



KURS

Cięcia plazmowego

PROWELD
TECHNIKA SPAWALNICZA
PROWELD.INFO.PL



proweld

TECHNIKA SPAWALNICZA

Kursy spawalnicze

☎ 570 546 996

🌐 www.proweld.info.pl

✉ biuro.proweld01@gmail.com

BEZPIECZEŃSTWO I HIGIENA PRACY W SPAWALNICTWIE

WPROWADZENIE

Procesom spawania i cięcia termicznego towarzyszy wiele czynników, które mogą stanowić niebezpieczeństwo zagrażające obsłudze stanowisk spawalniczych oraz ich otoczeniu.

Do podstawowych zagrożeń należą:

- porażenie prądem elektrycznym,
- porażenie wzroku i skóry szkodliwym promieniowaniem,
- zatrucie szkodliwymi gazami, dymami i pyłami,
- poparzenie rozpryskami metali i żużli,
- eksplozja wybuchowych mieszanek gazowych,
- zagrożenie pożarowe,
- nadmierny hałas,
- radioaktywność i pole magnetyczne.

Rodzaj zagrożenia i stopień szkodliwości zależy od rodzaju procesu spawalniczego, rodzaju spawanego materiału, wielkości produkcji i organizacji pracy.

Braki i niedociągnięcia w zakresie zapewnienia bezpiecznych warunków pracy prowadzą często do wystąpienia wypadków oraz są przyczyną chorób zawodowych. Wśród głównych przyczyn wypadków przy pracach spawalniczych wymienia się brak doświadczenia zawodowego personelu spawalniczego (20%), niepełnosprawność pracowników (10%) i nieprzestrzeganie przepisów (70%). Zatem duże znaczenie w przeciwdziałaniu występującym zagrożeniom i powstawaniu wypadków w pracy ma zatrudnianie pracowników z wymaganymi uprawnieniami spawalniczymi oraz odpowiednie szkolenie załóg.

Odpowiedzialność za bezpieczne warunki pracy i ochronę środowiska spoczywa zarówno na pracodawcy jak i na pracownikach. Na pracodawcy ciąży obowiązek szkolenia w zakresie BHP, dopuszczanie pracowników do pracy zgodnie z ich kwalifikacjami i zapewnienie bezpiecznych warunków pracy. Pracownicy są zobowiązani do ścisłego przestrzegania obowiązujących instrukcji obsługi urządzeń, instrukcji bezpieczeństwa na stanowisku pracy oraz innych uregulowań organizacyjnych związanych ze stanowiskiem pracy.

ZAGROŻENIA PORAZENIEM PRĄDEM ELEKTRYCZNYM

Źródła zagrożeń porażenia prądem elektrycznym związane są zarówno z bezpośrednim przebiegiem procesu spawania, jak również z obsługą elektrycznych urządzeń pomocniczych wykorzystywanych w procesie spawania. Skutki oddziaływania prądu na organizm ludzki są bardzo groźne dla zdrowia, a często są zagrożeniem dla życia. Jego przepływ przez ciało ludzkie powoduje wydzielanie się dużych ilości ciepła, działa porażająco na układ nerwowy, wywołuje zjawisko

elektrolizy, a także może być przyczyną ciężkich, wtórnych urazów mechanicznych w wyniku upadku.

Wzrost temperatury ciała powyżej 50 °C, spowodowany przepływem prądu, powoduje zamieranie tkanek wskutek ścinania się białka. Natomiast prąd o dużym natężeniu może spowodować nawet zwęglenie części ciała, przez które przepływa.

Paraliż układu nerwowego, spowodowany przepływem prądu, objawia się zaburzeniami zmysłów wzroku, słuchu, równowagi, zakłóceniami pracy serca, a nawet zatrzymaniem oddechu. Szczególnie groźne dla porażonego są zakłócenia w pracy serca w postaci tzw. migotania komór serca, ponieważ w warunkach głębokiego omdlenia nie wykazuje on oznak życia i bez natychmiastowej pomocy medycznej dochodzi do śmierci.

Najsilniej na układ nerwowy oddziałuje prąd przemienny o częstotliwości 40-60 Hz, prąd stały jest pod tym względem mniej groźny. Prąd przemienny o natężeniu 0,01-0,025 A powoduje ból i skurcz mięśni ręki trzymającej przewód elektryczny uniemożliwiając jej oderwanie. Prąd przemienny większy od 0,05 A prowadzi do utraty przytomności, a powyżej 0,1 A grozi śmiercią.

Szczególnie groźne są wypadki związane z kontaktem spawacza z obwodem pierwotnym urządzeń spawalniczych, z powodu występującego tam wysokiego napięcia, co skutkuje często porażeniem śmiertelnym. Niebezpieczny też może być obwód wtórny tych urządzeń, a to z uwagi na napięcie biegu jałowego, które zależnie od urządzenia wynosi 62-100 V.

Wartość prądu elektrycznego płynącego przez organizm ludzki zależy od napięcia źródła prądu oraz oporu kontaktowego ciała. Im większy jest ten opór tym mniejszy płynie prąd. Sucha skóra i sucha odzież ma większą oporność elektryczną od wilgotnych. Natomiast wilgotne środowisko spawania, mokre i zabrudzone pyłem ubranie, wilgotna podłoga zmniejszają ogólny opór elektryczny i zwiększają przez to niebezpieczeństwo śmiertelnego porażenia prądem.

Przy użytkowaniu elektrycznych urządzeń spawalniczych i osprzętu należy w szczególności przestrzegać następujących wymagań bezpieczeństwa:

- nie dotykać gołymi rękami urządzeń pracujących pod napięciem,
- dbać o stan izolacji przewodów zasilających, ponieważ uszkodzona izolacja może być przyczyną przebicia i porażenia prądem,
- unikać pracy z urządzeniami elektrycznymi w wilgotnych pomieszczeniach lub w wilgotnym ubraniu, a w razie potrzeby nosić suchą odzież ochronną, gumowe rękawice oraz stać na izolacyjnych matach,
- nie dotykać elektrody, jeżeli występuje kontakt z przedmiotem spawanym lub ziemią, lub innej elektrody od innego urządzenia,
- nigdy nie należy pracować pojedynczo, zawsze wymagana jest obecność drugiej osoby,
- należy wyłączyć wszystkie urządzenia, które nie są używane,
- nie przekładać spawalniczych przez swoje ciało,
- przy pracy wewnątrz zbiorników, kotłów i innych metalowych pomieszczeń, stosować oświetlenie elektryczne o napięciu 24 V,

- używać tylko urządzeń sprawnych technicznie, stosować się do instrukcji obsługi urządzenia,
- instalację, naprawy i przeglądy elektrycznych urządzeń spawalniczych powinni wykonywać pracownicy mający odpowiednie uprawnienia.

ZAGROŻENIA PROMIENIOWANIEM ŹRÓDEŁ CIEPŁA SPAWANIA

Procesom spawania łukiem elektrycznym oraz płomieniem gazowym a także cięcia termicznego towarzyszy promieniowanie świetlne widzialne i niewidzialne, którego intensywność zależy od metody spawania oraz parametrów procesu. Na jego szkodliwe skutki narażone są oczy i skóra odsłoniętych części ciała spawacza.

Promieniowanie widzialne działa oślepiająco, nie pozwalając na obserwację miejsca spawania. Widzialne promieniowanie niebieskie powoduje krótkotrwałe olśnienie wzroku, natomiast długotrwałe jego oddziaływanie powoduje podrażnienie oczu, trwałe osłabienie wzroku i bóle głowy.

Niewidzialne promieniowanie podczerwone, przenika w głąb oka i powoduje przegrzanie gałki ocznej. Długotrwałe oddziaływanie powoduje uszkodzenie siatkówki. Skóra odsłoniętych części ciała pochłania 95% promieniowania podczerwonego, powodując silny wzrost temperatury na jej powierzchni.

Niewidzialne promieniowanie nadfioletowe jest silnie pochłaniane przez soczewkę, powoduje zapalenie spojówek, rogówki i powiek. Działając fotochemicznie na soczewkę powoduje powstawanie zaćmy, a długotrwałe narażanie prowadzi do utraty wzroku. Skutki działania promieniowania nadfioletowego na oczy odczuwa się już po kilku godzinach jako przykry ból oka, światłowstręt i łzawienie. Groźne w skutkach może być oddziaływanie promieniowania nadfioletowego na odsłonięte części ciała. Powoduje ono oparzenia podobne do oparzeń słonecznych, a wielokrotna ekspozycja skóry na intensywne promieniowanie ultrafioletowe wywołuje zwłóknienie skóry i zanik naskórka. Długotrwałe działanie tego promieniowania na skórę prowadzi do wystąpienia zmian nowotworowych.

Skuteczną ochronę przed szkodliwym działaniem promieniowania mogą zapewnić indywidualne środki ochrony spawacza takie jak okulary ochronne do spawania gazowego, przyłbice spawalnicze do spawania łukowego, rękawice spawalnicze oraz odzież ochronna. Stanowisko spawania powinno być oddzielone od innych stanowisk pracy za pomocą parawanów.

ZAGROŻENIA GAZAMI, DYMAMI I PYŁAMI SPAWALNICZYMI

Podczas spawania oraz cięcia termicznego wydzielają się duże ilości gazów, dymów, pyłów oraz par metali, które mają szkodliwy wpływ na zdrowie spawacza i osób przebywających w pobliżu stanowiska spawalniczego. Źródłami emisji gazów jest termiczny rozkład i sublimacja związków chemicznych wchodzących w skład

otulin elektrod otulonych, topników do spawania łukiem krytym, topników do lutowania, rozpad i jonizacja gazów spawalniczych. Podczas topienia metali w łuku spawalniczym zachodzi także parowanie metali i utlenianie par metali. W niższej temperaturze lotne substancje kondensują tworząc cząstki o wielkości 0,1-0,5 μm .

Ilość oraz skład chemiczny powstających gazów, dymów, pyłów oraz par metali zależy od metody spawania, rodzaju spawanego materiału podstawowego i materiałów dodatkowych oraz parametrów spawania.

Gazy, które powstają przy spawaniu, cięciu, lutowaniu itp. i stwarzają zagrożenie dla zdrowia spawacza to najczęściej ozon, tlenki azotu, tlenek węgla, fosgen, fluorowodór, a także produkty rozkładu związków chlorowych.

Szczególną toksycznością odznaczają się dymy spawalnicze, które są aerozolem mieszaniną bardzo drobnych cząstek pyłu i gazów. Również pary metali i ich tlenki stwarzają duże zagrożenie dla zdrowia. Do najczęściej spotykanych, szczególnie niebezpiecznych, zalicza się związki cynku, ołowiu, kadmu, aluminium i miedzi.

Celem ochrony pracowników przed skutkami narażenia na działanie niebezpiecznych dla zdrowia substancji należy przestrzegać przepisów określających wartości dopuszczalnych stężeń poszczególnych związków w powietrzu na stanowisku pracy. Skutecznym sposobem ochrony w tym przypadku jest sprawnie działający system wentylacji ogólnej i lokalnej na stanowisku spawalniczym. Szczególnym nadzorem należy objąć spawaczy pracujących w ciasnych pomieszczeniach (zbiornikach), gdzie oprócz wentylacji może być konieczny również nawiew świeżego powietrza.

ZAGROŻENIA POPARZENIEM ROZPRYSKAMI METALI I ŻUŻLI

Stosowane w procesach spawania źródła ciepła o wysokiej temperaturze znajdują się w bezpośredniej bliskości spawacza. Z tego względu istnieje bezpośrednie niebezpieczeństwo poparzenia ciepłem łuku, ciepłem płomienia gazowego oraz odpryskami metalu i żużla.

Źródłem zagrożenia poparzeniem w procesach spawania może być rozgrzana elektroda, gorąca spoina, proces wstępnego podgrzewania przedmiotów jak również zabiegi obróbki cieplnej złączy po spawaniu. Podczas spawania części metalowe nagrzewają się wskutek przewodnictwa ciepła nawet na znacznej odległości od miejsca pracy spawacza i mogą stać się źródłem zagrożenia poparzeniem.

Niestabilność procesów spawania jest przyczyną występujących gorących rozprysków metalu i żużli, które mogą powodować poparzenie spawacza, a także mogą wywołać zapalenie się materiałów łatwopalnych podczas prowadzenia prac spawalniczych. Do ochrony przed oparzeniami należy nosić nieuszkodzoną ochronną odzież spawalniczą i rękawice spawalnicze, a w szczególnych przypadkach także skórzany fartuch.

ZAGROŻENIE EKSPLOZJĄ MIESZANEK WYBUCHOWYCH

Niebezpieczeństwo wybuchu mieszanek gazowych występuje w pracach spawalniczych, w których stosuje się butle z gazami palnymi lub butle z tlenem. Gazy palne tworzą z powietrzem lub tlenem mieszaniny wybuchowe w bardzo szerokim zakresie stężeń. Do zainicjowania wybuchu takiej mieszanki wystarczy niewielka iskra. Spalaniu wybuchowemu mieszanki towarzyszy niszcząca fala detonacyjna i wysoka temperatura, będąca przyczyną pożarów. Do powstania mieszanek wybuchowych przy pracach spawalniczych przyczyniają się następujące czynniki:

- niewłaściwa obsługa butli, np. rzucanie, przewracanie mogące uszkodzić zawór butli,
- nieszczelność zaworów butlowych lub reduktorów,
- nieszczelność instalacji gazowej,
- magazynowanie wspólne gazów palnych z tlenem, chlorem itp.

Wybuchowi mogą ulec również butle z gazami sprężonymi. Dlatego należy z butlami obchodzić się bardzo ostrożnie, unikać wstrząsów, chronić przed uderzeniami itp. Należy je również chronić przed nagrzaniem, tzn. nie wystawiać na działanie promieni słonecznych, nie stawiać w pobliżu pieców lub ognisk, aby w ten sposób nie wywołać nadmiernego ciśnienia, mogącego spowodować rozerwanie butli. Bardzo niebezpieczne jest zanieczyszczenie butli oraz instalacji sprężonego tlenu smarami, olejami czy innymi tłuszczami.

Zagrożenie wybuchem występuje również podczas prac spawalniczych przy zbiornikach, rurociągach i innych obiektach przeznaczonych do przechowywania i transportu materiałów palnych. Wówczas prace mogą być prowadzone pod szczególnym nadzorem.

ZAGROŻENIE HAŁASEM

Hałas należy do najczęściej występujących w środowisku pracy czynników oddziałujących szkodliwie na organizm ludzki, a procesy spawalnicze są jego najpoważniejszymi źródłami. Szczególnie niebezpieczne okazują się procesy cięcia termicznego oraz natryskiwanie cieplne, podczas których poziom hałasu przekracza obowiązujące normy bezpieczeństwa, w wysokości 85 dB, a często osiąga wartość 110 dB zbliżając się do progu odczuwalnego bólu.

Poziom hałasu zależy od metody cięcia i spawania oraz od stosowanych parametrów procesu takich jak parametry prądowe, rodzaj stosowanych gazów itp. Źródłami hałasu w procesach cięcia i spawania są:

- urządzenia elektryczne do spawania i cięcia,
- wypływ strumienia gazów z dyszy palnika gazowego lub plazmowego,
- układy chłodzenia urządzeń spawalniczych,
- urządzenia wentylacyjne na stanowiskach pracy.

Praca w hałasie, oddziałującym na narządy słuchu może powodować upośledzenie sprawności narządów słuchu i uszkodzenie ucha środkowego. Ryzyko uszkodzenia narządów słuchu istotnie zwiększa się wraz ze wzrostem poziomu natężenia hałasu

i długości czasu ekspozycji na hałas oraz ze wzrostem udziału dźwięków o wysokiej częstotliwości i dźwięków impulsowych. Z tego względu w warunkach zagrożenia hałasem, należy zaopatrzyć się w osłonę uszu, stosując miękkie zatyczki i nauszniki.

ZAGROŻENIA POŻAROWE

Największe zagrożenie pożarowe występuje w pracach spawalniczych nieodpowiednio przygotowanych do wykonywania takich prac. Wysoka temperatura łuku spawalniczego, płomienia gazowego, a także powstające podczas spawania, zgrzewania i cięcia rozpryski mogą stać się przyczyną zapalenia się materiałów łatwopalnych, znajdujących się w pobliżu miejsca spawania. Szczególnie niebezpiecznie, ponieważ często lekceważone, są rozpryskujące się rozżarzone cząstki metalu, które rozprzestrzeniają się niekiedy na kilka metrów od miejsca spawania czy cięcia.

Do głównych przyczyn, sprzyjających powstawaniu i rozprzestrzenianiu się pożarów w pracach spawalniczych, należą:

- snop rozżarzonych cząstek metalu (iskier),
- krople ciekłego metalu,
- żarzące się cząstki żużla,
- wysoka temperatura łuku elektrycznego i płomienia gazowego,
- promieniowanie cieplne,
- niesprawna instalacja i urządzenia spawalnicze,
- wykonywanie prac spawalniczych w pobliżu obiektów będących niebezpiecznymi pod względem pożarowym i nieodpowiednio zabezpieczonymi,
- nieznajomość lub lekceważenie przepisów przeciwpożarowych,
- brak odpowiedniego nadzoru nad przebiegiem prac spawalniczych.

Bardzo ważnym działaniem zapobiegającym pożarom, jest kontrola miejsc i obiektów po zakończeniu prac spawalniczych.

ZAGROŻENIA RADIOAKTYWNOŚCIĄ I POLEM ELEKTROMAGNETYCZNYM

Promienie X oraz gamma mogą u człowieka, który otrzymał niebezpieczną dawkę promieniowania, spowodować wiele groźnych chorób, takich jak rozpad czerwonych ciałek krwi, uszkodzenie gruczołów i wiele innych.

Potencjalne źródło zagrożenia radioaktywnego występuje przy spawaniu metodą TIG (z ang. Tungsten Inert Gas) z użyciem elektrod wolframowych zawierających ok. 2% tlenku toru, przy spawaniu wiązką elektronów oraz podczas kontroli radiologicznej złączy spawanych.

Tlenek toru ThO_2 jest związkiem słabo promieniotwórczym i podczas spawania występuje w niewielkich stężeniach w dymach spawalniczych. Zagrożenie nim istnieje w przypadku całkowitego braku wentylacji stanowiska spawalniczego.

Większe zagrożenie radioaktywnością występuje w spawaniu wiązką elektronów. Szczególnie niebezpiecznym źródłem promieniowania X są urządzenia do spawania WE pracujące pod napięciem większym niż 60 kV.

Największe zagrożeniem promieniowaniem jonizującym występuje podczas badania złączy spawanych metodami radiologicznymi, które wykorzystują promieniowanie rentgenowskie X oraz promieniowanie γ izotopów promieniotwórczych.

Z uwagi na duże zagrożenie radioaktywnością personel obsługujący urządzenia do spawania wiązką elektronów oraz wykonujący badania radiologiczne, musi mieć indywidualne wskaźniki napromieniowania.

W procesach spawalniczych występuje również zagrożenia polem elektromagnetycznym, którego źródłami mogą być:

- urządzenia indukcyjne do nagrzewania i topienia metali,
- zgrzewarki elektryczne oporowe,
- urządzenia i wyposażenie do spawania elektrycznego, w tym:
 - a) spawalnicze źródła prądu,
 - b) przewody spawalnicze,
 - c) łuk elektryczny.

Negatywny wpływ długotrwałego działania promieniowania elektromagnetycznego na organizm na ludzki przejawia się zwiększoną zachorowalnością na choroby układu nerwowego, a ponadto:

- bólami głowy,
- nerwową drażliwością,
- zaburzeniami czynności serca i mózgu,
- zaburzeniami rytmów biologicznych,
- uczuciem mrowienia skóry.

Ciało ludzkie wystawione na promieniowanie elektromagnetyczne adsorbuje część energii pola i zamienia ją na ciepło, co w konsekwencji prowadzi do niebezpiecznego wzrostu jego temperatury.

PRZEPISY DOTYCZĄCE BEZPIECZEŃSTWA I HIGIENY PRACY W PRACACH SPAWALNICZYCH.

Obowiązujące przepisy w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy w pracach spawalniczych, wydane w rozporządzeniu ministra gospodarki z dnia 27 kwietnia 2000 r. zawarte są w Dz. U. Nr 40 poz. 470. Zarządzenia oparte na podstawie Kodeksu pracy, art. 237 §2, dotyczą uregulowania zasad bezpieczeństwa i odnoszą się między innymi do:

- spawalni i stanowisk spawalniczych,
- wyposażenia i materiałów technologicznych,
- kwalifikacji personelu spawalniczego,
- wykonywania prac spawalniczych.

W ujęciu Ustawy spawalnia i stanowiska spawalnicze są rozumiane następująco:

- Stanowisko spawalnicze – jest to stanowisko pracy, na którym

są wykonywane prace przy zastosowaniu procesów spajania, takich jak spawanie, napawanie, lutowanie, zgrzewanie i cięcia termicznego metali i tworzyw termoplastycznych.

- Stałe stanowisko spawalnicze – jest to stanowisko pracy przeznaczone do powtarzalnego wykonywania prac spawalniczych, którego wyposażenie techniczne i instalacje zasilające są na stałe zainstalowane.
- Ruchome stanowisko spawalnicze – jest to stanowisko pracy przeznaczone do okresowego wykonywania prac spawalniczych, którego wyposażenie techniczne i instalacje zasilające są kompletowane doraźnie na czas wykonywania określonej pracy.
- Spawalnia – jest to pomieszczenie przystosowane lub wydzielona część pomieszczenia, w którym są zlokalizowane stałe stanowiska spawalnicze.

ZALECENIA I PRZEPISY BHP OBOWIĄZUJĄCE UCZESTNIKÓW LABORATORIUM

1. Do ćwiczeń laboratoryjnych studenci powinni przystąpić ubrani w fartuch ochronny oraz inne środki ochrony osobistej przewidziane do użycia na danym stanowisku spawalniczym, takie jak okulary, przyłbice, rękawice itp.
2. Zabrania się samowolnego uruchamiania urządzeń znajdujących się na spawalni. Studenci mogą uruchamiać i obsługiwać urządzenia laboratoryjne jedynie za zgodą i pod nadzorem prowadzącego ćwiczenie.
3. W szczególności, ze względu na bezpieczeństwo uczestników laboratorium, zabrania się studentom:
 - obserwacji procesów spawania bez środków ochrony wzroku,
 - dotykania rozgrzanych przedmiotów bezpośrednio po spawaniu lub cięciu,
 - dotykania przewodów będących pod napięciem,
 - kierowania płomienia lub innych źródeł ciepła na butle ze sprężonymi gazami lub inne urządzenia lub osoby,
 - opierania się o urządzenia, przewody i inne elementy stanowisk laboratoryjnych,
 - samowolnej naprawy urządzeń spawalniczych i dokonywania zmian w ich konstrukcji,
 - używania urządzeń spawalniczych do innych celów niż to przewidziano w ćwiczeniu,
 - bezmyślnego manipulowania przyciskami i pokrętlami aparatury badawczej i innych urządzeń pomiarowych,
 - zdejmowania osłon, demontażu urządzeń oraz usuwania innych elementów wyposażenia laboratorium mających wpływ na bezpieczeństwo osób przebywających na spawalni,
 - samowolnego opuszczania stanowiska laboratoryjnego w trakcie odbywania ćwiczeń,
 - samowolnego przechodzenia do innych stanowisk laboratoryjnych, lub innych grup ćwiczeniowych, a także załatwianie podczas ćwiczeń spraw nie związanych z tematem zajęć laboratoryjnych,

CIĘCIE PLAZMĄ

1. Określenie plazmy

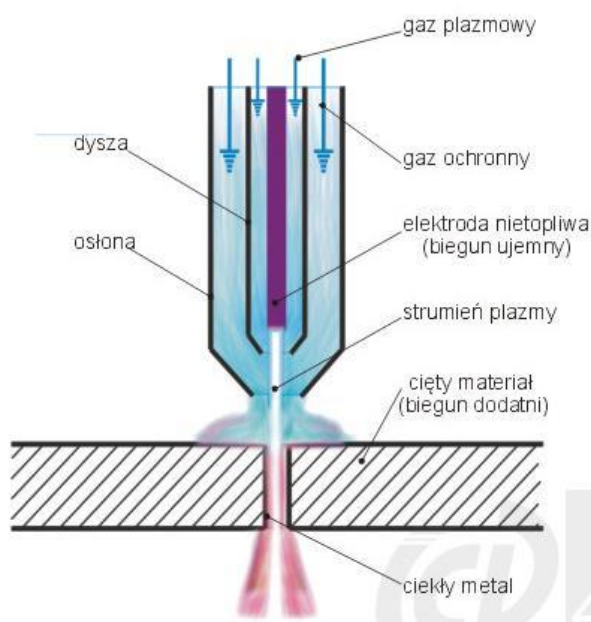
Plazma to zjonizowana materia o stanie skupienia przypominającym gaz. Dzięki specyficznym właściwościom zwana jest czwartym stanem materii. Plazma złożona jest zarówno z cząstek naładowanych elektrycznie, jak i obojętnych. W plazmie współwystępują zjonizowane atomy oraz elektrony, jednak cała objętość zajmowana przez plazmę jest elektrycznie obojętna.

Zjonizowanie atomów powietrza w łuku elektrycznym polega na tym, że w wysokiej temperaturze łuku cząsteczki gazów zawartych w powietrzu i gazów rozpadają się na mniejsze, elektrycznie naładowane cząstki - elektrony i jony. Elektrony ujemne są przyciągane przez anodę (materiał spawany), a jony dodatnie przez katodę (elektrodę).

Ze względu na obecność dużej ilości jonów o różnym ładunku oraz swobodnych elektronów, plazma przewodzi prąd elektryczny, ale jej opór, inaczej niż w przypadku metali, maleje ze wzrostem temperatury.

Przepuszczanie strumienia sprężonego gazu przez jarzący się łuk elektryczny powoduje jego jonizację i dzięki dużemu zagęszczeniu mocy wytwarza się strumień plazmy. Dysza zamontowana w palniku skupia łuk plazmowy. Chłodzone ścianki dyszy powodują zawężanie kolumny łuku.

Wysoka temperatura w jądrze łuku plazmowego i bardzo duża prędkość strumienia plazmy (energia kinetyczna) to zjawiska powodujące, że materiał jest stopiony i wydmuchany ze szczeliny.



2. Cechy użytkowe metody cięcia plazmą

Zalety:

- znaczne prędkości cięcia - 5 do 7 razy większe niż w wypadku cięcia tlenowo-gazowego,
- cięcie bez podgrzewania, szybkie przebijanie,
- wąska strefa wpływu cięcia,
- małe odkształcenia cieplne - stosunkowo niewielki wpływ temperatury na cały materiał dzięki dużym prędkościom i silnie skoncentrowanemu działaniu temperatury,
- niewielka szczelina cięcia,

- dobra jakość powierzchni cięcia,
- możliwość cięcia bez nadpalania materiałów cienkich,
- duży zakres grubości cięcia - od 0,5mm do 160mm,
- skuteczne cięcie w pionie i ukosowanie stali konstrukcyjnej o grubości do 30mm
- łatwa automatyzacja procesu cięcia.

Wady:

- duży hałas (nie dotyczy przypadku procesu cięcia pod wodą),
- silne promieniowanie UV,
- duża ilość gazów i dymów szkodliwych dla zdrowia,
- zmiany w strefie wpływu cięcia,
- trudności w utrzymaniu prostopadłości krawędzi.

3. Charakterystyka procesu

W cięciu plazmowym metal topiony jest miejscowo przez bardzo wysoką temperaturę $10\,000 \div 30\,000^{\circ}\text{K}$, otrzymywaną przez ograniczony strumień plazmy.

Do cięcia metali używane są wyłącznie palniki plazmowe o łuku zależnym. Zajarzenie łuku w takich palnikach odbywa się za pomocą impulsu prądu o wysokim napięciu lub prądem wysokiej częstotliwości (HF). Możliwe jest cięcie wszystkich materiałów konstrukcyjnych przewodzących prąd elektryczny (żeliwo, stal, stal wysokostopową, aluminium, miedź i inne).

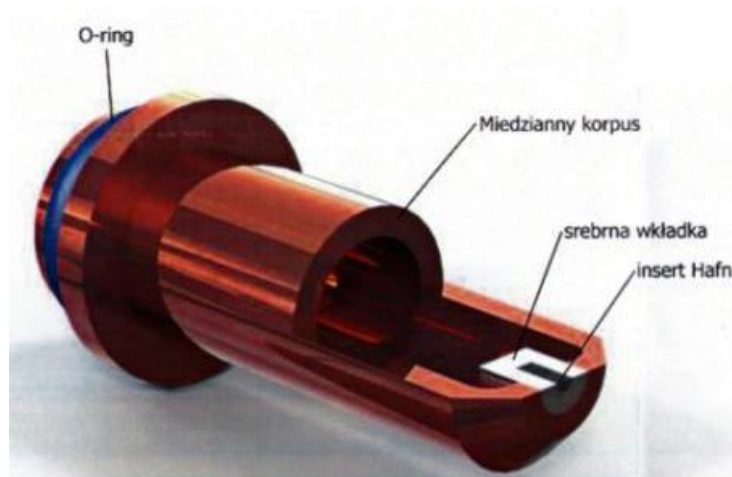
Do cięcia plazmowego stosowane są palniki o natężeniu prądu 30-40 A, 30-100 A oraz dużej mocy, dochodzącej do 1000 A. Palniki do cięcia ręcznego, o natężeniu łuku nieprzekraczającym 100 A, chłodzone są zazwyczaj powietrzem, natomiast palniki dużej mocy, stosowane do mechanicznego cięcia CNC, wymagają chłodzenia płaszczem wodnym.

Parametry procesu cięcia plazmą

- **Natężenie prądu** - natężenie prądu decyduje o temperaturze i energii łuku plazmowego. Zwiększając natężenie prądu możemy zwiększyć prędkość cięcia lub grubość przecinanego materiału.
Zbyt duże natężenie prądu sprawia, że pogarsza się jakość cięcia, zwiększa szerokość szczeliny, pojawiają się zaokrąglenia górnych krawędzi i odchylenie od prostopadłości. Zbyt małe natężenie prądu powoduje natomiast początkowo pojawienie się nawisów metalu przy dolnej krawędzi, a następnie brak przecięcia.
Natężenie prądu jest parametrem bezpośrednio regulowanym w przecinarce.
- **Napięcie łuku** - Napięcie łuku plazmowego decyduje o sprawnym przebiegu procesów cięcia plazmowego i stąd musi być dokładnie sterowane. W zależności od natężenia prądu, napięcie łuku - ze względu na bardzo duży stopień koncentracji plazmy łuku - wynosi od 50 do 200 V.
- **Prędkość cięcia** - prędkość cięcia należy odpowiednio dobrać do natężenia prądu i grubości ciętego materiału. W przypadku cięcia ręcznego duże znaczenie ma doświadczenie operatora. Podobnie jak wartość natężenia prądu, również prędkość ma wpływ na jakość przeprowadzonego cięcia. Zbyt mała prędkość prowadzi do zwiększenia szerokości szczeliny i pojawienia się nawisu metalu i żużla przy dolnej krawędzi oraz zaokrąglenia górnej krawędzi cięcia odchylenia od prostopadłości. Zbyt duża prędkość daje w efekcie zjawisko identyczne, jak w przypadku zbyt małego natężenia prądu.

- **Grubość cięcia** - do grubości przecinanego materiału należy dopasować natężenie prądu i prędkość cięcia zgodnie z zaleceniami producenta. Im grubszy materiał tym większe natężenie prądu i mniejsza prędkość cięcia.
Producentci przecinarek podają maksymalną grubość cięcia danej przecinarki plazmowej dla poszczególnych materiałów określając ją w dwóch wartościach:
 - maksymalna grubość **cięcia jakościowego** - czyli cięcia po którym powierzchnia materiału w miejscu rozcięcia jest dobrej jakości,
 - maksymalna grubość **cięcia rozdzielającego** - czyli cięcia za pomocą którego rozdzielimy materiał, ale bez zachowania dobrej jakości krawędzi cięcia.
- **Rodzaj i ciśnienie oraz natężenie przepływu gazu plazmowego** - Prędkość wypływu strumienia plazmy z palnika, oraz jego temperatura, są zależne od natężenia prądu, średnicy i kształtu dyszy zwężającej, a także odległości palnika od ciętego przedmiotu. Wpływ ma również rodzaj gazu plazmowego i jego ciśnienia. To właśnie dlatego, w zależności od rodzaju ciętego materiału, stosowane są różne gazy plazmowe. W pierwszych urządzeniach do cięcia plazmowego stosowany był wyłącznie argon i mieszanki argonu z wodorem. Ze względu na wysoką cenę tych gazów, rozwój cięcia plazmowego zmierzał nie tylko w kierunku zwiększenia jakości i prędkości cięcia, lecz również zastąpienia argonu znacznie tańszymi gazami. Początkowo był to azot, a następnie powietrze i tlen. Obecnie w popularnych przecinarkach ręcznych stosuje się zasilanie sprężonym powietrzem. Wymagane ciśnienie powietrza jest podawane przez producentów przecinarek i waha się w granicach 4÷7bar.

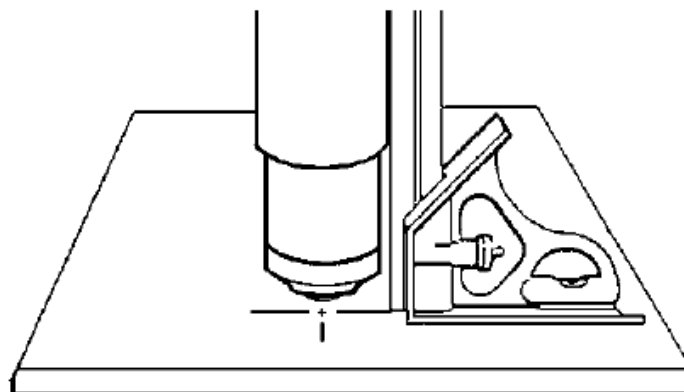
Rodzaj i konstrukcja elektrody - producenci palników plazmowych stosują różne rozwiązania konstrukcyjne elektrod i ich zamocowania i chłodzenia dążąc do wydłużenia czasu ich pracy i polepszenia jakości cięcia. Średnicę elektrody należy dobrać w zależności od natężenia prądu i należy polegać na zaleceniach producenta. Należy pamiętać, że zwiększanie natężenia prądu powoduje zwiększone zużycie elektrod.



- **Średnica dyszy zwężającej** - dobór dyszy należy przeprowadzić zgodnie z zaleceniami producenta.



- **Położenie palnika względem ciętego przedmiotu** - palnik plazmowy jest prowadzony prostopadle do ciętej powierzchni i w zależności od konstrukcji palnika dysza może się bezpośrednio stykać z ciętym materiałem, co zwiększa jakość cięcia lub też zachowywać pewien odstęp dzięki zamocowanej sprężynie dystansowej.



Ustawienie palnika



Sprężyna dystansowa

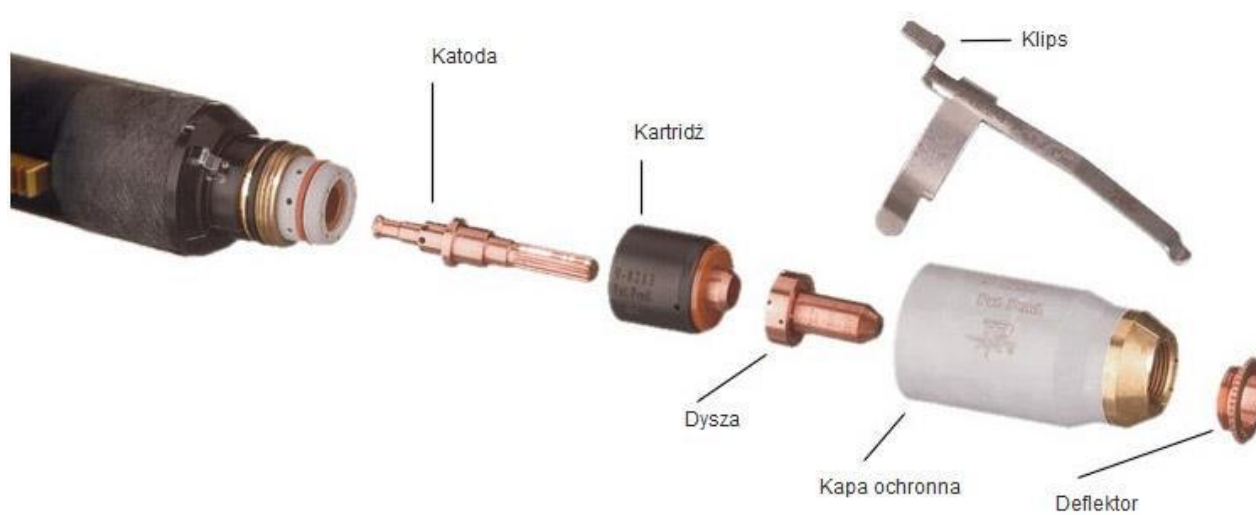
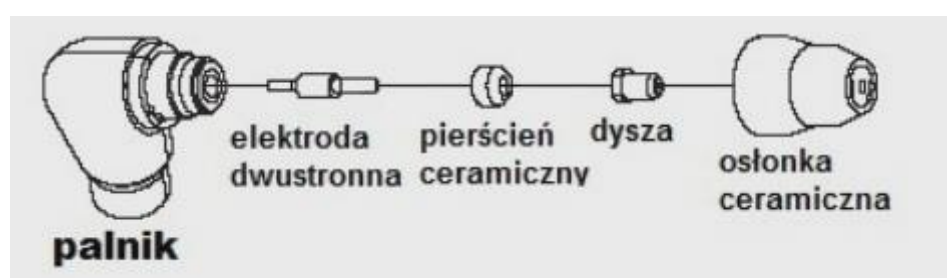


Palnik ze sprężyną dystansową

4. Palnik plazmowy - budowa



Elementy palnika





Elektroda

Sprawdź głębokość wgłębienia



Dysza

Sprawdź otwór środkowy



Pierścień zawirujący

Zbadaj zwnętrzną powierzchnię



Sprawdź otwory gazowe

Pierścień na głowicy palnika



Części eksploatacyjne



Zużycie części eksploatacyjnych



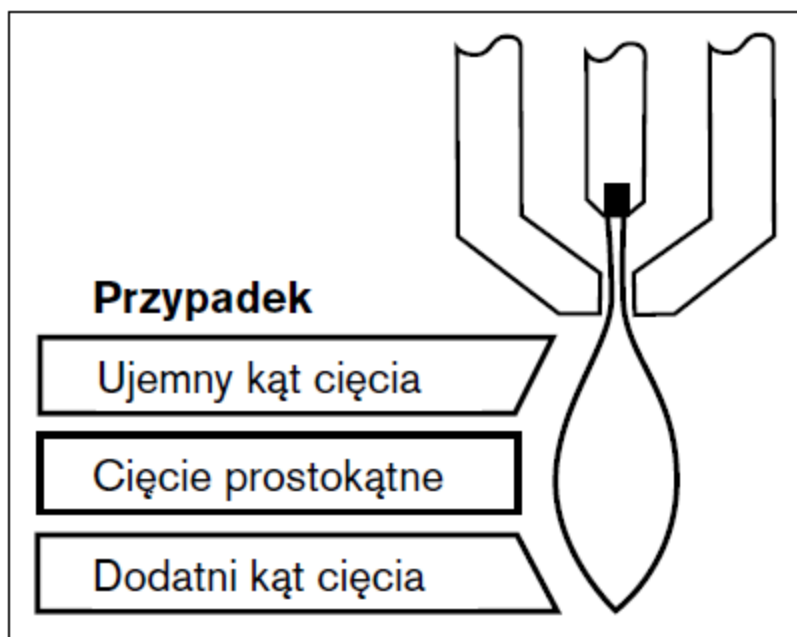
Palnik do cięcia z wózkiem





Palnik do cięcia z cyrklem

5. Ustawienie palnika i prędkość cięcia



- **Ujemny kąt cięcia:** Palnik za nisko, należy zwiększyć robocze odsunięcie palnika



- **Cięcie prostokątne:** Palnik na dobrej wysokości
- **Dodatni kąt cięcia:** Palnik za wysoko, należy zmniejszyć robocze odsunięcie palnika



Prędkość cięcia plazmą

Żużel przy zbyt dużej prędkości
Małe, liniowo ułożone kulki stopionego materiału, które przytwierdzają się wzdłuż dolnej krawędzi cięcia (występują smugi w kształcie litery S; żużel trudno usunąć, wymaga szlifowania).

Żużel przy zbyt małej prędkości
Pieniste lub kuliste nagromadzenia stopionego materiału, który przytwierdza się wzdłuż górnej krawędzi cięcia (mogą występować pionowe smugi; żużel łatwo usunąć, odlupania w dużych kawałkach).

Opryskana górna część
Drobne odpryski stopionego materiału, które zbierają się u góry krawędzi cięcia (bezludnie rozłożone, najczęściej przy plazmie powietrznej).



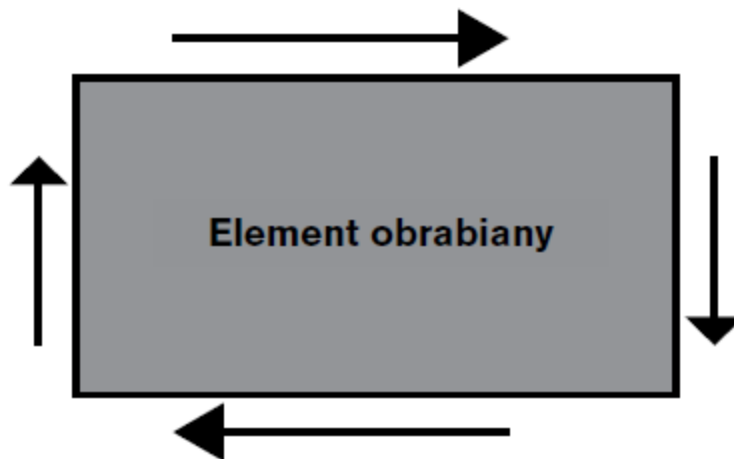
Zależność kąta wypływu żużla od prędkości cięcia

6. Kierunek cięcia

Łuk plazmowy przy standardowych materiałach eksploatacyjnych zazwyczaj obraca się zgodnie z ruchem wskazówek zegara.

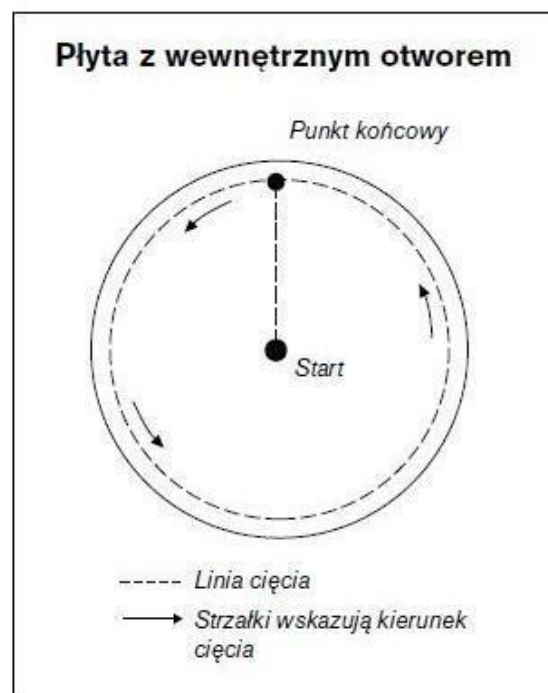
Kontur:

- Palnik przesuwany zgodnie z ruchem wskazówek zegara.
- Lepsza strona cięcia znajduje się po prawej stronie palnika, ponieważ porusza się on w przód.

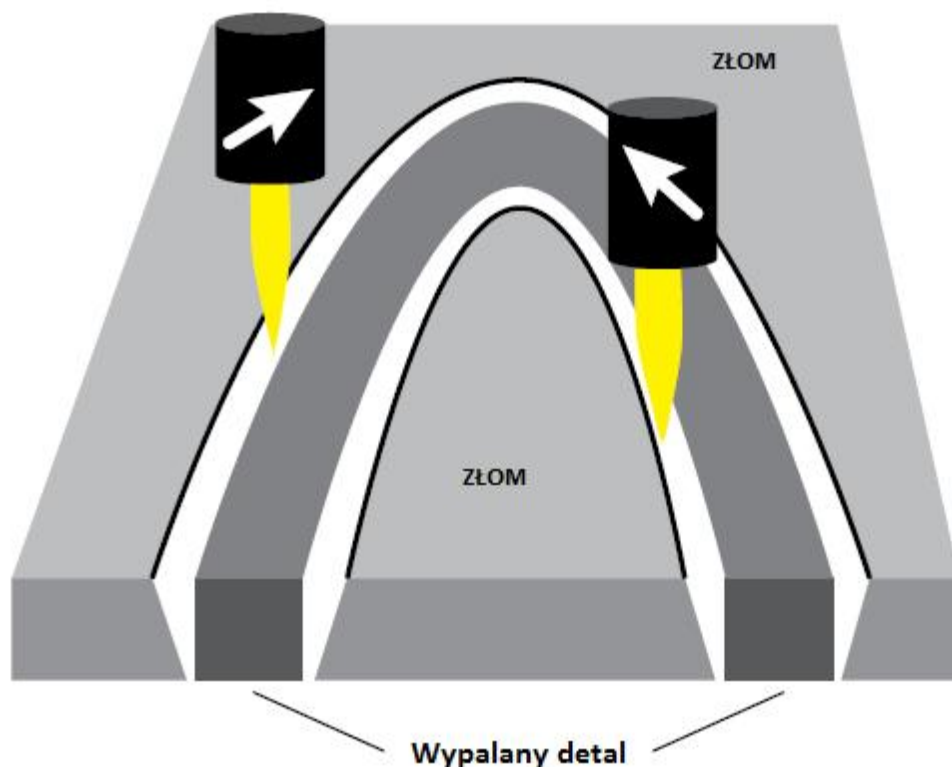


Element wewnętrzny (otwór):

- Palnik przesuwany przeciwnie do ruchu wskazówek zegara.
- Lepsza strona cięcia znajduje się po prawej stronie palnika, ponieważ porusza się on w przód.



Wypalanie otworu



7. Strefa udaru cieplnego

Jednym z problemów podczas cięcia metalu jest wielkość powstającej przy tym strefy udaru cieplnego. Intensywne ciepło zmienia strukturę chemiczną metalu, sprawiając, że strefa udaru cieplnego ciemnieje ([barwa nalotowa](#)), odkształca się. Potencjalnie, część może być niezdatna do kolejnych operacji spawania do chwili usunięcia krawędzi objętej uderem cieplnym. Niezależnie od procesu, im szybciej porusza się palnik, tym mniejsza jest strefa udaru cieplnego. Dlatego też większa szybkość cięcia plazmowego tworzy mniejszą strefę udaru cieplnego, która wymaga mniej dodatkowych operacji związanych z jej usuwaniem.



8. Gaz plazmotwórczy

Gaz plazmotwórczy musi charakteryzować się wysoką entalpią i dużą przewodnością cieplną oraz możliwie najmniejszym potencjałem dysocjacji i jonizacji oraz dużym ciężarem cząsteczkowym.

Do cięcia plazmowego wykorzystywane są m.in.:

- argon - doskonały składnik gazowy do zajarzenia i podtrzymywania łuku stosowany w mieszaninie z wodorem,
- wodór - do cięcia stali austenitycznych i stopów lekkich używany w połączeniu z argonem lub azotem,
- azot - zapewnia cięcie z dużymi prędkościami bez utlenienia krawędzi i ogranicza powstawanie nawisów;
- tlen - stosowany do wydajnego cięcia stali niskostopowych gwarantuje uzyskanie gładkiej powierzchni ciętego materiału, wolnej od nawisów i tlenków,
- powietrze.

9. Urządzenia do cięcia plazmą

Do cięcia plazmowego stosowany jest wyłącznie prąd stały z biegunowością ujemną (minus na elektrodzie). Jako źródła prądu używane są tradycyjne **prostowniki tyrystorowe** oraz **inwertory**.

Podstawowe parametry i funkcje przecinarek plazmowych

- **Maksymalny prąd cięcia (amperaż)** - jest podstawowym wyznacznikiem mocy każdej przecinarki plazmowej. Decyduje on o wydajności cięcia (prędkości) i o maksymalnej grubości materiału jaki możemy przecinać.
- **Cykl pracy** - określany jest dla danej wartości natężenia prądu cięcia. Jest procentowym podziałem 10 minut na czas, przez który urządzeniem można ciąć z daną wartością prądu i na konieczny czas przerwy w pracy. Przerwy w pracy są konieczne ze względu na nagrzewanie się układów urządzenia. Po przekroczeniu ustalonej temperatury przecinarka wyłącza się celem schłodzenia.
Cykl pracy zwiększa się wraz ze zmniejszaniem prądu cięcia. Np. przecinarka może ciąć prądem 60A w cyklu 35%, a prądem 40A w cyklu 100%.
- **Regulacja prądu cięcia** - natężenie prądu cięcia jest podstawową wartością bezpośrednio regulowaną w przecinarce.
- **Maksymalna grubość cięcia** - podawana jest w dwóch wartościach (grubość jest inna dla różnych materiałów):
 - **Maksymalna grubość cięcia jakościowego** - czyli cięcia po którym powierzchnia materiału w miejscu rozcięcia jest dobrej jakości,
 - **Maksymalna grubość cięcia rozdzielającego** - czyli cięcia za pomocą którego rozdzielimy materiał, ale bez zachowania dobrej jakości krawędzi cięcia.
- **Parametry gazu plazmowego** - w popularnych ręcznych przecinarkach używane jest sprężone powietrze o ciśnieniu 4÷7bar podawane z niezależnego kompresora lub też z kompresora wbudowanego w przecinarkę (np. [przecinarka Invertec PC-208](#)). Producenci przecinarek podają maksymalny przepływ powietrza tak, aby prawidłowo dobrać wydajność kompresora.
- **Rodzaj chłodzenia uchwytu** - w małych i średnich przecinarkach uchwyt chłodzony jest dostarczonym sprężonym powietrzem, natomiast w przecinarkach o wyższych parametrach

chłodzenie uchwytu może się odbywać cieczą w obwodzie zamkniętym dzięki wbudowanej chłodnicy.



Przecinarki inwertorowe do cięcia ręcznego





Przecinarki plazmowe sterowane numerycznie –CNC

10. Przepisy bhp i przeciwpożarowe

Zagrożenia rąk

Ręce stanowią jedną z najbardziej narażonych na urazy części ciała spawacza. Według szacunkowych danych urazy rąk stanowią 30 % ogółu liczby zdarzeń wypadkowych. Jest to związane z bezpośrednim kontaktem rąk ze źródłami czynników szkodliwych i niebezpiecznych, w szczególności z gorącymi i ostrymi przedmiotami

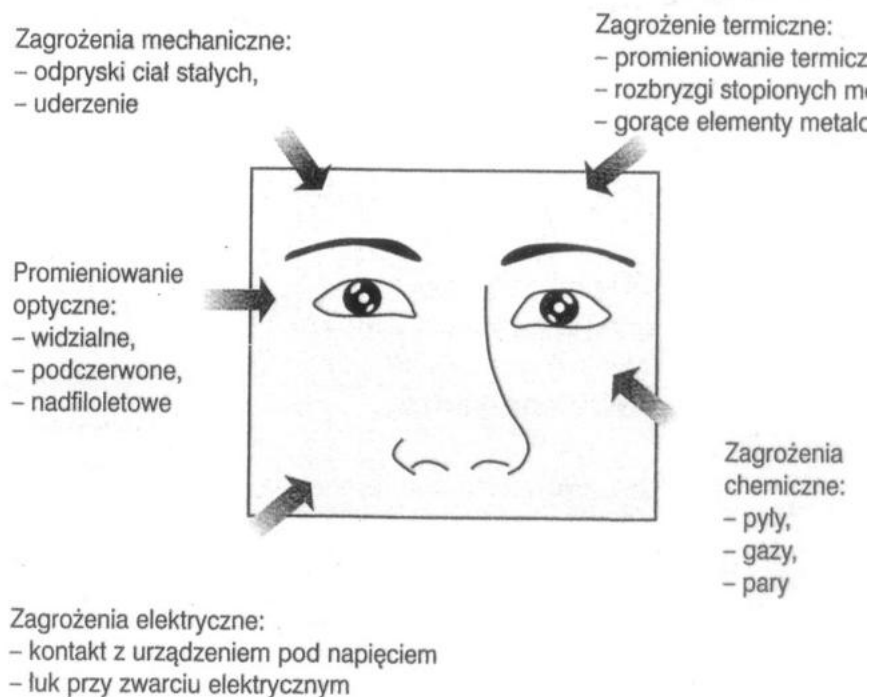
Rękawice powinny chronić pracownika przede wszystkim przed gorącymi czynnikami termicznymi w postaci:

- rozprysków stopionych metali, kontaktu z gorącym elementem przecinanym
- ciepła konwekcyjnego
- promieniowania cieplnego

Ponadto rękawice powinny również chronić ręce pracownika przed najczęściej występującymi lekkimi urazami mechanicznymi. W przypadku cięcia plazmą dodatkowym wymaganiem jest zabezpieczenie pracownika przed zagrożeniem prądem elektrycznym w następstwie kontaktu z urządzeniami pod napięciem.



Zagrożenia oczu i twarzy

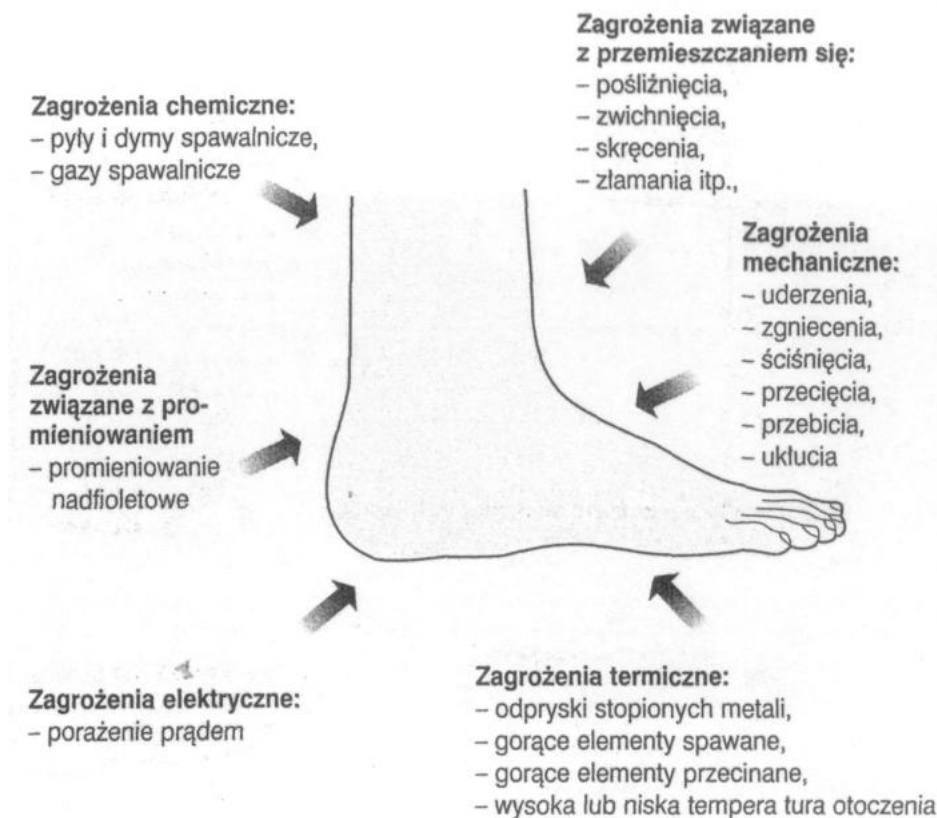


W procesach cięcia plazmą występują następujące rodzaje promieniowania optycznego:

- promieniowanie widzialne,
- promieniowanie podczerwone,
- promieniowanie nadfioletowe.

Działają one szkodliwie na oczy i dlatego pracownik obowiązany jest chronić oczy przed ich działaniem.

Zagrożenia dla nóg spawacza



Działanie gazów i par na organizm człowieka podczas cięcia

Każde stanowisko do cięcia plazmowego, niezależnie od rodzaju i mocy uchwytu, powinno być wyposażone w wentylację i odciągi na stanowiskach, z uwagi na wydzielanie się w wysokiej temperaturze szkodliwych dla zdrowia tlenków i azotków metali. W przypadku prac w przestrzeni zamkniętej należy stosować przedmuchiwanie świeżym powietrzem. Należy także stosować maski i respiratory.

Stanowisko do cięcia powinno być wyposażone w sprzęt gaśniczy oraz powinno znajdować się w bezpiecznej odległości od materiałów łatwopalnych.

11.Egzamin końcowy

Do egzaminu końcowego mogą być dopuszczeni uczestnicy szkolenia, którzy przeszli cykl szkolenia teoretycznego i praktycznego i wzięli udział co najmniej w 90% zajęć szkolenia teoretycznego i praktycznego. Warunkiem dopuszczenia do egzaminu jest pomyślne zaliczenie wszystkich ćwiczeń przewidzianych programem kursu.

Egzamin teoretyczny i praktyczny

Egzamin końcowy z teorii ma na celu sprawdzenie wiedzy uczestnika szkolenia. Sprawdzenia wiedzy uczestników szkolenia można dokonać poprzez egzamin pisemny, ustny lub testowy. Ze względów merytorycznych i organizacyjnych zaleca się przeprowadzenie testowego egzaminu teoretycznego obejmującego pytania z całego zakresu szkolenia.

Część teoretyczną testowego egzaminu końcowego można uznać za zdaną, jeśli egzaminowany odpowiedział prawidłowo na co najmniej 60% zadanych mu pytań.

Część praktyczna egzaminu końcowego przewiduje przygotowanie przecinarki do pracy i wykonanie przez kursanta cięcia blachy po linii prostej i po okręgu.

Spis treści:

- 1. Określenie plazmy.**
- 2. Cechy użytkowe metody cięcia plazmą.**
- 3. Charakterystyka procesu.**
- 4. Palnik plazmowy – budowa.**
- 5. Ustawienie palnika i prędkość cięcia.**
- 6. Kierunek cięcia.**
- 7. Strefa udaru cieplnego.**
- 8. Gaz plazmotwórczy.**
- 9. Urządzenia do cięcia plazmą.**
- 10. Przepisy bhp i przeciwpożarowe.**
- 11. Egzamin końcowy**