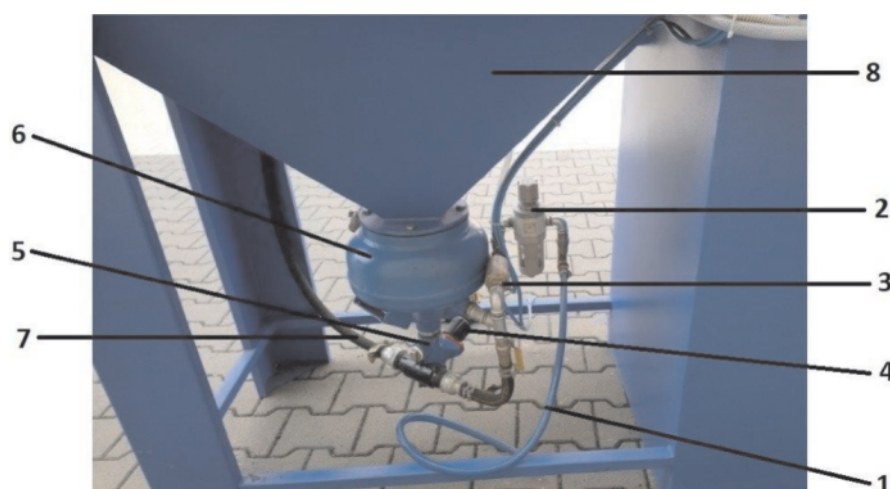
do zbiornika ciśnieniowego można kontynuować proces obróbki strumieniowo-ścierniej. Cykl obróbki w ciśnieniowych oczyszczarkach kabinowych jest zatem podporządkowany ilości ścierniwa znajdującego się w zbiorniku ciśnieniowym. Jego ilość powinna być dostosowana do parametrów oczyszczarki i rodzaju obróbek realizowanych w danej oczyszczarce. Odstępy czasu na dekompresję tego zbiornika i jego napełnianie nową porcją ścierniwa powinny uwzględniać czasy potrzebne na obróbkę przedmiotów wprowadzonych do komory roboczej oczyszczarki.

Zakończenie

Współczesna obróbka strumieniowo-ścierna ma do dyspozycji takie nowoczesne urządzenia jakimi są pneumatyczne oczyszczarki kabinowe. Są to głównie podręczne warsztatowe oczyszczarki, ale również w pełni zautomatyzowane nowoczesne urządzenia umożliwiające realizację różnorodnych procesów obróbki strumieniowo-ścierniej. W drugiej części artykułu przedstawiony zostanie przegląd współczesnych oczyszczarek kabinowych.

Literatura

1. Ramirez J.: The Inventor of Sandblasting was a really American Hero. Industrial Outpost, January 10, 2017. www.industrialpost.com
2. Tilghman B.C.: Improvement in cutting and engraving stone, metal, glass & c. US Pat. 108 408 (1870), Patent brytyjski nr 2147 (1870).
3. Tilghman B.C.: Sand blast machinery. US Pat. 797 080 (1903).
4. Introduction to blasting – Metal Finishing Systems. www.metalfinishing.com
5. Materiały techniczne firmy Sant-Tech. (Polska). www.sant-tech.pl
6. Materiały techniczne firmy New Tech (Polska). www.piaskarki.pl
7. Materiały techniczne firmy Komnino Sp. z o.o. (Polska) www.komnino.com.pl



Rys. 11. Instalacja przebiegu sprężonego powietrza w ciśnieniowej oczyszczarce kabinowej firmy New Tech [6]: 1) wąż doprowadzający sprężone powietrze do oczyszczarki, 2) regulator ciśnienia z manometrem, 3) zawór sterujący, 4) doprowadzenie sprężonego powietrza do zbiornika ciśnieniowego, 5) zawór dozujący ścierniwo, 6) zbiornik ciśnieniowy, 7) wąż doprowadzający strumień ścierny do dyszy w komorze roboczej, 8) lej komory roboczej oczyszczarki

cego (7), który poprzez dyszę w formie strumienia ściernego jest kierowane na obrabianą powierzchnię. Po wyczerpaniu zapasu ścierniwa w zbiorniku ciśnieniowym, poprzez zwolnienie pneumatycznego pedału sterowania, zawór sterujący odcina dopływ sprężonego powietrza do oczyszczarki. Dekompresja małego zbiornika ciśnieniowego,

powietrzający. Odpowietrzenie zbiornika ciśnieniowego powoduje opadnięcie grzybka zamykającego i pełne odpowietrzenie układu pneumatycznego. Ścierniwo znajdujące się w leju komory roboczej napełnia wówczas zbiornik ciśnieniowy. Po ponownym naciśnięciu dźwigni zaworu sterującego powodującego dopływ sprężonego powietrza