

Karolina Perz¹⁾

STRATY ENERGII W UKŁADACH SPRĘŻONEGO POWIETRZA W ZAKŁADACH PRZEMYSŁU SPOŻYWCZEGO

Streszczenie. Efektywne wykorzystanie energii w zakładach przemysłowych jest jednym z głównych filarów współczesnej polityki energetycznej w Europie. Sprężone powietrze jest bardzo często postrzegane jako tanie, a nawet darmowe źródło energii. Nic bardziej błędnego. Liczne badania potwierdzają, że przemysł wykorzystuje tylko około 30% produkowanego sprężonego powietrza, reszta jest tracona w wyniku nieszczelności, nieodpowiedniego ciśnienia przygotowanego powietrza, niewłaściwym użyciem, itp. Praca pokazuje możliwości zmniejszenia zużycia energii w procesie wytwarzania i eksploatacji sprężonego powietrza. Omówiono w niej podstawowe zagadnienia pozwalające na zmniejszenie energochłonności tego procesu. Potencjał możliwości oszczędności należy skupić przede wszystkim na usunięciu wycieków, zadbać o prawidłowe przekroje rurociągów służących do dystrybucji powietrza, dbać o regularną wymianę filtrów i o konserwację urządzeń w sieci. Sprężone powietrze jest wygodnym, ogólnodostępnym medium znajdującym szerokie zastosowanie praktycznie we wszystkich branżach przemysłu spożywczego. Niestety jest przy tym również kłopotliwe zarówno przy wytwarzaniu, jak i przygotowaniu do użytku. Dlatego stale poszukuje się równie wygodnych alternatywnych rozwiązań i sposobów na poprawienie efektywności jego użycia.

Słowa kluczowe: oszczędność energii, sprężone powietrze, wyciek, nieszczelność, redukcja kosztów.

ZASTOSOWANIE SPRĘŻONEGO POWIETRZA W PRZEMYSŁE SPOŻYWCZYM

Sprężone powietrze znalazło szerokie zastosowanie w przemyśle spożywczym między innymi w liniach napełniających, laboratoriach, do drylowania, rozdrabniania, siekania, rozpylania, suszenia rozpyłowego, pakowania próżniowego, homogenizacji, fluidyzacji, odpowietrzania, zagęszczania materiałów proszkowych (poprzez odsysanie powietrza), lub do filtrowania cieczy i gazów, napowietrzania, udrażniania, spulchniania, podcinania nawisów, i transportu materiałów sypkich.

Sprężone powietrze w przemyśle spożywczym w zależności od zastosowania powinno posiadać odpowiednią klasę czystości. W operacjach technologicznych w których powietrze nie ma bezpośredniego styku z produkowaną żywnością, nie jest konieczne jego bardzo dokładne oczyszczanie. Powietrze o niskim stopniu oczysz-

¹⁾ Instytut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych, Wydział Maszyn Roboczych i Transportu, Politechnika Poznańska, e-mail: karolina.perz@put.poznan.pl

czenia znalazło zastosowanie między innymi we wszystkich siłownikach pneumatycznych. Siłowniki takie stosowane są często w przemyśle mięsnym i owocowo-warzywnym, w procesach cięcia i siekania produktów. Stosuje się też je w procesach oczyszczania produktów zwierzęcych i do wciskania orzechów laskowych do czekolady. Jednym z ciekawszych rozwiązań są siłowniki prasujące do formowania serów żółtych.

Często też sprężone powietrze stosowane jest w procesach mycia i pianowania maszyn i urządzeń w przemyśle spożywczym. Stosowane są do tego celu myjki ciśnieniowe o parametrach od 2,5 do 12 MPa (mycie wysokociśnieniowe). Zadaniem mycia wysokociśnieniowego i pianowania jest przede wszystkim usunięcie zanieczyszczeń. Do usuwania zanieczyszczeń w liniach technologicznych często też stosowane są linie centralnego odkurzania stanowisk paczkujących, gdzie pojawiają się zanieczyszczenia z produktu np. pakowanie paluszków, przypraw, kawy – których operacją składową jest przedmuch sprężonym powietrzem.[6]

Celem pracy jest przedstawienie potencjalnych możliwości oszczędności energii poniesionej na przygotowanie sprężonego powietrza. Wprowadzenie ich pozwoli na obniżenie kosztów eksploatacji sieci, przez co w istotny sposób wpłynie na bilans ekonomiczny przedsiębiorstwa.

ZALETY I WADY SPRĘŻONEGO POWIETRZA

Powszechne stosowanie sprężonego powietrza wynika z zalet tego czynnika roboczego, którymi między innymi jest fakt że jest bezpieczne, naturalne i łatwe w zastosowaniu. Inne zalety to:

- jest ogólnodostępne,
- jest łatwe do transportu przewodowego na dość znaczne odległości,
- po wykorzystaniu energii zawartej w sprężonym powietrzu nie trzeba go zwracać do sieci i ewentualnie wymieniać,
- jest czyste (nie grozi porażeniem i nie zanieczyszcza otoczenia w razie awarii instalacji),
- jest odporne na wahania temperatury – gwarantuje poprawną i niezawodną pracę nawet w skrajnych temperaturach otoczenia,
- sprężone powietrze zwykle o ciśnieniu (0,4 – 0,7) MPa jest bardzo dobrym źródłem do wytwarzania sił w granicach do kilkunastu kN [7].

Poza niezaprzeczalnymi zaletami wymienionymi powyżej sprężone powietrze posiada również wady:

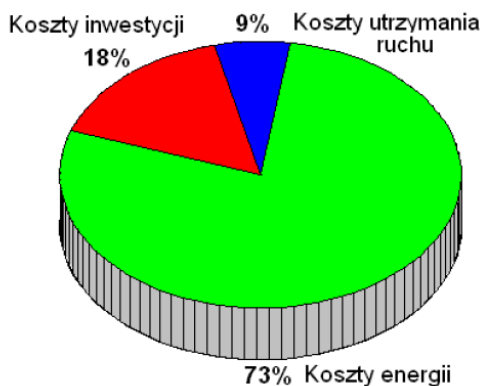
- w wyniku nieszczelności sieci mogą pojawiać się wahania ciśnienia czynnika roboczego jakim jest powietrze,
- mogą występować w układzie zmiany wartości sił wewnętrznych co jest związane z powyższą wadą [7].

W przypadku stosowania sprężonego powietrza w przemyśle spożywczym dochodzi jeszcze jeden problem, mianowicie sprostanie wymaganiom jakie musi spełniać wykorzystywane powietrze. Wdrażanie norm jakościowych (ISO, HACCP) w polskich zakładach przemysłowych i rosnące ciągle wymagania stawiane artykułom żywnościowym produkowanym przez krajowych i zagranicznych konsumentów przekładają się bezpośrednio na reżim technologiczny i skłaniają do dokładniejszej analizy problemu czystości powietrza.

ZAPOTRZEBOWANIE ENERGETYCZNE UKŁADÓW SPRĘŻONEGO POWIETRZA

Efektywne wykorzystanie energii w zakładach przemysłowych jest jednym z głównych filarów współczesnej polityki energetycznej w Europie. Jednak cały czas dzisiejszy świat w sposób zdecydowany zmierza ciągle w kierunku wzrostu zużycia energii pierwotnej. Sprężone powietrze jest bardzo często postrzegane jako tanie, a nawet darmowe źródło energii. Nic bardziej błędnego. Liczne badania potwierdzają, że przemysł wykorzystuje tylko około 30% produkowanego sprężonego powietrza [1], reszta jest tracona w wyniku nieszczelności, nieodpowiedniego ciśnienia sprężonego powietrza, niewłaściwym użyciem, itp.

Sprężone powietrze jest drogim nośnikiem energii ze względu na duże koszty wytwarzania, przygotowania i przesyłania. Do sprężania powietrza wykorzystuje się sprężarki napędzane silnikami elektrycznymi lub spalinowymi, które zużywają energię elektryczną lub paliwa wytwarzane ze źródeł naturalnych. Na rysunku 1 przedstawiono udział kosztów energii elektrycznej w ogólnych kosztach eksploatacji sprężarek – wynosi on około 73%.



Rys. 1. Koszt eksploatacji sprężarek [2]

Możliwości oszczędności energii w instalacjach sprężonego powietrza wiążą się przede wszystkim ze zmniejszeniem zużycia energii do napędu sprężarek, prze-

syłania sprężonego powietrza i sterowania systemami pneumatycznymi. Odnosząc się do zagadnienia drugiego dotyczącego zmniejszenia zużycia energii podczas przesyłu sprężonego powietrza podstawowym zadaniem jest zwrócenie uwagi na nieszczelności występujące w instalacji.

Podawane przez różne źródła wyliczenia świadczą, że tylko od 5% do 20% [4] energii elektrycznej zamieniane jest na energię sprężonego powietrza. Średnio 30% tej energii „wypuszczana” jest z powrotem do atmosfery, przez wszelkiego rodzaju nieszczelności w instalacjach i urządzeniach pneumatycznych. Reszta energii elektrycznej zamieniana jest w sprężarkach na ciepło. W samych tylko Stanach Zjednoczonych szacuje się straty z tytułu źle zaprojektowanych i eksploatowanych instalacji sprężonego powietrza na kilka mld USD rocznie.

POTENCJAŁ OSZCZĘDNOŚCI ENERGII W INSTALACJI SPRĘŻONEGO POWIETRZA W PRZEMYŚLE SPOŻYWCZYM

Szukanie oszczędności energii w sieciach sprężonego powietrza należy zacząć od analizy jej stanu, zarówno pod kątem możliwości występowania nieszczelności, po stronie urządzeń wytwarzających sprężone powietrze, instalacji przesyłowej, jak i jego odbiorników. Opracowanie przygotowane na potrzeby krajów Unii Europejskiej „Systemy sprężonego powietrza w Unii Europejskiej. Raport końcowy” z października 2000 roku określa potencjał oszczędności energii według wskaźnika możliwości zastosowania podawanego w procentach. Określa on udział działających instalacji sprężonego powietrza, w których zastosowanie danego rozwiązania jest możliwe do realizacji i jest ekonomicznie uzasadnione [3].

Oszczędności te odnoszą się do następujących działań:

1. Redukcja wycieków powietrza – 80% potencjału zastosowania.
2. Redukcja strat ciśnienia wynikających z tarcia – 50% potencjału zastosowania.
3. Prawidłowe projekty całych instalacji sprężonego powietrza – 50% potencjału zastosowania.
4. Częstsze wymiany wkładów filtrów – 40% potencjału zastosowania.
5. Unowocześnienie sprężarek – 30% potencjału zastosowania.
6. Napędy zmiennieobrotowe – 25% potencjału zastosowania.
7. Silniki elektryczne wysokiej wydajności – 25% potencjału zastosowania.
8. Stosowanie zaawansowanych systemów sterowania – 20% potencjału zastosowania.
9. Odzysk ciepła odpadowego – 20% potencjału zastosowania.
10. Poprawa systemów chłodzenia, osuszania i filtracji – 10% potencjału zastosowania.
11. Dopasowywanie właściwych urządzeń końcowych (odbiorczych) – 5% potencjału zastosowania [3].

Z przedstawionego zestawienia wynika że, największy potencjał oszczędności tkwi w dystrybucji sprężonego powietrza, czyli dotyczy szczelności, prawidłowego projektu jak i utrzymania instalacji w odpowiednim stanie technicznym. Poniżej omówiono działania o największym potencjale oszczędności.

Redukcja wycieków powietrza

Najczęstszymi przyczynami nieszczelności instalacji sprężonego powietrza są:

- wady materiałowe,
- zmęczenie materiału,
- naprężenia konstrukcyjne,
- starzenie materiału (przede wszystkim uszczelek),
- uszkodzenia mechaniczne,
- wpływ środowiska (np. opary agresywnych substancji),
- drgania,
- inne.

Jednak główną przyczyną nieszczelności w instalacjach sprężonego powietrza jest brak kultury technicznej osób obsługujących maszyny i służb technicznych. Jest to najczęściej:

- brak działań zapobiegawczych – brak interwencji w przypadku wykrycia nieszczelności (maszyna pracuje poprawnie jednak zapotrzebowanie sprężonego powietrza na wyjściu ze sprężarki jest dużo większe powodując większe zużycie energii),
- naprawianie objawów, a nie wykrywanie i likwidacja przyczyn powstania nieszczelności – konsekwencją tego jest zwiększenie ciśnienia roboczego lub zwiększenie przepływu na zaworach dławiących zwiększając zużycie energii na wytworzenie wyższego ciśnienia,
- nieodpowiednio przeprowadzone naprawy uszkodzeń – np. stosowanie podkładek na powierzchnie czołowe zamiast wymiany uszczelnienia, stosowanie złączy z gwintem cylindrycznym a nie stożkowym przy uszczelnianiu taśmą teflonową, nieprzestrzeganie zalecanych momentów dokręcania połączeń gwintowanych, itp. [4].

Większości tych nieszczelności można zapobiec na przykład baczniej zwracając uwagę na eksploatację instalacji i urządzeń sieci sprężonego powietrza.

Redukcja strat ciśnienia wynikających z tarcia i prawidłowy projekt instalacji sprężonego powietrza

Straty ciśnienia są bardzo często konsekwencją źle zaprojektowanej instalacji sprężonego powietrza, dlatego zdecydowano się omówić obydwie te zagadnienia

razem. Najczęściej instalacje w przemyśle spożywczym projektowane są dla określonych parametrów wydajności produkcyjnej. W czasie rozwoju firmy wzrasta wydajność, właściciel kupuje kolejną sprężarkę, a instalacja pozostała taka sama. Pojawia się wtedy problem zbyt niskiego ciśnienia w sieci. Aby nie popełniać tego dość częstego błędu warto zastanowić się, nad potencjałem i możliwościami rozwojowymi zakładu. Zatem podczas projektowania i użytkowania instalacji sprężonego powietrza warto pamiętać o zasadach przedstawionych w publikacji [3]:

- spadek ciśnienia pomiędzy zbiornikiem wyrównawczym, a odbiornikami nie powinien przekraczać 10% wartości ciśnienia (0,14 bar straty ciśnienia jest to około 1% kosztów energii zużywanej przez sprężarkę),
- za małe przekroje rurociągów powodują duże prędkości przepływu, a spadki ciśnienia rosną wraz z prędkością i są proporcjonalne do kwadratu prędkości przepływu powietrza w rurociągu,
- aby zapewnić w sieci równe ciśnienia na poszczególnych odbiornikach należy dążyć do wykonania instalacji równoległej (szczególnie dla newralgicznych punktów w procesie produkcji), w celu uniknięcia spadków ciśnienia charakterystycznych dla szeregowych połączeń odbiorników,
- aby zapewnić możliwie duże ciśnienie na końcu pętli lub linii należy stosować zbiorniki sprężonego powietrza,
- największe odbiorniki powinny być instalowane możliwie jak najbliżej źródła sprężonego powietrza, aby uniknąć niepotrzebnych spadków ciśnienia,
- elementy instalacji, które wymagają obsługi powinny być projektowane z obejściem (bypass'em),
- w newralgicznych punktach zakładu powinno się przewidzieć podłączenie sprężarki rezerwowej,
- zawory odcinające pomiędzy siecią a odbiornikami powinny być typu kulowego i zapewniać szczelność, powinny być dokonane za pomocą połączenia elastycznego w celu uniknięcia wprowadzania niepożądanych naprężeń.

Stosowanie się do powyższych zasad i prawidłowości pozwoli na poprawne wykonanie projektu instalacji sprężonego powietrza i dalszą wieloletnią poprawną jej eksploatację.

Częstsze wymiany wkładów filtrów

Bardzo istotnym problemem w eksploatacji sieci sprężonego powietrza jest regularna wymiana wkładów filtrów. Obecnie stosowane filtry pozwalają na jednakowo skuteczne działanie niezależnie od stopnia zanieczyszczenia. Jednakże w miarę jego zanieczyszczenia zwiększa się spadek ciśnienia i maleje ilość sprężonego powietrza przepuszczanego przez filtr. Może to doprowadzić do przekroczenia krytycznego dla wkładu filtrującego spadku ciśnienia i spowodować przerwanie wkładu. W konsekwencji mogą się pojawić zanieczyszczenia w układzie teoretycznie

poddanemu procesowi filtracji. Aby nie dopuścić do takiej sytuacji należy przestrzegać czasów wymiany filtrów lub też monitorować spadek ciśnienia powietrza za filtrem [http://www.alora.pl/49_filtracja_sprezonego_powietrza].

Istotną rolę w zużyciu energii podczas eksploatacji sprężonego powietrza jest dobór odpowiedniego stopnia filtracji wymaganego przez poszczególne odbiorniki. Najczęściej ta sama instalacja sprężonego powietrza jest podłączona do różnego typu odbiorników. Oczyszczanie całego powietrza do poziomu najbardziej wymagającego odbioru nie jest ekonomicznie uzasadnione. W tym wypadku należy dokonać takiego rozdziału instalacji, aby zgrupować odbiorniki o jednakowych parametrach [http://www.comfilter.pl/faq/koszty_oszcz.html].

Dobór sprężarek

Najczęściej popełnianym błędem jest niewłaściwy dobór urządzenia sprężającego. Przyczyną zwiększonych kosztów jest zarówno zbyt duża, jak też zbyt mała sprężarka. Zbyt duża będzie powodowała niepotrzebne koszty podczas biegu jałowego (sprężarka pobiera wtedy 70% mocy znamionowej nie wytwarzając przy tym sprężonego powietrza). Zbyt mała będzie niewystarczająca na pokrycie zapotrzebowania w medium, co może wpłynąć na przestoje w produkcji.

Kolejnym zagadnieniem dotyczącym wykorzystania potencjału oszczędności w przypadku sprężarek jest odpowiedni dobór „zapasu” sprężonego powietrza w sieci generowanego przez sprężarkę. Warto zastanowić się, czy w danym zakładzie planowana jest rozbudowa instalacji i czy ekonomicznie uzasadnione jest instalowanie w sieci sprężarki z „zapasem” 100%. Lepszym rozwiązaniem byłaby instalacja sprężarki z 10% zapasem potrzebnym na pokrycie strat wynikających ze starzenia urządzeń odbiorczych i instalacji, a przewidzieć miejsce na kolejną sprężarkę. W przypadku występowania zmiennego zapotrzebowania na sprężone powietrze na różnych etapach produkcji również bardziej opłacalne jest wykorzystanie zestawu kilku sprężarek, załączanych stosownie do potrzeb. Przykładem dobrego wykorzystania potencjału jest tu układ trzech sprężarek pracujących przemiennie jako: sprężarka podstawowego, średniego i szczytowego obciążenia.

PODSUMOWANIE

Przedstawiono możliwości zmniejszenia zużycia energii w procesie wytwarzania i eksploatacji sprężonego powietrza. Omówiono podstawowe zagadnienia pozwalające na zmniejszenie energochłonności tego procesu. Potencjał możliwości oszczędności należy skupić przede wszystkim na usunięciu nieszczelności, zadbać o prawidłowe przekroje rurociągów służących do dystrybucji powietrza, dbać o regularną wymianę filtrów i o konserwację urządzeń w sieci. Sprężone powietrze jest wygodnym, ogólnodostępnym medium znajdującym szerokie zastosowanie prak-

tycznie we wszystkich branżach przemysłu spożywczego. Niestety jest przy tym również kłopotliwe zarówno przy wytwarzaniu, jak i przygotowaniu do użytku. Również koszty produkcji sprężonego powietrza są wysokie. Dlatego stale poszukuje się równie wygodnych alternatywnych rozwiązań i sposobów na poprawienie efektywności jego użycia.

LITERATURA

1. Blaustein E., Radgen P.: Compressed Air Systems in the European Union. Energy, Emissions, Savings Potential and Policy Actions. Stuttgart 2001.
2. Dindorf R.: Ocena możliwości oszczędzania energii w systemach sprężonego powietrza. Energetyka nr 1, 2010.
3. Halkiewicz W: Jak oszczędzać energię w systemach sprężonego powietrza? Fundacja na rzecz Efektywnego Wykorzystania Energii, Katowice 2009.
4. Koceluch A.: Sprężone powietrze generatorem kosztów, cz. I. Utrzymanie ruchu 4, 2009.
5. MetalWork Pneumatic. Quality and environment, strategy and objectives ISO 14001.
6. Olborska K., Duszyński J., Lewicki P.: Zastosowanie sprężonego powietrza w zakładach spożywczych. Przemysł Spożywczy 8, 2006.
7. Wojdalski J., Domagała A., Kaleta A., Janus P.: Energia i jej użytkowanie w przemyśle rolno-spożywczym. Wyd. SGGW, Warszawa 1998.

ENERGY LOSSES IN THE COMPRESSED AIR SYSTEMS IN THE FOOD INDUSTRY ENTREPRISES

Summary

The effective energy use in the industry plants is one of the main pillars of the modern energetic policy in Europe. Compressed air is very often perceived as the source of the cheap, or even free energy. This is not true. The results of many research clearly show that only 30% of the compressed air produced in the industry power plants is used, the rest is lost in effect of the leaks, inadequate pressure of the air prepared, improper use etc. This paper shows the possibilities of the energy use decrease in the processes of production and use of compressed air. The basic matters allowing the decrease of the energy consumption of this process, are presented. The potential activities leading to more efficient energy use should be focused mostly on the leaks' removals, correct construction of the compressed air pipelines, regular replacement of the filters and relevant maintenance of all the appliances in the whole system.

Compressed air is the convenient, highly accessible medium, finding the broad practical application in the whole food industry. Unfortunately, it also causes many problems during the production and preparation to use. This is the main reason of the search of the more comfortable alternative solutions and ways of its more efficient production and use.

Keywords: energy saving, compressed air, leak, costs reduction.