

Adam Ruciński<sup>1</sup>, Artur Rusowicz<sup>2</sup>,  
Andrzej Grzebielec<sup>3</sup>, Maciej Jaworski<sup>4</sup>  
Politechnika Warszawska

## Wycofywanie czynników chłodniczych i ich bezpieczna utylizacja<sup>5</sup>

### Wstęp

Życie człowieka na Ziemi jest zjawiskiem unikalnym we Wszechświecie. By było ono możliwe, musi być spełnionych wiele nakładających się na siebie czynników. Niewątpliwie jednym z nich jest istnienie warstwy ozonowej znajdującej się około 20 km od powierzchni naszej planety [1]. Zabezpiecza ona organizmy żywe przed emitowanym przez Słońce promieniowaniem ultrafioletowym typu A i typu B. W przypadku jej pocienienia lub co najgorsze zaniku, życie na Ziemi byłoby niemożliwe. Stąd też odkrycie zjawiska, które powoduje niszczenie ozonu w górnych warstwach atmosfery ziemskiej, spowodowało potrzebę określenia sposobów ograniczenia emisji do atmosfery szkodliwych substancji. Zawierają one chlor i brom przyspieszający pocienienie warstwy ozonowej (szczególnie w okolicach obszarów okołobiegunowych) [2, 3]. Do tych substancji należą m. in. czynniki chłodnicze wykorzystywane na co dzień w praktyce przemysłowej i prywatnej w urządzeniach chłodniczych, klimatyzacyjnych i pompach ciepła.

### Polityka wycofywania czynników chłodniczych

Polityka bezpiecznego wycofywania szkodliwych dla atmosfery czynników chłodniczych z użycia w perspektywie najbliższych lat jest ściśle związana z porozumieniami międzynarodowymi, które w tym zakresie zostały podjęte. Wynika to bezpośrednio z prawa Unii Europejskiej, oraz wpisuje się w politykę zrównoważonego rozwoju [17]. Patrząc z punktu widzenia kraju znajdującego się w Unii Europejskiej można stwierdzić, że na podstawie Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) Nr 1005/2009 z dnia 16 września 2009 r. w sprawie substancji zubożających warstwę ozonową, czynniki z grupy wodorochlorofluorowodorów (HCFC) mogą być produkowane zgodnie z obostrzeniami przedstawionymi w tabeli 1.

Tab. 1. Poziom redukcji produkowanych czynników chłodniczych.

Rok	Poziom produkcji
1.01.2010 – 31.12.2013	≤ 35% produkcji w 1997r. (rocznie)
1.01.2014 – 31.12.2016	≤ 14% produkcji w 1997r. (rocznie)
1.01.2017 – 31.12.2019	≤ 7% produkcji w 1997r. (rocznie)
Od 1.01.2020 r.	Zaprzestanie produkcji

Źródło: [4].

Wiadomo również, co wynika z art. 11 ust. 4 dokumentu, że od dnia 1 stycznia 2015 roku zakazuje się w Europie używania czynników z grupy HCFC do konserwacji lub serwisowania urządzeń chłodniczych, klimatyzacyjnych i pomp ciepła.

Dla porównania można podać zestawienie ustaleń ogólnych Protokołu Montrealskiego [5, 14] na podstawie którego zostały ustalone obostrzenia w Unii Europejskiej wraz z harmonogramem wycofywania czynników z grupy HCFC w Stanach Zjednoczonych. Warto wspomnieć, że od początku ustaleń międzynarodowych dotyczących ochrony warstwy ozonowej tzn. Konwencji Wiedeńskiej w 1986 roku Stany Zjednoczone ratyfikowały zawsze wszelkie ustalenia, przy czym indywidualnie negocjowały w ramach ustaleń najdogodniejsze warunki eliminacji z rynku szkodliwych ekologicznie czynników chłodniczych.

<sup>1</sup> dr inż. A. Ruciński, adiunkt, Politechnika Warszawska, Wydział MEiL, Zakład Chłodnictwa i Energetyki Budynku.

<sup>2</sup> Prof. nzw. dr hab. inż. A. Rusowicz, Politechnika Warszawska, Wydział MEiL, Zakład Chłodnictwa i Energetyki Budynku.

<sup>3</sup> dr inż. A. Grzebielec, adiunkt, Politechnika Warszawska, Wydział MEiL, Zakład Chłodnictwa i Energetyki Budynku.

<sup>4</sup> dr inż. M. Jaworski, adiunkt, Politechnika Warszawska, Wydział MEiL, Zakład Termodynamiki.

<sup>5</sup> Artykuł recenzowany.

Tab. 2. Warunki redukcji poziomów produkcji i ich realizacji przez jeden a krajów ratyfikujących postanowienia.

Protokół Montrealski		Stany Zjednoczone
Rok	Poziom redukcji [%] *)	Opis redukcji
2010	75	Zatrzymanie produkcji i importu HCFC-22 i HCFC-142b, z wyjątkiem ilości potrzebnych do serwisowania urządzeń wyprodukowanych przed 1.01.2010r.
2015	90	Zatrzymanie produkcji i importu innych czynników z grupy HCFC, z wyjątkiem ilości potrzebnych do serwisowania urządzeń wyprodukowanych przed 1.01.2015
2020	99,5	Koniec produkcji i importu czynników HCFC-142b i HCFC-22
2030	100	Koniec produkcji i importu pozostałych czynników z grupy HCFC.

\*) Poziom procentowy redukcji odnosi się do poziomu bazowego 100% przyjętego odnośnie produkcji i użytkowania w roku 1989  
*Źródło: [5].*

## Zmiany w branży chłodniczej

W pewnych przypadkach dotyczących rozważnego retrofitu, którego potrzeba jest nieuchronna, można podeprzeć się założeniami opublikowanymi w 2014 roku przez Amerykańskie Stowarzyszenie Inżynierów Ogrzewnictwa, Chłodnictwa i Klimatyzacji (ASHRAE). Stowarzyszenie to stosuje właściwą dla siebie gradację podejścia do zagadnienia [6].

Specjaliści ze Stowarzyszenia są zdania, że w obecnym czasie wybór czynnika chłodniczego i rodzaju systemu chłodniczego ma być wynikiem szerokiej analizy efektywności energetycznej układu chłodniczego, parametrów wydajnościowych poszczególnych podzespołów (sprężarka, parownik, skraplacz, wymienniki ciepła pełniące rolę wymienników regeneracyjnych lub odzyskujących energię cieplną), oddziaływania na środowisko czynników chłodniczych (emisja czynników chłodniczych do atmosfery musi być stale redukowana w oparciu o rozwój naukowy, szkolenia, właściwe projektowanie i procedury serwisowe) oraz olejów smarnych, bezpieczeństwo stosowania urządzenia w stosunku do ludzi. Ważkim elementem jest kwestia utylizacji zużytego urządzenia zarówno w odniesieniu do samych podzespołów jak również płynów roboczych. Po zakończeniu eksploatacji urządzenia czynnik chłodniczy powinien być odzyskany, po czym albo oczyszczony trafić do ponownego użycia albo w przypadku dużego jego zanieczyszczenia powinien zostać zniszczony. Utylizacja powinna się odbywać w sposób bezpieczny dla środowiska naturalnego i nie stanowić zagrożenia dla personelu, który jest za ten proces odpowiedzialny.

ASHRAE rekomenduje, aby dalsze prace rozwojowe dotyczyły badań obejmujących bezpieczeństwo stosowania nowo wprowadzanych czynników chłodniczych. Ważne jest kompleksowe podejście projektantów do wydajności energetycznej, kosztów eksploatacyjnych i wskaźników ekologicznych tak, aby w wyborze czynnika chłodniczego uwzględniać wskaźniki LCCP (wskaźnik oddziaływania na klimat w trakcie eksploatacji życia urządzenia), LCA (ocena cyklu życia) oraz TEWI (całkowity równoważny współczynnik oddziaływania na efekt cieplarniany środowisko urządzenia chłodniczego i czynnika chłodniczego, które w nim pracuje). Pożądane jest także zaawansowanie i rozwój technologii chłodniczej oraz klimatyzacyjnej ukierunkowany na minimalizację emisji czynnika chłodniczego w trakcie instalacji, eksploatacji (dalszy rozwój sposobów i narzędzi kontroli w celu jak najszybszej identyfikacji miejsc nieszczelności i szybkiego usuwania miejsc wycieku czynnika chłodniczego), prac serwisowych i demontażu sprzętu chłodniczego.

Potwierdzeniem prowadzonych obecnie w tej kwestii analiz są wyniki raportu przedstawionego przez jedną z firm amerykańskich, która dokonała analizy zastosowania różnych systemów chłodniczych w supermarketach [7]. Punktem odniesienia było przyjęcie określonej powierzchni supermarketu (1000 – 1200 m<sup>2</sup>), na której stoją urządzenia mroźnicze i chłodnicze. W analizie przyjęto (Tab. 3) określone założenia dotyczące rozpatrywanych obiegów termodynamicznych.

Tab. 3. Założenia liczbowe rozpatrywanych obiegów chłodniczych.

Typ systemu	Zamrażanie				Chłodzenie			
	1	2	3	4	1	2	3	4'
Moc chłodnicza [kW]	18	18	18	18	75	97	97	97
Temperatura wrzenia parowania [°C]	-35	-32	-32	-32	-5	-10	-10	-5
Temperatura skraplania [°C]	25(30)	-5	-5	zał.	25(30)	25(30)	25(30)	zał.
Przegrzew [°C]	10	10	10	10	10	10	10	10
Przechłodzenie [°C]	0	0	0	0	0	0	0	zał.
Moc wentylatorów skraplacza [kW]	1	0	0	0	3,5	4,5	4,5	4,5
Moc wentylatorów parownika, oświetlenie, defrost [kW]	4	4	4	4	10	10	10	10

1 – system bezpośredniego odparowania oparty na agregatach sprężarkowych lub sprężarkowo-skrapających.; 2 – system kaskadowy; 3 – system z obiegiem pośrednim; 4 – system z czynnikiem chłodniczym R744 w układzie typu booster; 4' - system z czynnikiem chłodniczym R744 w układzie nadkrytycznym

*Źródło: [7].*

Po tym wskazano 14 możliwych kombinacji rozwiązań technicznych obiegów mroźniczych i chłodniczych (Tab. 4).

Tab. 4. Zestawienie rozważanych obiegów mroźniczych i chłodniczych.

System	Układ	Zamrażanie (sprężarka/czynnik)	Chłodzenie (sprężarka/czynnik)
1	Agregat sprężarkowy	Scroll EVI/R404A	Scroll/R404A
2	Agregat sprężarkowy	Półhermetyczna tłokowa/R404A	Półhermetyczna tłokowa/R404A
3	Agregat sprężarkowy	Półhermetyczna tłokowa/R404A	Półhermetyczna tłokowa/R134a
4	Agregat sprężarkowy	Scroll EVI/R407A	Scroll/R407A
5	Agregat sprężarkowo-skraplający	Scroll EVI/R404A	Scroll/R404A
6	Agregat sprężarkowo-skraplający	Scroll EVI/R407A	Scroll/R407A
7	Kaskadowy	Scroll/R744	Scroll/R404A
8	Kaskadowy	Scroll/R744	Scroll/R407A
9	Kaskadowy	Półhermetyczna tłokowa/R744	Półhermetyczna tłokowa/R134a
10	Kaskadowy	Scroll/R744	Scroll/R134a
11	Z obiegiem pośrednim	Scroll/R744	Scroll/Chiller R410A
12	Z obiegiem pośrednim	Scroll/R744	Scroll/Chiller R290
13	Z obiegiem pośrednim	Scroll/R744	Scroll/Chiller HFO
14	Z R744 typu booster	Półhermetyczna tłokowa/R744	Półhermetyczna tłokowa/R744

Źródło: [7].

Na podstawie przyjętych założeń i analiz obliczeniowych wysnuto szereg wniosków, które można podzielić na trzy grupy:

- zużycie energii napędowej;
- wpływ na środowisko naturalne;
- koszty inwestycyjne.

Do najważniejszych spostrzeżeń dotyczących **zużycia energii napędowej** należą:

- stosowanie sprężarek typu scroll z wtyskiem pary (Scroll EVI) lub typowej sprężarki scroll pozwala na oszczędność energii napędowej nawet do 12%,
- zachowana jest dobra efektywność energetyczna w przypadku stosowania czynnika R407A (dobrą alternatywą jest stosowanie układu kaskadowego z czynnikami R744/R407A)
- dwutlenek węgla (R744) to dobra alternatywa ze względu na możliwe stosowanie niskich różnic temperatury w wymiennikach ciepła (choć w układach nadkrytycznych w Europie południowej COP tych urządzeń jest niskie).

Z punktu widzenia **środowiska naturalnego** nasuwają się następujące wybrane spostrzeżenia:

- w Europie wybór innego (o mniejszym wpływie na efekt cieplarniany) niż najbardziej powszechnie używany czynnik R404A pozwoliłby na zmniejszenie emisji do atmosfery
- dobrą alternatywą dla Europy, szczególnie południowej, są układy z agregatami sprężarkowo-skraplającymi z czynnikami R407A lub R404A
- układy chłodnicze z obiegiem pośrednim mają niższy współczynnik TEWI (z ang. całkowity ekwiwalentny współczynnik wpływu na efekt cieplarniany), bo jest w nich mniej czynnika chłodniczego
- mniejszy współczynnik TEWI także dla układów z dwutlenkiem węgla typu booster
- zastosowanie w układach chłodniczych propanu (R290) lub wodorofluoroolefin (HFO) zmniejszają wpływ na środowisko naturalne, ale powodują zwiększenie kosztów przeznaczonych na środki bezpieczeństwa ich stosowania
- z drugiej strony stosowanie czynników HFO [18] w układach pośrednich chłodniczych może być dobrą alternatywą dla stosowania czynnika R134.

Z punktu widzenia **ekonomicznego** najważniejsze spostrzeżenia to:

- układy z agregatami sprężarkowo-skraplającymi mają najniższe nakłady inwestycyjne, ale tylko w przypadku zastosowania systemów na dachach budynków
- systemy z obiegiem z R744 typu booster powodują eliminację stosowania czynników z grupy HFC (wodorofluorowęglowodórów) i czynników palnych, lecz skutkuje to większymi kosztami inwestycyjnymi. Układy typu booster wymagają zmian w architekturze budynku (w przypadku już istniejącego), co może ograniczać ich stosowanie na rzecz HFC.

Problem wycofywania czynników chłodniczych z grupy CFC i HCFC wydaje się być cały czas bardzo istotny ze względu na fakt, że pomimo 25 lat trwania ustaleń Protokołu Montrealskiego [8] w trakcie największej swej aktywności badanej na biegunie południowym Ziemi warstwa ze zmniejszoną ilością ozonu to powierzchnia około 24 mln km kwadratowych (przy maksymalnej obserwowanej do tej pory powierzchni 29,9 mln km kwadratowych w 2000 roku). Należy przypomnieć, że Amerykańska Agencja Badań Kosmicznych NASA prowadzi obserwację od 1979 roku, czyli od 36 lat.

## Bezpieczna utylizacja – wymogi prawne i stosowane technologie

Bezpieczny odzysk, składowanie i utylizacja wycofywanych z rynku i zużytych czynników chłodniczych to zagadnienie, które jest bardzo ważne z punktu widzenia ochrony środowiska. Od dnia 10 lipca 2015 roku w Polsce obowiązuje Ustawa z dnia 15 maja 2015 roku o substancjach zubożających warstwę ozonową oraz o niektórych fluorowanych gazach cieplarnianych, która zastąpiła Ustawę z dnia 20 kwietnia 2004 roku o substancjach zubożających warstwę ozonową (Dz. U. 2004 nr 121 poz. 1263) [9, 10].

W art. 9 nowej ustawy znajduje się informacja, że dokumentem nadrzędnym w stosunku do procesów niszczenia czynników chłodniczych jest wspomniane wcześniej Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) NR 1005/2009. W art. 22 tegoż dokumentu w ust. 2 dowiadujemy się, że substancje kontrolowane lub produkty zawierające takie substancje po odzysku m. in. „są niszczone wyłącznie przy użyciu zatwierdzonych technologii wymienionych w załączniku VII lub – w przypadku substancji kontrolowanych niefigurujących w tym załączniku – przy użyciu najprzystajniejszej dla środowiska technologii niszczenia, niepociągającej za sobą nadmiernych kosztów, pod warunkiem, że stosowanie tych technologii jest zgodne z przepisami Wspólnoty i ustawodawstwem krajowym w sprawie odpadów i że spełnione są dodatkowe wymogi ustanowione w niniejszych przepisach”. Dodatkowo w ust. 5 ustalono, że państwa członkowskie „podejmują działania promujące odzysk, recykling, regenerację i niszczenie substancji kontrolowanych oraz określają minimalne wymagania kwalifikacyjne wobec zaangażowanego personelu.”

Tym samym technologiami przeznaczonymi w Polsce do niszczenia czynników chłodniczych (nie halonów wykorzystywanych w technice przeciwpożarowej) są w zależności od rodzaju substancji przede wszystkim spalanie przy wtrysku cieczy, utlenianie gazowe i spalinowe, spalanie w piecu obrotowym, niszczenie w plazmowym łuku argonowym (w plazmie niskotemperaturowej) [11, 12, 13], w plazmie mikrofalowej, azotowym łuku plazmowym. Dopuszczone jest także niszczenie za pomocą katalitycznej dehalogenacji w fazie gazowej oraz w reaktorze wykorzystującym parę grzejącą.

Każda z wymienionych technologii musi się charakteryzować przynajmniej 99,99% sprawnością. Naturalnym wymogiem jest, aby w gazach wylotowych (poprocesowych) ograniczyć do minimum obecność substancji niszczonej oraz szkodliwych produktów reakcji rozkładu chemiczno-termicznego. Technologia powinna być zabezpieczona przed niekontrolowanymi przeciekami substancji niebezpiecznych do otoczenia.

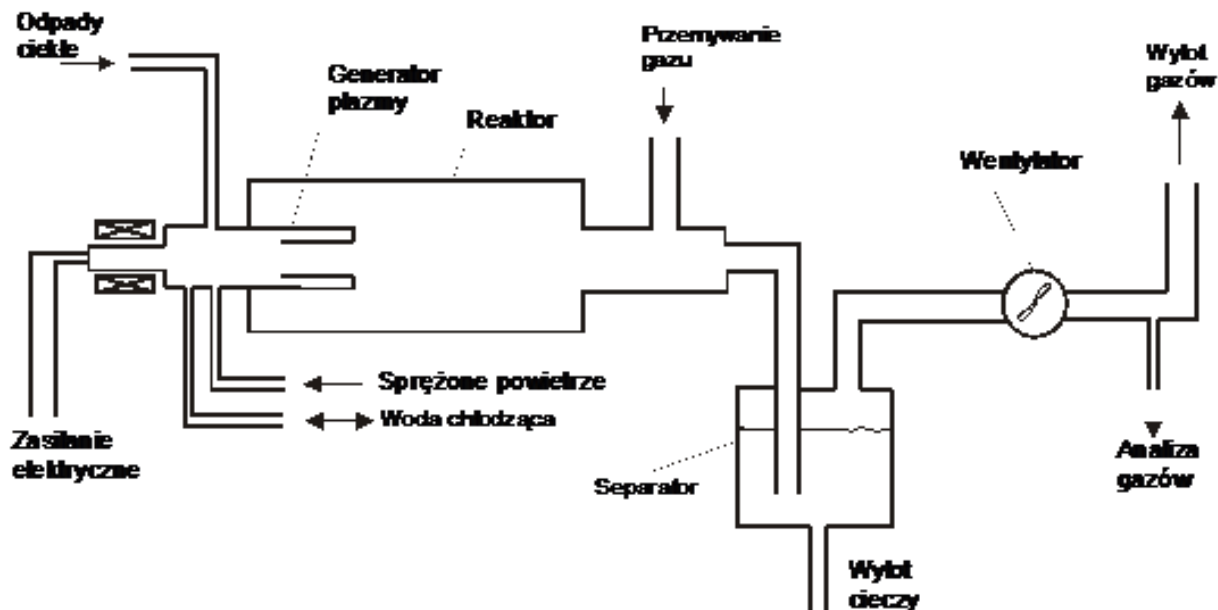
Warto pokrótce scharakteryzować niektóre ze wspomnianych technologii.

**Spalanie** to wysokotemperaturowy proces chemiczny, w którym następuje utlenianie pierwiastków występujących w strukturze cząsteczkowej substancji odpadowej. Są to: węgiel, wodór, azot, chlor. Właściwości toksyczne tych substancji są niwelowane przez niszczenie struktury wiązań chemicznych w cząsteczce. Jest to metoda stosowana od dawna, lecz cały czas modyfikowana ze względu na pojawiające się nowe odpady o bardzo skomplikowanej budowie chemicznej.

**Procesy niszczenia w wtryskiem odpadów** w postaci ciekłej są przeprowadzane w reaktorach poziomych lub pionowych wyposażonych w jeden lub wiele palników. Jednym z głównych elementów układu jest rozpylacz. Sprawność metody zależy od właściwego rozpylenia cieczy i dokładnego wymieszania jej z powietrzem. Układy poziome są stosowane w przypadku utylizacji substancji o niskiej zawartości cząstek stałych, a pionowe w przypadku dużej zawartości soli nieorganicznych i niepalnego popiołu.

**Pieca obrotowe** służą do spalania odpadów w postaci stałej i ciekłej. Prędkość obrotowa pieca wynosząca od 1 do 5 min<sup>-1</sup> zapewnia dobre wymieszanie i lepszy kontakt z powietrzem dostarczanym do spalania. Zwiększa to efektywność procesu spalania. Linia technologiczna składa się z komory, w której ciało stałe lub ciecz są odgazowywane, oraz komory spalania, w której następuje spalanie uzyskanych gazów. Spaliny z procesu są poddawane kontroli na obecność szkodliwych substancji, a następnie w odpowiednich wymiennikach masy (skruberach) są one oczyszczane lub neutralizowane chemicznie.

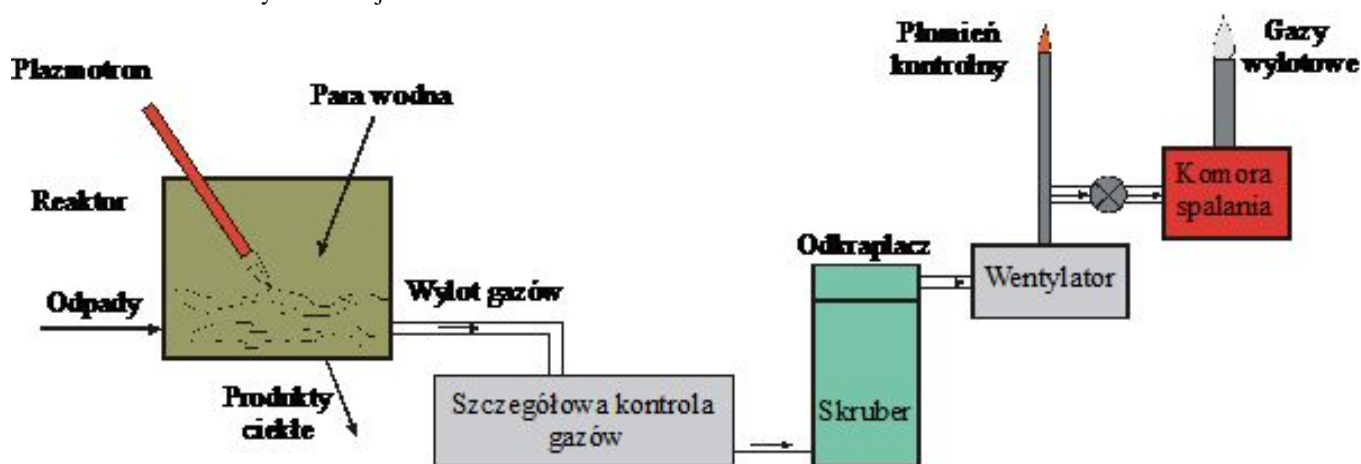
**Technologie plazmowe** zakładają wystąpienie procesu pirolizy (odgazowania), czyli to procesu termicznego niszczenia odpadów, który odbywa się w temperaturze 200 - 800°C bez dostępu tlenu lub przy pomijalnie małym jego stężeniu. W zależności od temperatury procesu rozróżnia się pirolizę niskotemperaturową (450 - 500°C) i wysokotemperaturową (700 - 800°C). W wyniku zgazowania odpadów otrzymuje się fazę gazową, tzn. gaz pirolityczny, który zawiera przede wszystkim parę wodną, wodór, metan, etan węglowodory aromatyczne wyższego rzędu, tlenek i dwutlenek węgla oraz HCl, HF, HCN, NH<sub>3</sub> [15]. Fazę stałą stanowią pyły ze znaczną zawartością metali ciężkich, a fazę ciekłą - mieszaniny olejów, smół, wody oraz składników organicznych (kwasy i alkohole).



Rys. 1. Schemat procesu utylizacji plazmowej ciekłych odpadów organicznych. (Pyrdysis System Inc., Kanada - moc dostarczona 500 kW; 1 kWh/kg odpadów).

Źródło: [13].

Natomiast proces gazyfikacji plazmowej związków zawierających chlor, w tym odpadów chłodniczych, polega na tym, że tlen jest podawany w ilości, w której ma jedynie wyeliminować węgiel C. Natomiast wodór występuje w formie cząsteczkowej  $H_2$  lub w cząsteczce HCl. Produkty gazyfikacji nie są kompletnie spalone, ale ochłodzone i oczyszczone. Podkreśla się, że w tym procesie, w atmosferze redukującej poniżej temperatury zbliżonej do 2000 K, występuje wodór i chlor praktycznie tylko w cząsteczce HCl. Natomiast powyżej 2500 K cząsteczkowy wodór  $H_2$ , atomowy wodór H i chlor Cl występują ze sobą w równowadze termodynamicznej.



Rys. 2. Schemat technologiczny plazmowego systemu do przetwarzania odpadów.

Źródło: [13].

W procesie pirolizy plazmowej (rys. 1) skład fazy gazowej zależy głównie od szybkości reakcji. Krótkie czasy reakcji (0,001 – 0,01s) nie pozwalają na to, aby w przypadku niszczenia chlorowcowanych węglowodorów tworzyły się węglowodory, takie jak benzen i jego pochodne. Atomy węgla znajdujące się w cząsteczkach substancji organicznych w momencie destrukcji są swobodne (C) lub tworzą kompleksy dwuatomowe  $C_2$ . Jeśli jest wystarczająco dużo czasu na to, aby powstała faza stała, to prawie cała ilość węgla kondensuje i tylko niewielkie jego ilości pozostają w fazie gazowej (np. metan, etan lub inne węglowodory). W temperaturze powyżej 3300 K cały węgiel znajduje się w fazie gazowej. W wysokiej temperaturze wodór i chlor występują w postaci HCl i H [19, 20, 21]. Jednakże podczas chłodzenia, mogą one być adsorbowane przez aktywny węgiel lub mogą tworzyć chlorowane węglowodory. Dlatego też w długotrwałych procesach pirolizy najbardziej pożądane jest szybkie ochładzanie produktów rozkładu (rys. 2).

## Wnioski

Ochrona środowiska naturalnego to ochrona zdrowia i życia ludzi na Ziemi. Rosnący poziom szkodliwych substancji w powietrzu, glebie i wodzie przyczynia się do powstawania tzw. chorób cywilizacyjnych. Bezpośrednim zagrożeniem natomiast może być utrata warstwy ozonowej, która jest dla przyrody ożywionej niezbędna. Rozumna polityka dotycząca bezpiecznego wycofywania i niszczenia czynników chłodniczych zawierających w swoich cząsteczkach chlor i brom jest obecnie dużym wyzwaniem technicznym. Potrzebne jest zaangażowanie wielu specjalistów, inżynierów procesowych, projektantów, którzy będą udoskonalać lub tworzyć nowoczesne technologie utylizacji odpadów [22, 23]. Mają one stanowić miejsce unieszkodliwiania substancji niebezpiecznych i ewentualnego wytwarzania substancji, które mogłyby zostać ponownie wykorzystane w technice. Wymaga to znaczących nakładów wiedzy, intelektu i wsparcia finansowego. Należy mieć nadzieję, że powodzenie tych przedsięwzięć pozwoli na poprawę dotychczasowego stanu środowiska naturalnego.

### Streszczenie

W artykule przedstawiono zasadność wycofywania czynników chłodniczych zawierających w swoich cząsteczkach chlor i brom. Pokazano zalecenia Protokołu Montrealskiego i ich realizację przez Wspólnotę Europejską i Stany Zjednoczone. Wskazano obecne trendy i wskazówki dotyczące branży chłodniczej w obliczu nowej sytuacji na rynku czynników chłodniczych. Opisano wybrane metody termicznej utylizacji substancji niebezpiecznych. Wskazano zalety i ograniczenia tych metod. W podsumowaniu podkreślono potrzebę szerokiej współpracy w zakresie poprawy stanu środowiska naturalnego na Ziemi.

**Słowa kluczowe:** utylizacja, czynnik chłodniczy, instalacja

## Withdrawal of refrigerants and their safe disposal

### Abstract

The article presents the legitimacy of the withdrawal of refrigerants containing chlorine and bromine in their molecules. Recommendations of the Montreal Protocol and its implementation by the European Community and the United States is included. Current trends and tips are identified for the refrigeration industry in the face of the new market situation on refrigerants. Some methods for thermal disposal of hazardous substances is described. The advantages and limitations of these methods are underlined. In summary the need broad cooperation in the field of improvement of the environment on Earth is pointed.

**Keys words:** utilization, refrigeration plant, installation

### LITERATURA / BIBLIOGRAPHY

- [1] <http://www.theozonhole.com/ozonedestruction.htm>.
- [2] <http://acmg.seas.harvard.edu/people/faculty/djj/book/bookchap10.html>.
- [3] British Antarctic Survey, *The Ozone Hole*. Natural Environment Research Council.
- [4] *Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) Nr 1005/2009 z dnia 16 września 2009 r. w sprawie substancji zubożających warstwę ozonową*.
- [5] *Protokół Montrealski w sprawie substancji zubożających warstwę ozonową z późniejszymi poprawkami*. Dz. Ustaw z dnia 23 grudnia 1992 roku.
- [6] ASHRAE, *ASHRAE Position Document on Refrigerants and Their Responsible Use*. Ashrae Technology Council, 2014.
- [7] Emerson Climate Technologies, *Refrigerant Choices for Commercial Refrigeration. Finding the Right Balance*. Raport, 2009.
- [8] Grzebielec A., Pluta Z., Ruciński A., Rusowicz A.: *Czynniki chłodnicze i nośniki energii*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2011
- [9] Grzebielec A., Pluta Z., Ruciński A., Rusowicz A.: *Substancje zubożające warstwę ozonową*, Atmoterm Warszawa 2008

- [10] Grzebielec A., Godala M., Ruciński A., Rusowicz A.: *Przewodnik do wykonywania przez Inspekcję Ochrony Środowiska kontroli przestrzegania przepisów Rozporządzenia (WE) nr 842/2006 w sprawie niektórych fluorowanych gazów cieplarnianych*. Meritum Comp 2010
- [11] Ruciński A., Rusowicz A.: *Wybrane problemy z destrukcji odpadów w płazmie niskotemperaturowej* Biuletyn ITC 2001, Nr 88, s.13-22
- [12] Ruciński A., Rusowicz A.: *Plazmowa metoda destrukcji odpadów chłodniczych*, Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska, vol. 5, 2007, s.1-8.
- [13] Ruciński A.: *Analiza plazmowej metody destrukcji odpadów chłodniczych*. Praca doktorska, Politechnika Warszawska, 2003.
- [14] Rusowicz A.: *Czynniki chłodnicze – substancje kontrolowane, obowiązki użytkownika*. Agropromysł Nr 2/2005, s.26-27.
- [15] Ruciński A., Rusowicz A.: *Destrukcja czynnika chłodniczego HCFC-22 w swobodnej strudze plazmy argonowej*. Prace Instytutu Nafty i Gazu Nr 162, Kraków 2009 s.191-194
- [16] Grzebielec A., Rusowicz A.: *Kierunki rozwoju syntetycznych czynników chłodniczych w Europie*, Polska Energetyka Słoneczna 1-4/2012, s.45-49.
- [17] Poullikkas A.: *Quantifying energy not served in power capacity expansion planning with intermittent sustainable technologies*, Journal of Power Technologies 95 (1) (2015) 25-33.
- [18] Ruciński A., Rusowicz A., Grzebielec A.: *Czynniki chłodnicze w transporcie samochodowym – aspekty prawne i techniczne*, Logistyka, nr 5, 2014, ss. 1303-1309
- [19] Rusowicz A., Ruciński A.: *Usage of Transferred Arc in Destruction of Wastes. Int. Conference Refrigerant Management and Destruction Technologies of CFC's*. 29-31.09.2001, Dubrovnik, Croatia.
- [20] Ruciński A., Rusowicz A.: *Decomposition of CFC-22 in Free Jet Argon Plasma. Int. Conference Refrigerant Management and Destruction Technologies of CFC's*. 29-31.09.2001, Dubrovnik, Croatia.
- [21] Ruciński A., Rusowicz A.: *The low-temperature plasma destruction of used refrigerants*. 8th International Conference Environmental Engineering Vilnius Vol.1 pp.343-346.
- [22] Tang, L. Huang, H. Hao, H.; Zhao, K.: *Development of plasma pyrolysis/gasification systems for energy efficient and environmentally sound waste disposal*. Journal of Electrostatics Volume: 71, Issue: 5, October, 2013, pp. 839-847.
- [23] Chen, Dezhen; Yin, Lijie; Wang, Huan; He, Pinjing: *Pyrolysis technologies for municipal solid waste: A review*. Waste Management Volume: 34, Issue: 12, December, 2014, pp. 2466-2486.