

Wykorzystanie PLAZMOTRONU w przemyśle.

Technologia plazmowego nakładania powłok ochronnych

Technologia plazmowego nakładania powłok ochronnych na powierzchnie metalowe jest zaliczana do technologii wysoko zaawansowanych (high technology). Wiedza w tym zakresie, zwłaszcza praktyczna, jest ściśle chroniona i niedostępna w wymiarze publicznym.



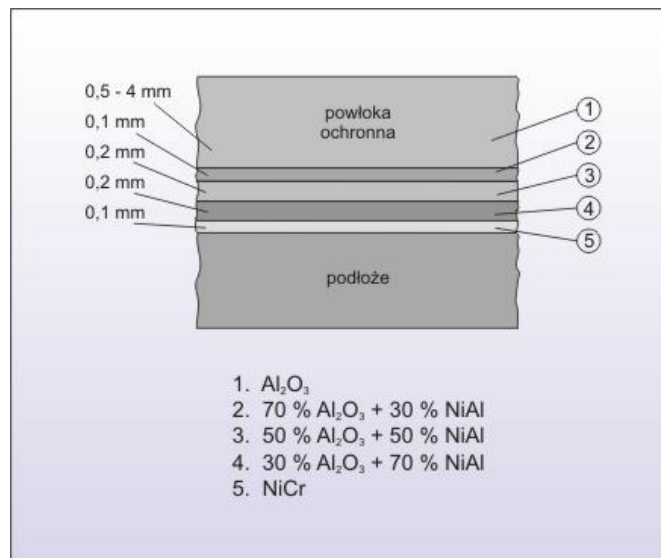
Natrysk plazmowy jest jedną z termicznych metod nakładania powłok ochronnych, w których metaliczny lub niemetaliczny materiał o odpowiedniej granulacji i morfologii jest natryskiwany w stopionym lub półstopionym stanie na obrabiany przedmiot. Źródło ciepła stanowi tutaj strumień plazmy, wytwarzany w większości przypadków w łuku prądu stałego. Zdecydowana większość wykorzystywanych aktualnie na świecie plazmotronów pracuje pod ciśnieniem atmosferycznym. Prowadzony jest również natrysk w komorach wypełnionych gazem neutralnym - najczęściej argonem - pod ciśnieniem atmosferycznym lub lekko podwyższonym bądź też pod niewielką próżnią. Podstawową zaletą takich rozwiązań jest unikanie utlenienia się nakładanego materiału.

Natrysk plazmowy, ze względu na możliwość wytwarzania powłok o właściwościach niemożliwych do uzyskania z wykorzystaniem innych technik, znajduje coraz szersze zastosowanie w przemyśle narzędziowym, lotniczym i kosmicznym, samochodowym, energetyce, produkcji katalizatorów a także medycynie (przede wszystkim w ortopedii i implantologii)

Powłoki ochronne

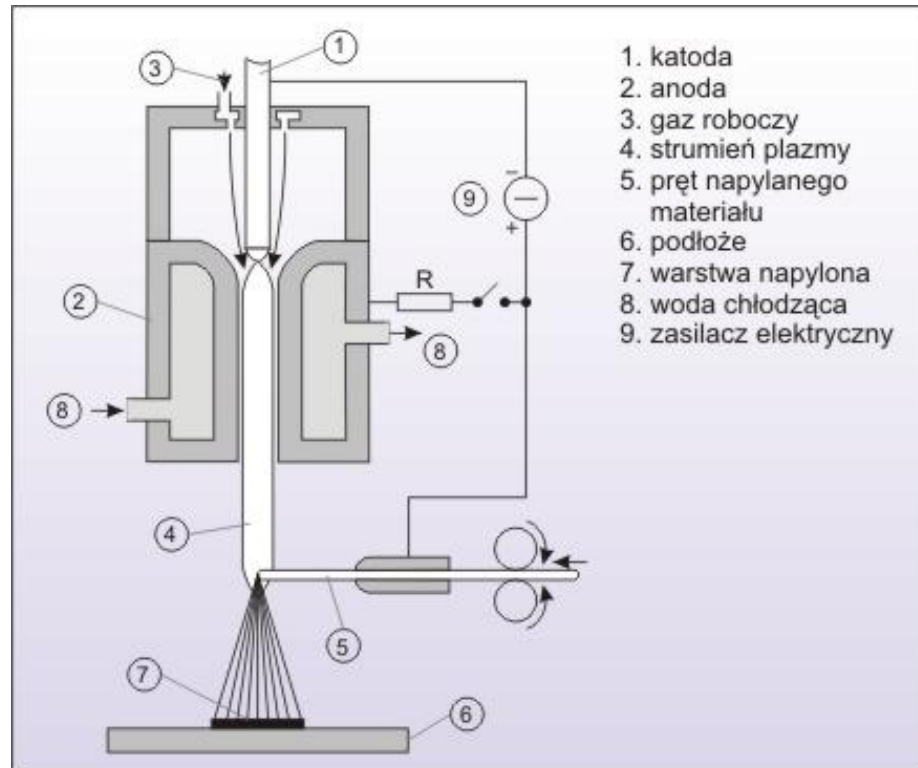
Ceramika alundowa pozwala zabezpieczyć przed czynnikami atmosferycznymi powierzchnie urządzeń technicznych, ale temperatura topnienia ceramiki jest zdecydowanie większa niż temperatury topnienia metali! Zrealizowanie takiego zadania technologicznego zapewniają technologie plazmowe.

Powłoki pośrednie (2, 3 i 4) znajdujące między podłożem i zewnętrzną ceramiczną warstwą ochronną (1) są powłokami metalowo-ceramicznymi (cermetowymi) o zmieniającym się stopniowo składzie chemicznym. Skład chemiczny ulega zmianie w celu dopasowania współczynników rozszerzalności cieplnej metalowego podłoża i ceramicznej warstwy ochronnej. Metalowa warstwa (5) z NiCr zapewnia dużą przyczepność warstw cermetowych do podłoża.



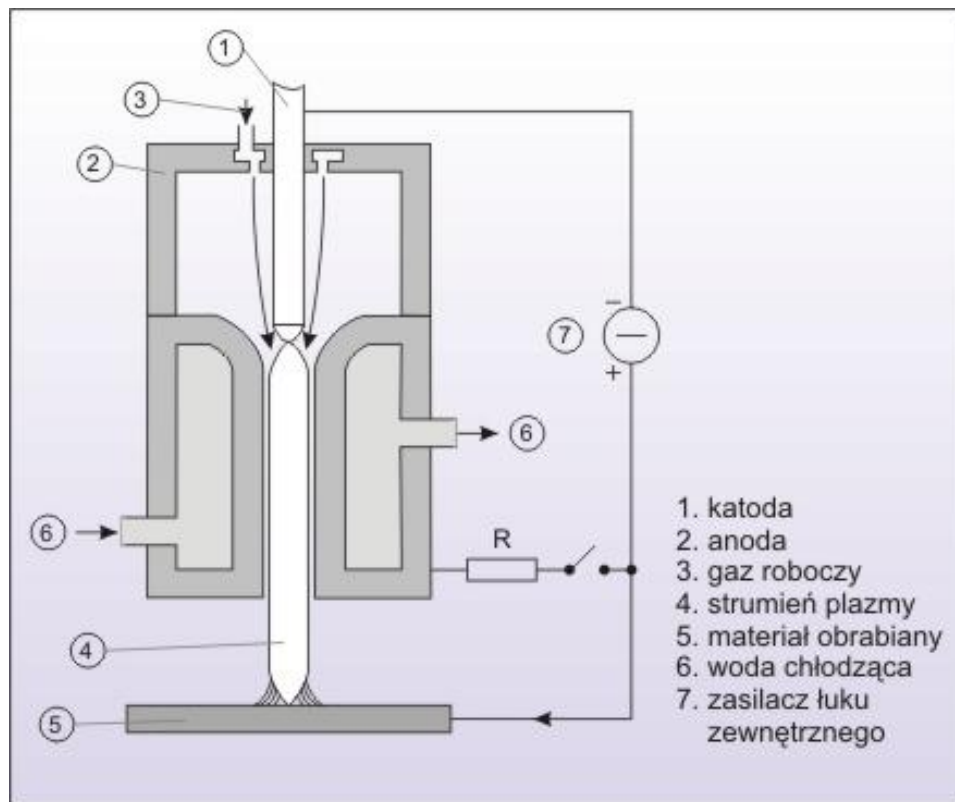
Napylanie plazmowe powłok metalowych

Warstwa metalowa (7) zostaje napyłona na podłoże (6) w wyniku topienia i rozpylania w strumieniu plazmy (4) metalowego pręta (5). Strumień plazmy jest wytwarzany przez plazmotron pracujący początkowo z łukiem wewnętrznym, a po rozwarciu pomocniczego obwodu startowego plazmotron przechodzi w tryb pracy z łukiem zewnętrznym. Łuk wewnętrzny zapala się między katodą (1) a anodą (2), która jest intensywnie chłodzona wodą. Rozwarcie obwodu startowego powoduje zapalenie się łuku zewnętrznego między katodą (1) a prętem napylanego materiału (5) znajdującym się w automatycznym podajniku. Pręt napylanego materiału staje się anodą łuku zewnętrznego.



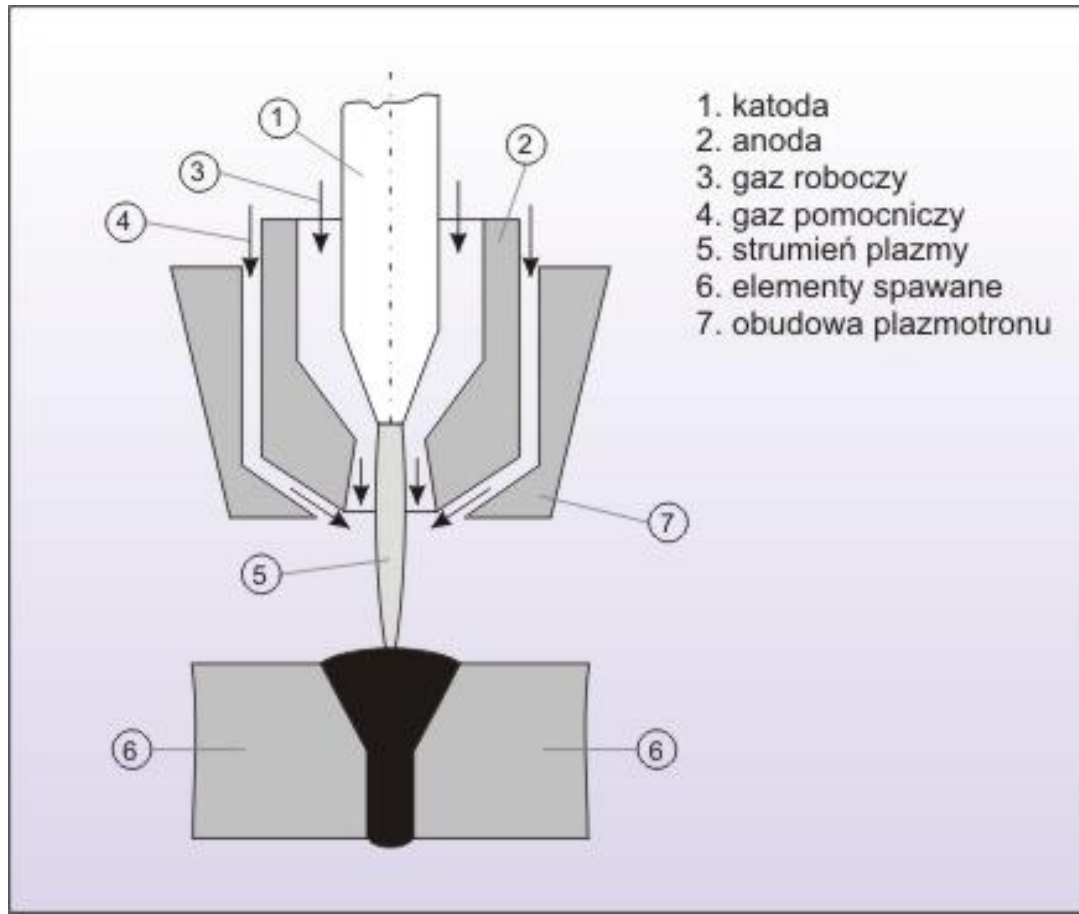
Ciecie plazmotronem z łukiem zewnętrznym

Metalowy przedmiot (5) jest obrabiany strumieniem plazmy (4) wytwarzanym przez plazmotron pracujący z elektrycznym łukiem zewnętrznym. Początkowo plazmotron pracuje z łukiem wewnętrznym, a po rozwarciu pomocniczego obwodu startowego plazmotron przechodzi w tryb pracy z zewnętrznym. Łuk wewnętrzny zapala się między katodą (1) a anodą (2), która jest wodą (6). Zasilacz (7) plazmotronu podłączony jest ujemnym biegunem do katody (1) oraz dodatnim biegunem do obrabianego materiału (5).



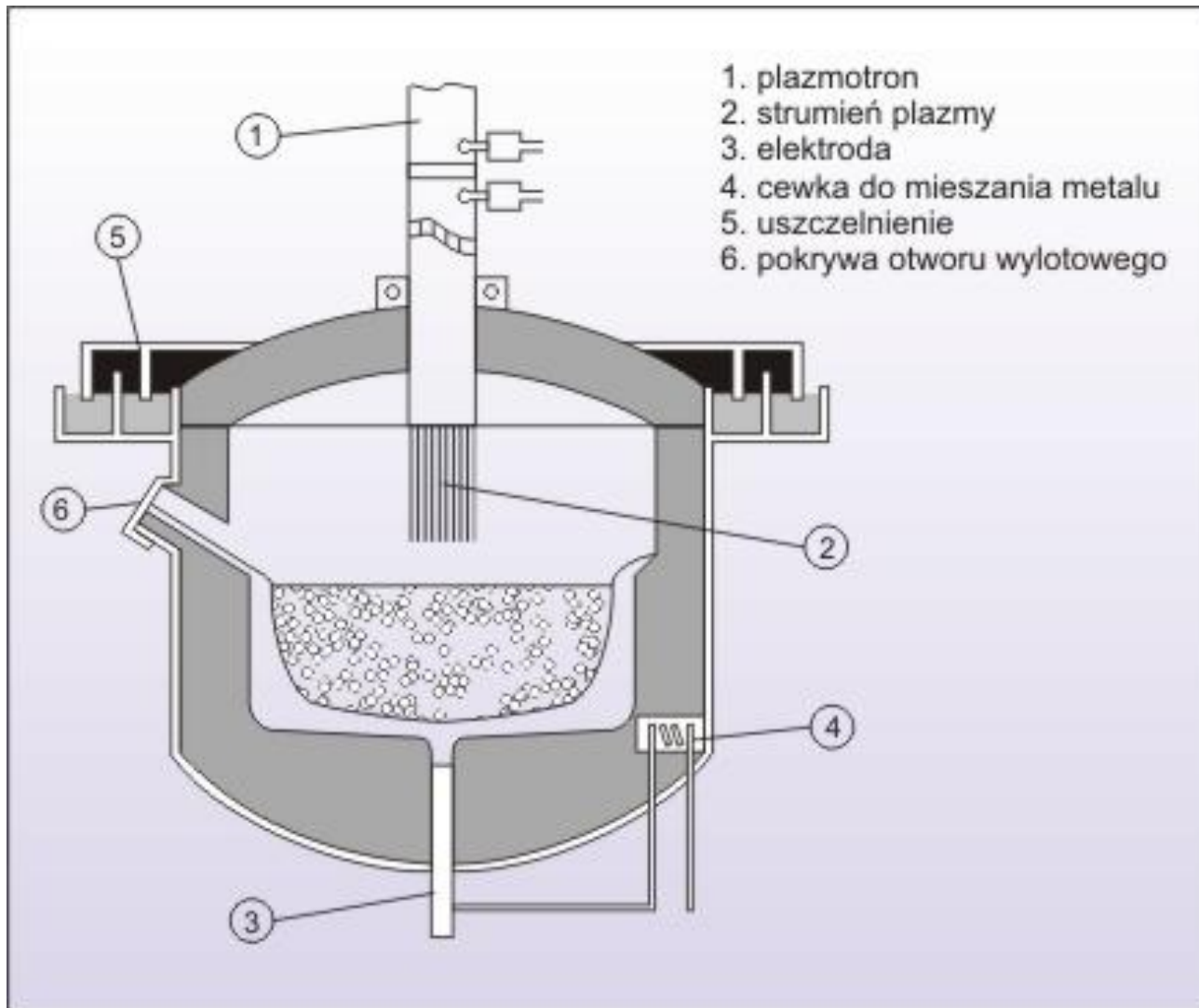
Spawanie plazmotronem

Wąski strumień plazmy (5) uzyskiwany jest przez kontrolowane chłodzenie gazem pomocniczym (4) wylotu głowicy plazmotronu. Łuk elektryczny zapalony między katodą (1) i anodą (2) jest na zewnątrz obudowy plazmotronu (7) skoncentrowany w małej przestrzeni przez strumień gazu pomocniczego. Zapewnia to większą gęstość energii i odpowiednio wyższą temperaturę strumienia plazmy.



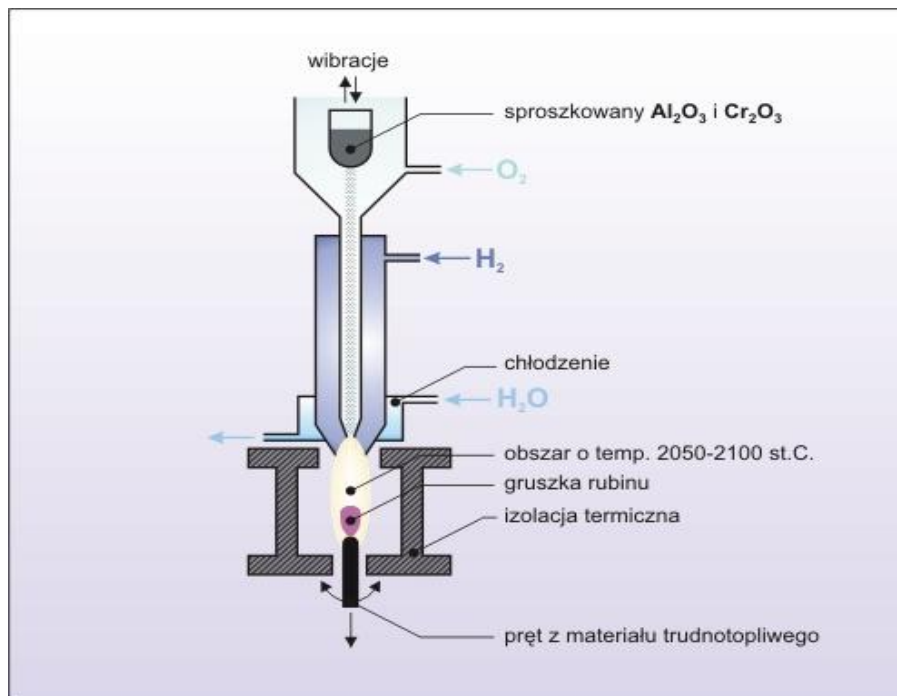
Piec plazmowo-łukowy

Strumień plazmy (2) z plazmotronu (1) wypala wąski kanał w metalowym wsadzie zakrywającym elektrodę (3) pieca łukowego.



Monokryształizacja z wykorzystaniem plazmowego topienia i ogrzewania

Strumień gorącej plazmy o temperaturze około 2000°C otrzymuje się w wyniku spalania wodoru w tlenie. Plazmotron umieszczony jest w górnej części termicznie izolowanej komory roboczej. W dolnej części komory umieszczony jest na obrotowym trudnotopliwym pręcie zarodek krystalizacji. Sproszkowany polikrystaliczny materiał wyjściowy razem z domieszkami podawany jest z wibratora do dyszy tlenowej plazmotronu. W wyniku spalania wodoru w tlenie zawierającym proszki trudnotopliwych materiałów następuje ich topienie w plazmie i osadzanie na małym monokrystalicznym zarodku. Monokryształy rubinu hodowane są na skalę przemysłową tym sposobem. Monokryształy rubinu są wykorzystywane jako ośrodek optycznie czynny w laserach.



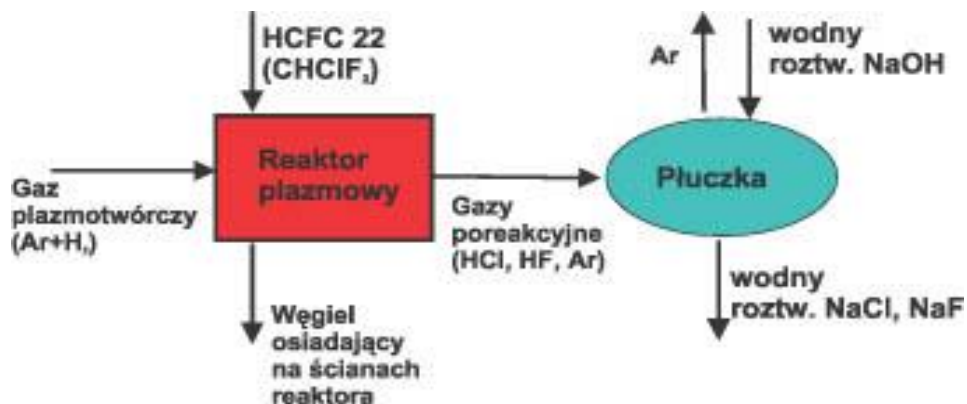
Destrukcja freonu HCFC-22

Z uwagi na obecne trendy w ochronie środowiska, związki chemiczne posiadające w swoich cząsteczkach chlor i fluor (np. chlorofluorowęglowodory, halony) powinny zostać wycofane z użytku codziennego na skutek ich szkodliwego wpływu na ochronną warstwę ozonu znajdującą się w troposferze oraz tworzenie "efektu cieplarnianego". Po tym jak są one usunięte z instalacji powinny być właściwie utylizowane lub rozkładane przy pomocy tzw. czystych technologii. Poszukiwania technologii do destrukcji czynników chłodniczych wymagają również coraz bardziej zaostrzające się przepisy. Na przestrzeni ostatnich lat przyjęto cały szereg ustaw mających na celu zabezpieczenie środowiska i zdrowia ludzkiego przed działaniem niekorzystnych czynników.

W odpowiedzi na rosnącą potrzebę rozwiązania problemu odpadów chłodniczych zaprezentowano destrukcję freonu HCFC-22 w strudze niskotemperaturowej plazmy argonowo - wodorowej. Nieodpowiednie prowadzenie procesu destrukcji prowadzi do powstawania z HCFC-22 jeszcze bardziej szkodliwych freonów CFC-11, CFC-12 oraz węglowodorów cyklicznych. Ważnym elementem w technologii jest zastosowanie wodoru jako dodatkowego gazu plazmotwórczego. Reaguje on z chlorem i fluorem, czyli z gazami bardzo łatwo reagującymi z innymi pierwiastkami. Należy się również zastanowić nad potrzebą dalszego wykorzystania produktów plazmowej destrukcji odpadu chłodniczego, gdyż bardzo ważną jest rzeczą by otrzymane półprodukty stały się przyjaznym dla środowiska surowcem o różnych, dalszych zastosowaniach. Fluorek sodu NaF ma wiele możliwych zastosowań: w przemyśle skórzanym do wyprawiania skóry, w zastosowaniach stomatologicznych jako aktywny składnik w pastach do zębów, w produkcji szkła i ceramiki, jako topnik w przemyśle hutniczym, środek trawiący w metalurgii oraz środek matujący w przemyśle włókienniczym. Należy pamiętać także o zastosowaniach NaF w metalurgii aluminium, a szczególnie przy jego rafinacji.

Schemat blokowy prowadzonej destrukcji HCFC-22 z wyszczególnieniem strumieni procesowych

procesowych



Głównym elementem jest reaktor plazmowy. W reaktorze, którego ściany chłodzone są wodą, znajduje się plazmotron. Plazmotron zasilany jest prądem stałym o mocy elektrycznej 5-20 kW. Strumień gazów plazmotwórczych (argonu i 10% wodoru) wynosi 1,5 - 2 m³/h. W anodzie znajduje się kanał doprowadzający freon do strugi plazmy. Podawany jest on w postaci gazowej, w różnych ilościach (do 1 m³/h). Podyktowane jest to odpowiednio dobranymi strumieniami reagentów zapewniających otrzymywanie odpowiednich produktów destrukcji. Komora reaktora wykonana jest ze stali nierdzewnej. Z komory króćcami odprowadzane są produkty gazowe rozkładu freonu do płuczki zawierającej 10% wodny roztwór NaOH. Układ pompy próżniowej służy do odprowadzenia z obszaru komory reakcyjnej produktów gazowych.

Plazma jako sposób na odpady radioaktywne

Plazmowa technologia utylizacji odpadów wywodzi się z badań NASA z lat 60-tych. W połowie lat 90 doprowadzono do zastosowania plazmotronu do utylizacji odpadów. Plazma jest zjonizowanym gazem powstającym w bardzo wysokich temperaturach. Reaktory plazmowe są obecnie obiektem intensywnych i szerokich badań w większości przemysłowych krajów świata. Promotorzy technologii plazmowych ukrywają fakt ogromnych kosztów eksploatacyjnych. Właśnie ze względu na ogromne koszty eksploatacji reaktorów plazmowych, na ich sporadyczne, doświadczalne zastosowanie mogły pozwolić sobie jedynie najbogatsze kraje świata, i to dla najbardziej niebezpiecznych odpadów, takich jak:

- niesegregowane odpady komunalne;
- zużyte opony;
- niskokaloryczne odpady węglowe;
- oleje transformatorowe zawierające polichlorobenzeny;
- zużyte kondensatory;
- odpady szpitalne;
- **odpady radioaktywne!**

Wobec narastającego problemu składowania odpadów radioaktywnych (na świecie działa dziś około 400 reaktorów nuklearnych) podjęto próbę redukcji ich objętości właśnie za pomocą plazmy. W wyniku ich przetopienia uzyskano ok. 20-krotne zmniejszenie objętości początkowej.

Rafineria w samochodzie

Naukowcy z Institute of Technology (MIT) wynaleźli mały energooszczędny plazmotron i zamontowali go w silniku samochodowym. Plazmotron przetwarza paliwo za pomocą elektryczności w gaz o wysokiej zawartości wodoru. Świetnie sobie radzi z rafinowaniem wszelkich paliw: ropy, benzyny, metanolu. Zastosowanie plazmotronu, po pierwsze, zmniejsza zużycie paliwa, po drugie, redukuje w znacznym stopniu (pięciokrotnie) ilości szkodliwych tlenków azotu, które wydobywają się z silnika spalinowego do atmosfery. Tlenki azotu są podstawowym składnikiem smogu.

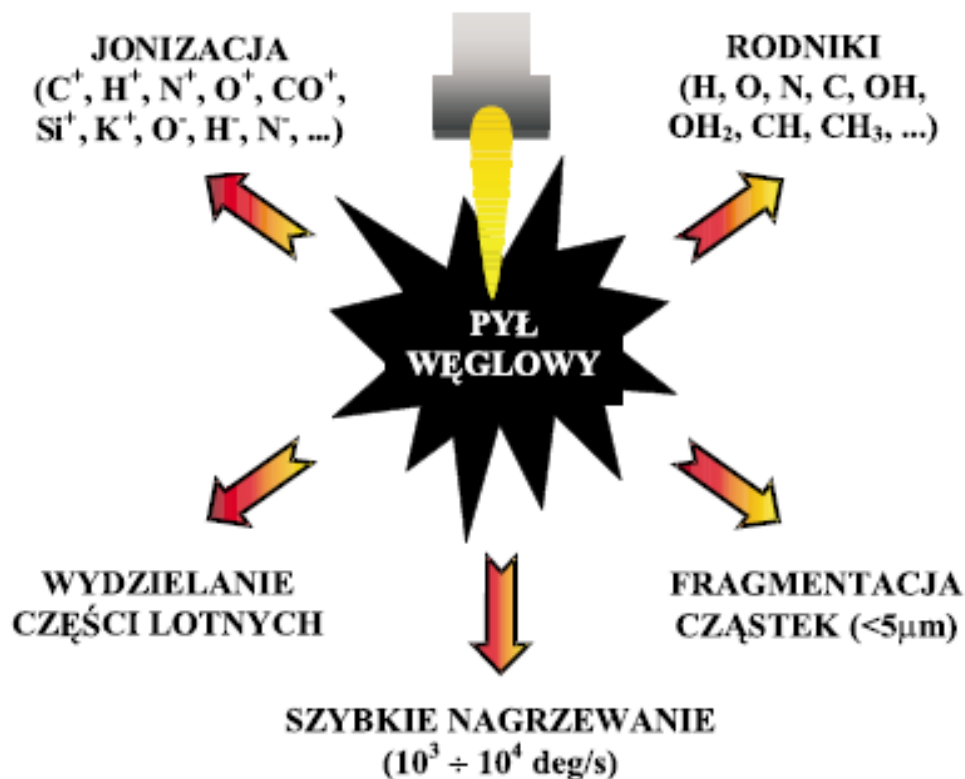
Technika plazmowa wkracza do energetyki

Rozpalanie kotłów prądem elektrycznym

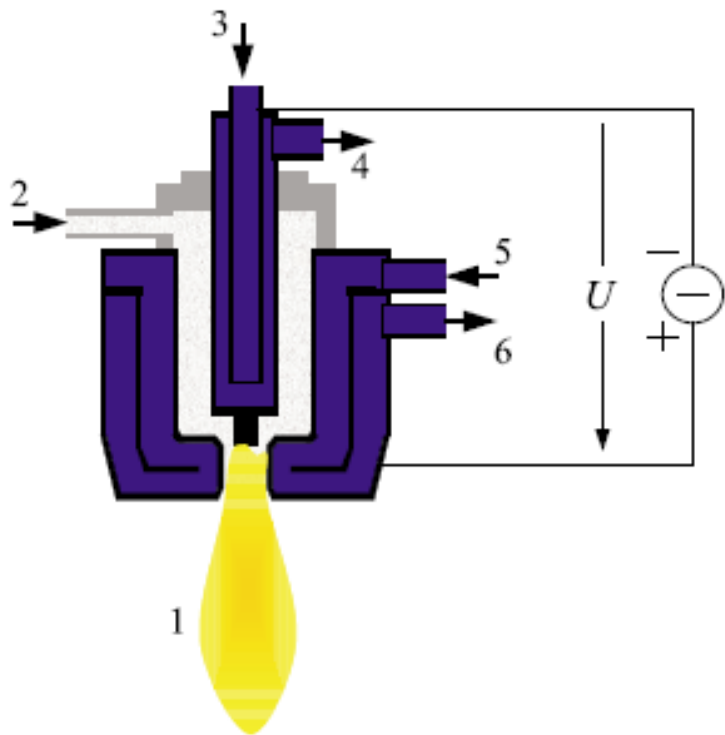
Technika plazmowa znalazła już szerokie zastosowanie w przemyśle, lecz niestety wciąż pozostaje niedoceniana w elektroenergetyce. Tymczasem plazmowe układy palnikowe na bazie plazmotronów łukowych i kompleksowe układy plazmowego zgazowania mają zalety, którymi nie dysponują tradycyjne rozwiązania, a mianowicie rozpalanie kotłów pyłowych i stabilizację płomienia bez użycia mazutu i gazu, obniżenie strat niecałkowitego spalania, zmniejszenie emisji tlenków siarki i azotu.

Zastosowanie plazmy do spalania węgla opiera się na jego termochemicznym przygotowaniu. Proces przygotowania polega na nagrzewaniu plazmą łuku elektrycznego mieszaniny pyłowo-powietrznej do temperatury, w której następuje wydzielanie części lotnych i częściowe zgazowanie pozostałości stałej. W rezultacie, niezależnie od gatunku i jakości węgla, z mieszaniny pyłowo-powietrznej powstaje dwuskładnikowe paliwo o wysokiej zdolności reagowania – gorący gaz i koksowa pozostałość. To paliwo, po zmieszaniu z powietrzem wtórnym w komorze paleniskowej, ulega stabilnemu spalaniu bez potrzeby wspomagania tradycyjnymi nośnikami jak mazut czy gaz.

Rozpalanie kotłów prądem elektrycznym



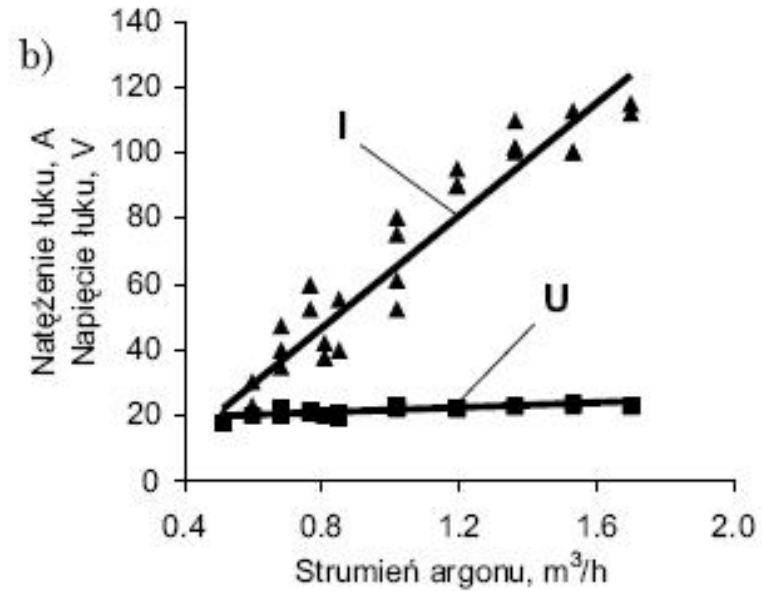
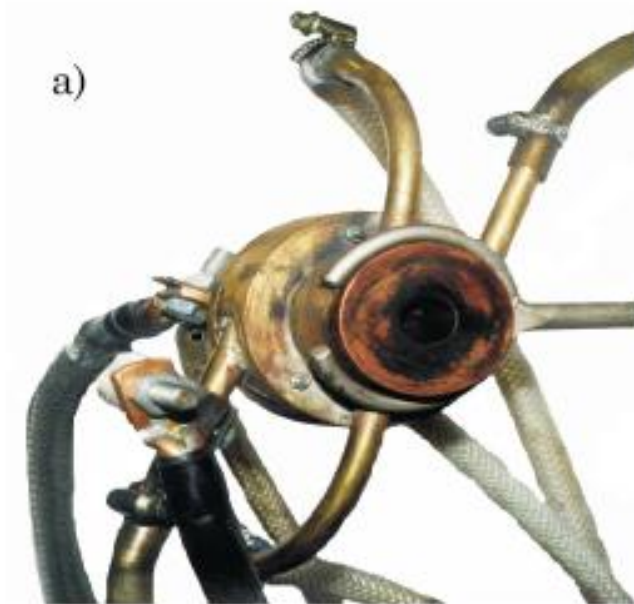
Plazmowe palniki pyłowe



Schemat plazmotronu z łukiem wewnętrznym; 1 – plazma, 2 – gaz roboczy, 3 – wlot chłodzenia katody, 4 – wylot chłodzenia katody, 5 – wlot chłodzenia anody, 6 – wylot chłodzenia anody

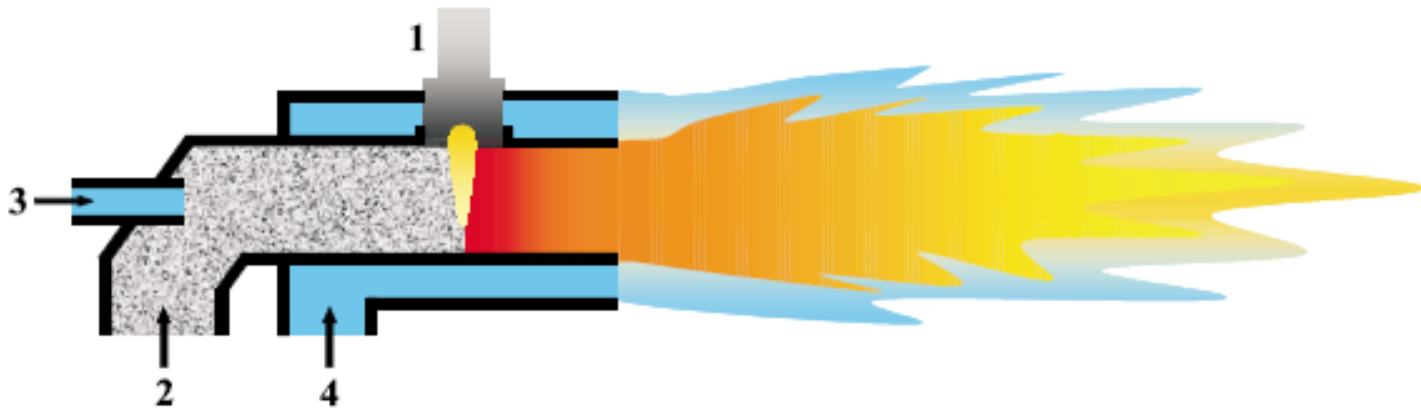
W celu zapoczątkowania procesu spalania pyłu węglowego należy doprowadzić do niego odpowiednią porcję energii cieplnej. Istnieje możliwość wykorzystania do tego celu plazmy termicznej. Idea działania plazmowego palnika pyłowego polega na wprowadzeniu plazmy do przewodu, którym przepływa mieszanka pyłowo-powietrzna w celu zapoczątkowania rozkładu termicznego węgla i zapłonu. W rezultacie otrzymuje się wydmuchiwany do wnętrza komory paleniskowej płomień pyłowy.

Plazmowe palniki pyłowe



Plazmotron z wirowym doprowadzeniem gazu roboczego: a) zdjęcie plazmotronu, b) charakterystyka urwania łuku

Plazmowe palniki pyłowe



Schemat działania plazmowego palnika pyłowego: 1 – plazmotron, 2 – mieszanka pyłowo-gazowa, 3 – powietrze pierwotne, 4 – powietrze wtórne

Zasadniczym problemem hamującym, jak na razie, wdrażanie nowych układów zasilania węglem jest konieczność stosowania plazmotronów o dostatecznie dużej mocy, czyli powyżej 200 kW. Zauważmy, że jest to jednak wartość wielokrotnie niższa od cieplnej wydajności palników mazutowych i sięga zaledwie 1,5-2,0% mocy palnika węglowego. Plazmotrony takiej wielkości nie wykazują żywotności dłuższej niż 200-300 godzin, przy czym elementem ograniczającym ich trwałość jest szybkie zużywanie miedzianych elektrod emisyjnych. Szybkość erozji elektrod wykonanych z tego metalu zależy od wielu czynników, z których najważniejsze jest natężenie prądu łuku elektrycznego. Dlatego droga do wydłużenia żywotności tych krytycznych elementów plazmotronu prowadzi przez zmniejszenie mocy (a tym samym i prądu) o rząd wielkości tj. z ok. 300 kW do 30 kW. Obniżenie mocy elektrycznej pobieranej przez plazmotron pozwoli zarazem podnieść sprawność procesu termochemicznego przygotowania węgla, ponieważ ciepło pochodzące z prądu elektrycznego jest znacznie droższe od ciepła wytwarzanego przez spalanie węgla.

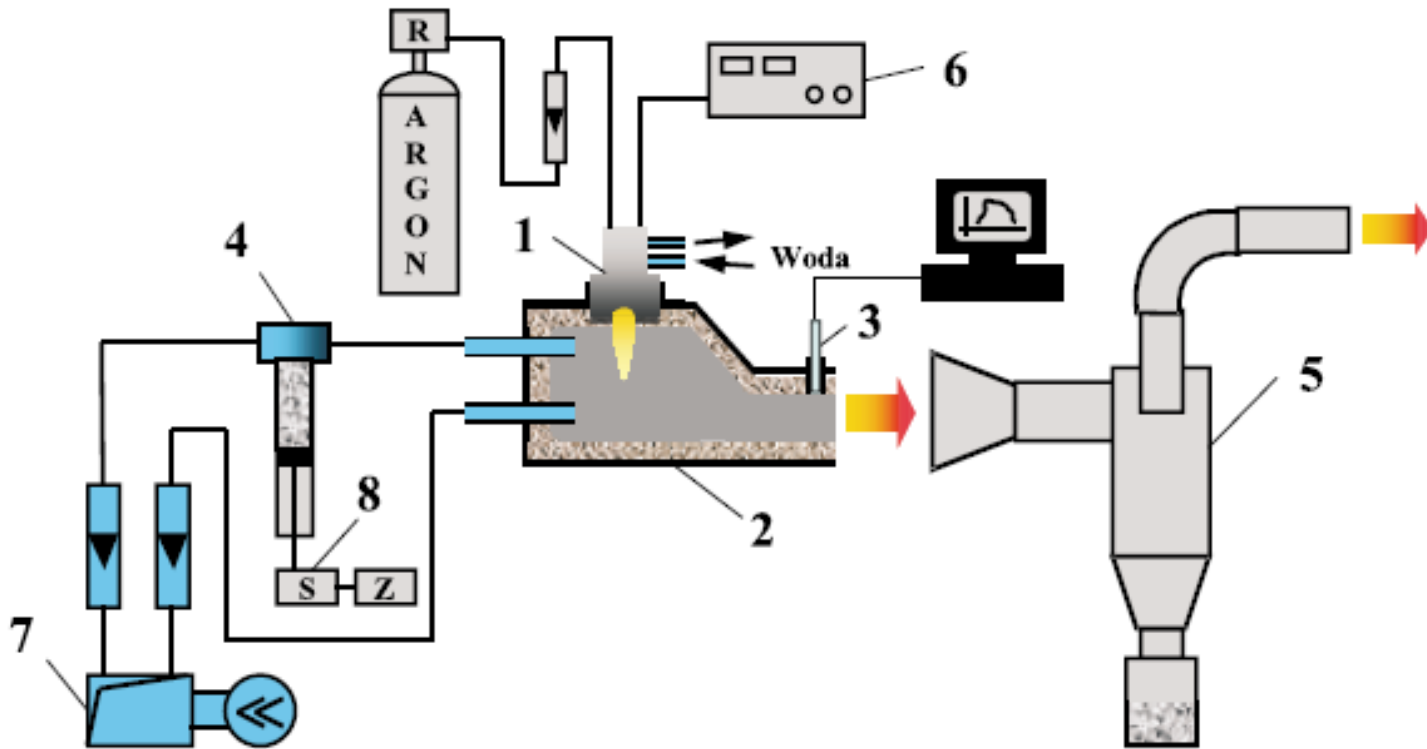
Zaawansowane prace badawcze nad zastosowaniem plazmotronów w energetyce prowadzi od lat Instytut Gazu Akademii Nauk Ukrainy. Jednym z celów poszukiwań jest obniżenie mocy generatora plazmy (a tym samym mocy zainstalowanej urządzeń elektrycznych) z zapewnieniem stabilnego palenia strumienia mieszaniny pyłowo-powietrznej. Zadanie to zrealizowano przez podniesienie szybkości spalania niskoreaktywnych węgli. Następnym celem jest doprowadzenie w reaktorze plazmowo-strumieniowym do wysokotemperaturowej konwersji parowej z uzyskaniem gazu syntezowego oraz niespalonych pozostałości. Doświadczenia wykazały, że reaktory plazmowo-chemiczne wbudowane w palniki pyłowe o mocy cieplnej 50-100 MW pozwalają na realizację procesu tzw. plazmopirolizy w obecności pary wodnej doprowadzanej z zewnątrz. W tych warunkach z 1 kg węgla uzyskano 1,5-1,8 m sześć. gazu syntezowego zawierającego do 98% tlenku węgla i wodoru. Mieszanina wymienionych gazów palnych wydzielana w plazmowym palniku z powodzeniem zastępuje stosowany obecnie gaz i mazut do rozpalania i stabilizacji płomienia kotła. Ocenia się, że przy wytwarzaniu 1 MWh energii elektrycznej zaoszczędzi się co najmniej 8 USD. Obliczono, że w zależności od spalanych rodzajów węgla, okres zwrotu poniesionych nakładów inwestycyjnych wyniesie od kilku miesięcy do kilku lat.

Stanowisko badawcze

Badania zostały przeprowadzone na stanowisku laboratoryjnym, którego schemat przedstawiono na rys. W badaniach wykorzystano plazmotron z łukiem wewnętrznym i wirowym doprowadzeniem gazu plazmotwórczego (argon) zasilany prądem stałym z zasilacza o mocy około 10 kW.

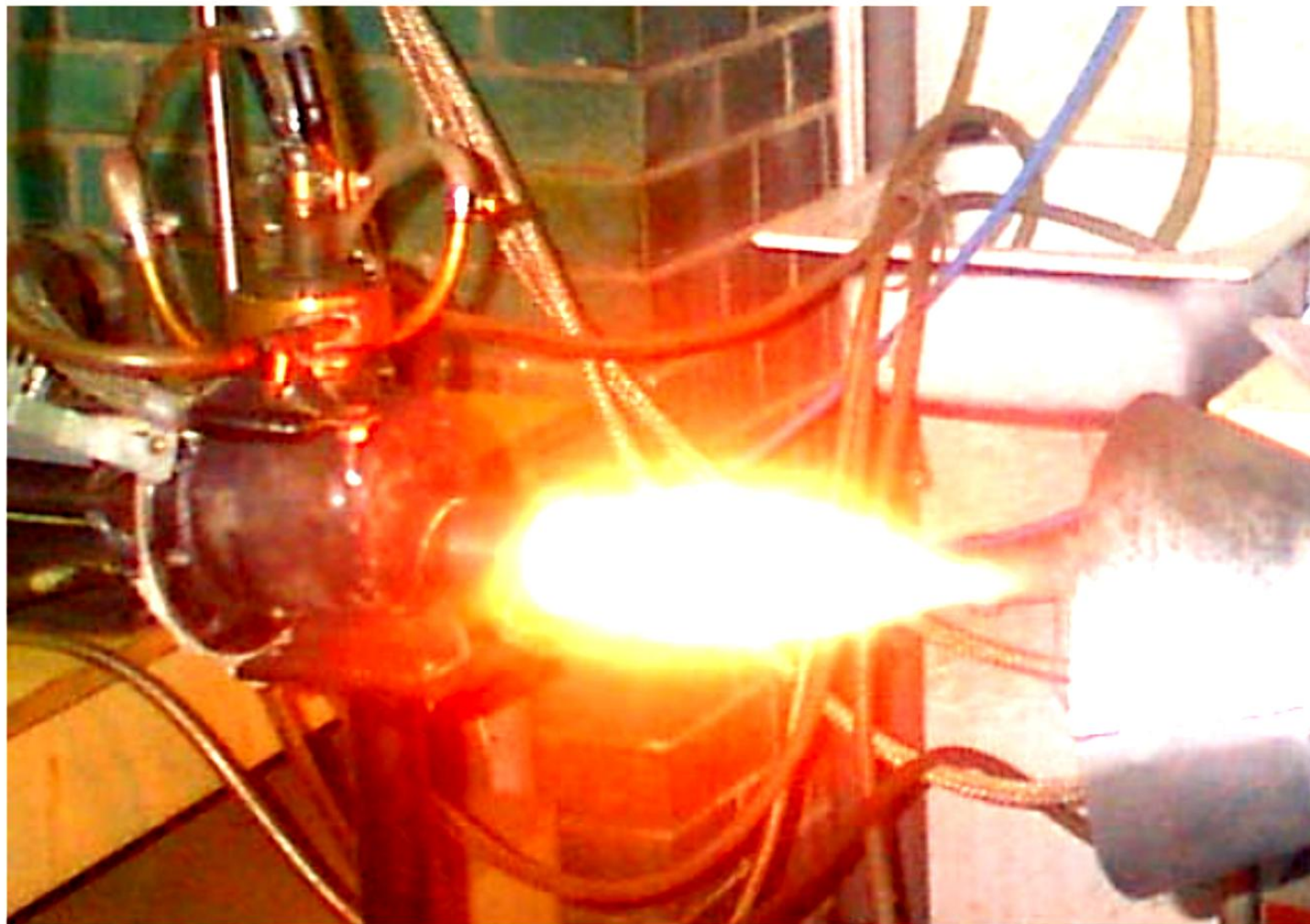
Badania realizowano w ten sposób, że do komory spalania doprowadzono wytworzoną w plazmotronie o określonej mocy elektrycznej niskotemperaturową plazmę argonową, od której następował zapłon i spalanie mieszanki pyłowo–powietrznej, a powstający płomień był wydmuchiwany na zewnątrz plazmowego palnika pyłowego. Moc elektryczna plazmotronu oraz strumienie pyłu i strumienie powietrza (pierwotnego i wtórnego) były mierzone i kontrolowane w sposób ciągły. Do detekcji płomienia pyłowego na wylocie komory spalania wykorzystano fotodiodę krzemową z kwarcowym światłowodem sprzężoną elektrycznie z komputerem PC. Dla stałego strumienia pyłu zwiększano, a następnie zmniejszano strumień powietrza tak, aby nastąpiło cofnięcie płomienia pyłowego do ośrodka palnika. W efekcie otrzymano górną i dolną granicę występowania płomienia na wylocie z plazmowego palnika pyłowego.

Stanowisko badawcze

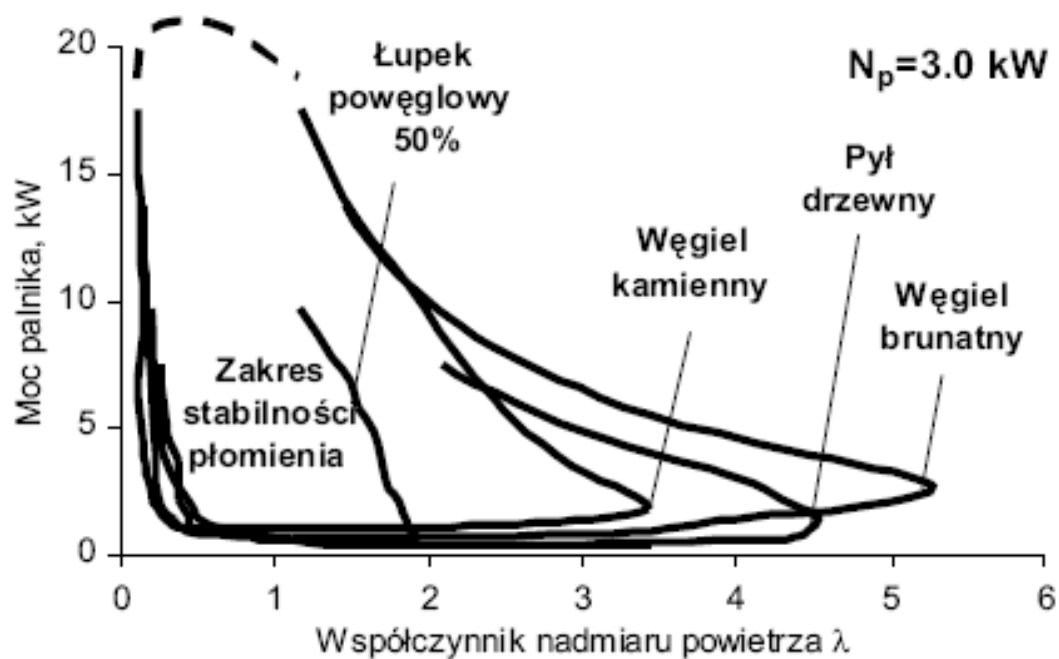


Schemat stanowiska laboratoryjnego: 1 – plazmotron, 2 – komora spalania z wymurówką, 3 – fotodetektor, 4 – podajnik pyłu, 5 – cyklon, 6 – zasilacz plazmotronu, 7 – sprężarka powietrza, 8 – układ zasilania podajnika pyłu

Plazmotron laboratoryjny podczas pracy



Wyniki badań laboratoryjnych



Porównanie zakresu stabilności przebadanych paliw (moc elektryczna plazmotro-
nu 3,0 kW, argon 0,85 m³/h)

Urządzenie do spawania plazmowego

Urządzenie SP-100DC jest nowoczesnym i energooszczędnym urządzeniem przeznaczonym do spawania plazmowego prądem stałym, ciągłym i pulsującym stali węglowych, stopowych i metali nieżelaznych z wyjątkiem aluminium i magnezu.



Urządzenia do cięcia plazmowego

Urządzenia stacjonarne do cięcia plazmowego CP-200 i CP-300 s
przeznaczone przede wszystkim do maszynowego cięcia
plazmowego przy zastosowaniu powietrza stali węglowych,
stopowych i metali nieżelaznych. Mogą pracować
autonomicznie lub na stanowiskach sterowanych
numerycznie w zależności od wymagań użytkownika.



CP-200



CP-300