

Przystawka do spawania aluminium metodą TIG, część 1

W moich poprzednim artykule (EP12/03) opisałem budowę spawarki TIG DC, którą można spawać wiele metali z wyjątkiem aluminium. Urządzenie do spawania aluminium metodą TIG AC (prąd przemienny) jest bardziej złożone w budowie niż urządzenie TIG DC (prąd stały) i proces spawania aluminium jest na tyle specyficzny, że metal ten w trakcie spawania nie zmienia swojej barwy, a także wymagane jest usuwanie z powierzchni spawanej tlenków aluminium.

Rekomendacje: przedstawiamy opis budowy przystawki TIG AC/DC, aby chętni posiadający nawet skromne możliwości finansowe jak i techniczne, mogli wejść w posiadanie takiego urządzenia.



Duże zapotrzebowanie na spawarki, zarówno do produkcji jak i do regeneracji wyrobów aluminiowych skłoniło producentów do poszukiwania rozwiązań konstrukcyjnych spawarek tak, aby zaspokoić oczekiwania odbiorców. Niestety, w dalszym ciągu urządzenia do spawania metodą TIG AC będące w handlu są drogie.

Aluminium to materiał zaliczany do grupy metali półszlachetnych, o temperaturze topnienia ok. 660°C, posiada bardzo dobrą przewodność cieplną i elektryczną i po oczyszczeniu pokrywa się natychmiast w reakcji z tlenem zawartym w powietrzu, cienką warstwą tlenków aluminium (AlO). Warstwa tlenków aluminium skutecznie chroni aluminium przed dalszym utlenianiem. Temperatura topnienia tlenku aluminium wynosi ok. 2500°C.

Ze względu na konieczność usunięcia tlenków aluminium w trakcie spawania, spawarki TIG AC mają dość złożoną budowę. Podejmowane próby usuwania tlenków aluminium podczas spawania przy użyciu głowic ultradźwiękowych czy

też zmiennego pola magnetycznego skończyło się wyłącznie na eksperymentach laboratoryjnych. Optymalnym rozwiązaniem do spawania aluminium okazało się zastosowanie prądu przemiennego i podobnie jak w metodzie TIG DC, spawarki te mają silnie opadającą statyczną charakterystykę zewnętrzną. Do spawania aluminium metodą TIG zastosowano transformator spawalniczy do spawania elektrodami otulonymi.

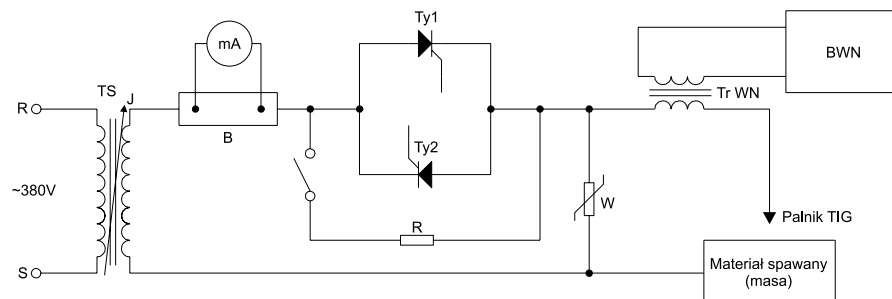
Praktycznie w całej Polsce jest już w sieci energetycznej napięcie zgodne z wymogami Unii Europejskiej (odpowiednio 230 V dla jednej fazy i 400 V dla napięcia międzyfazowego), jednakże w opisie będą posługiwał się „poprzednimi” napięciami (odpowiednio 220 i 380 V). Podniesienie napięcia w sieci energetycznej o ok. 5% nie ma znaczenia dla tej konstrukcji.

Na rys. 1 przedstawiono uproszczony schemat elektryczny spawarki TIG AC. Transformator spawalniczy TS jest zasilany z sieci 380 V, a regulacja prądu spawania odbywa się za pomocą mechanicznie przemieszczanego bocznika magnetycznego.

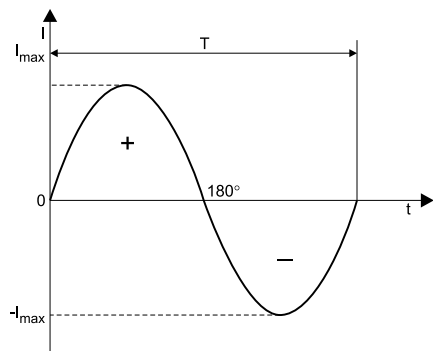
PODSTAWOWE PARAMETRY

- max. prąd spawania AC - 400 A
- max. prąd spawania DC - 400 A
- napięcie biegu jałowego transformatora spawalniczego - 70 V
- napięcie biegu jałowego prostownika spawalniczego - 70 V
- gaz ochronny - argon, czystość 99,999%, handlowy symbol czystości: „5,0” przy spawaniu aluminium, a 99,996% przy spawaniu prądem stałym: „4,6”
- ciśnienie cieczy chłodzącej - 0,2 MPa
- opóźnienie wypływu gazu - 6 do 15 sek.
- eliminacja składowej stałej prądu spawania - ręcznie (potencjometrem).

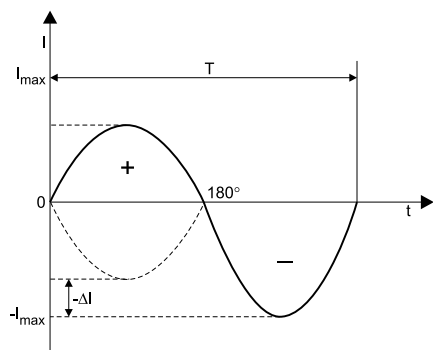
Wartość maksymalna prądu spawania zależy od prądu przewodzenia tyrystorów mocy, przekrojów instalacji „wysokoprądowej” w przystawce oraz od zastosowanego palnika TIG.



Rys. 1.



Rys. 2.



Rys. 3.

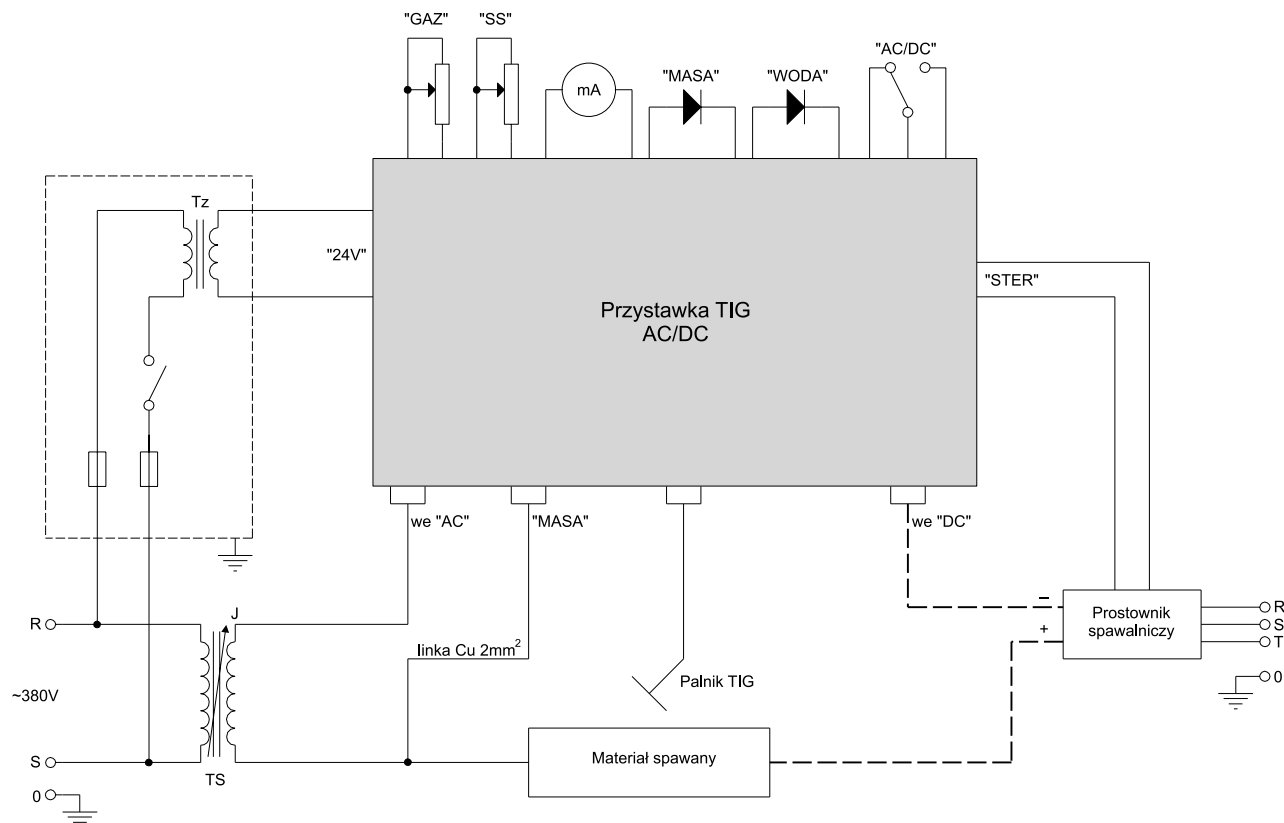
Po stronie wtórnej transformatora spawalniczego TS, w szereg z obwodem spawania włączony jest zespół dwóch tyrystorów dużej mocy (Ty1 i Ty2) oraz uzwojenie wtórne transformatora wysokiego napięcia

TrWN. Na czas spawania załączony jest również opornik R. Warystor W chroni tyrystory przed przepięciami z obwodu transformatora wysokiego napięcia. W trakcie spawania aluminium elektrodą wolframową prądem przemiennym powstaje szkodliwe zjawisko tzw. składowej stałej prądu spawania (SS), które konieczne należy wyeliminować. Zjawisko składowej stałej prądu spawania ma swoje źródło w niesymetrycznym rozkładzie mocy w czasie pełnego okresu (T) sieci zasilającej.

Na rys. 2 przedstawiono symetryczny rozkład prądu w pełnym okresie T, dla takich odbiorników jak żarówka czy też transformator itp. W tym przypadku suma algebraiczna prądów I_{max} i $(-I_{max})$ jest równa zero.

Na rys. 3 przedstawiono przebieg asymetryczny, jakim jest łuk spawalniczy TIG AC. Okazuje się, że suma algebraiczna prądu I_{max} i $(-I_{max})$ jest różna od zera. Ta różnica (ΔI) powoduje pojawienie się składowej stałej prądu spawania, co skutkuje podmagnesowaniem rdzenia transformatora spawalniczego. Wówczas łuk spawalniczy jest niestabilny. Przyczyna powstawania składowej stałej prądu spawania bierze się stąd, że jeśli chwilowo na elektrodzie wol-

framowej występuje biegun ujemny, to 30% ciepła wydziela się na elektrodzie, a 70% ciepła na materiale spawanym. Natomiast, w sytuacji odwrotnej, gdy biegun dodatni jest na elektrodzie, to 70% ciepła występuje na elektrodzie, a 30% na materiale spawanym. W tym przypadku występuje bardzo pożądane zjawisko tzw. rozpylenia katodowego (usuwania z obszaru spawania) tlenków aluminium. W takiej konfiguracji biegunowości tworzy się na powierzchni spawanego materiału w obszarze łuku spawalniczego ścieżka wolna od tlenków aluminium, szerokość której zależy od natężenia prądu spawania. Zjawisko to praktycznie umożliwia spawanie aluminium. Argon, obojętny gaz osłonowy, chroni obszar nadtopionego metalu przed utlenieniem. Upraszczając, można przedstawić proces spawania aluminium prądem przemiennym w ten sposób, że w ciągu jednej sekundy (przy częstotliwości 50 Hz) występuje na przemian 50 razy proces spawania aluminium i 50 razy zjawisko rozpylania (usuwania) tlenków aluminium. Likwidację składowej stałej prądu spawania uzyskuje się poprzez wprowadzenie w szereg w obwód spawania baterii kondensatorów elektrolitycznych o dużej pojemności



Rys. 4.

(rzędu 100000 μF), albo jak w tym opracowaniu, zespół dwóch tyrystorów dużej mocy połączonych w układzie odwrotnie – równoległym. Tyrystor Ty1 (rys. 1) przewodzi dodatni półokres sieci zasilającej i w czasie pracy jest w pełniysterowany, natomiast tyrystor Ty2 przewodzi ujemny półokres sieci zasilającej i jest załączany z opóźnieniem stosownie do wskazań miliamperomierza prądu stałego (z zerem po środku skali) włączonego w obwód spawania poprzez bocznik pomiarowy B. W czasie pracy załączony zostaje również opornik R, którego zadaniem jest zapewnienie przepływu prądu spawania w chwili, gdy nie jest jeszcze załączony tyrystor Ty2. Zaletą zastosowania stycznika tyrystorowego jest to, że spełnia on dodatkowo rolę łącznika prądu spawania. O ile stosowanie generatora wysokiego napięcia do inicjacji łuku spawalniczego w spawarkach TIG DC nie jest konieczne, o tyle w spawarkach TIG AC jest niezbędne. W ciągu 1-go okresu sieci zasilającej (T), łuk

elektryczny nie tylko, że gaśnie, ale zmienia swoją biegunowość. Jako, że przy spawaniu aluminium nie można zwierać elektrody do materiału spawanego (elektroda wolframowa ulega wówczas zanieczyszczeniu, tj. „oblepieniu” płynnym aluminium) należy zapewnić skuteczny, bezdotykowy sposób inicjacji i podtrzymania łuku spawalniczego. W tym przypadku nie wystarczy układ wysokiego napięcia generujący impulsy np. o częstotliwości 50 Hz. Generator wysokiego napięcia pracuje w sposób ciągły w czasie spawania i podczas licznych eksperymentów, stwierdziłem, że częstotliwość pracy tego generatora nie może być mniejsza niż 500 Hz. Najbardziej krytycznym momentem w zapewnieniu stabilności łuku spawalniczego jest chwila przejścia przez zero sieci zasilającej i zmiana biegunowości. Dziesięciokrotnie większa liczba impulsów wysokiego napięcia w stosunku do częstotliwości sieci zasilającej daje gwarancję stabilnego jarzenia łuku spawalniczego.



Na rozwiązanie przedstawione w artykule autor uzyskał patent Urzędu Patentowego Rzeczypospolitej Polskiej (numer 156053).

W artykule przedstawiam opis wykonania przystawki do spawania TIG AC, w której źródłem prądu spawania

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R: patrz opis

R1, R2, R5, R10, R11, R16, R17,

R25...R27, R39...R43: 4,3 k Ω

R3, R22, R34, R35: 20k Ω

R4: 200 k Ω

R6: 4 k Ω

R7: 25 k Ω

R8, R9, R23, R24: 1,5 k Ω

R12: 4,7 k Ω

R13: 300 Ω /0,5W

R14: 100 k Ω

R15: 2,7 k Ω

R18, R45...R47: 1 k Ω

R19: 800 Ω

R20, R49, R50: 1 k Ω /5 W

R28, R32, R33: 10 Ω

R29: 4,7 k Ω

R30: 680 Ω

R31: 120 Ω

R36: 100 Ω

R37: 0,2 Ω /5 W

R38: 200 Ω

R44: 2 k Ω

R48: 33 Ω /2 W

PR1, PR2: 1 k Ω

PR3: 4,7 k Ω /A

PR4: 1 M Ω /A

Kondensatory

C1: 22 μF /25 V

C2: 100 nF/100V

C3, C9...C11, C16, C27, C28:

100 nF

C4: 4,7 nF

C5: 220 μF /16V

C6: 22 nF

C7,C8: 47 μF /16V

C12: 1 nF

C13: 10 nF

C14: 0,49 μF /10V

C15: 1 μF /16V

C17: 470 μF /16V

C18: 470 μF /25V

C19: 1000 μF /35V

C20: 4700 μF /35V

C21: 10 μF /50V

C22: 2 do 10 μF /50V

C23: 100 nF/1kV, impulsowy, typ

MKP 27

C24: 10 μF /200V, olejowy

C25: 20 μF /200V, olejowy

C26: 0,5 μF /200V

Półprzewodniki

D1, D2, D7...D10, D15...D19:

1 A/100 V

D3, D6: dowolna, krzemowa

D4, D5: 1 A/400 V

D11...D14: BY399, 3 A/1 kV/500 ns

Pr1, Pr2: mostek, 1A/100 V

Pr3: mostek, 15 A/100 V

DZ1: 4,7 V

DZ2: 12 V/1,2 W

W1, W2: warystor, 130 V/1,3 W

LED1, LED2: dioda "pulsująca", dowolna

TO: transoptor, CNY 17-3

T1...T10, T12, T14, T15: BC107 lub podobne

T11, T13: BC211 lub podobne

T17, T17: IRF 640

US1: 7824

US2: 7812

US3, US4, US6: NE555

US5: SG3525N

Ty1, Ty2: T20-300-03 prod. Dacpol, Piaseczno, lub podobne.

Ty3: patrz opis

Transformatory

Tz: 380/24/80 VA

Trse: patrz opis

TrWN: patrz opis

TrP: patrz opis

Tr1, Tr2: patrz opis

Przekazniki

P1: R15, cewka 24 V=, prod. Relpol Żary

P2: cewka 24V=, styki 5 A

P3: patrz opis

P4: cewka 24=, styki 5 A

Inne

Ww: wyłącznik wodny – patrz opis

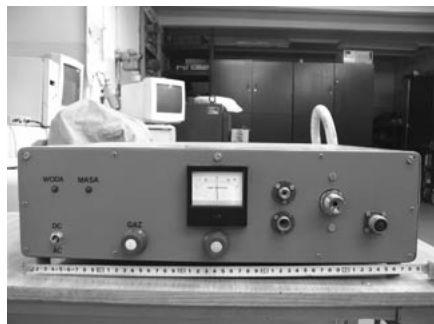
D11: dławik, patrz opis

B1, B2: bezpiecznik, 1 A

B: bocznik pomiarowy – patrz opis

Prp: przełącznik, styki 1 A

EZ: elektrozawór – patrz opis



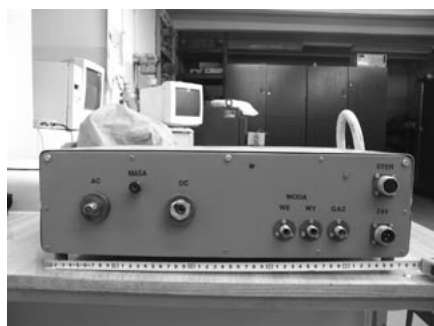
Fot. 5.

jest transformator spawalniczy zasilany z sieci 380 V. Transformator ten posiada płynną regulację prądu spawania uzyskaną poprzez przemieszczanie w jego magnetowodzie tzw. bocznika magnetycznego. Przystawką tą można spawać również ze źródła zasilanego z napięcia 220 V, lecz mała wydajność prądowa takich spawarek, znacznie ogranicza użyteczność całego zestawu. Kilka dodatkowych złącz i podzespołów czyni przystawkę na tyle uniwersalną, że można nią również spawać metodą TIG DC.

Jest to najbardziej proste i równocześnie skuteczne rozwiązanie urządzenia do spawania aluminium i tym samym zachęcam Czytelników do dalszych prac konstrukcyjnych nad rozwojem tego opracowania, np. układu automatycznej likwidacji składowej stałej prądu spawania (SS). Jest pole do popisu.

Wszystkie prace przy instalacji elektrycznej spawarki, szczególnie od „strony” sieci zasilającej powinny być wykonane przez doświadczonych fachowców posiadających odpowiednie kwalifikacje i uprawnienia. Do montażu należy użyć sprawdzonych podzespołów.

Schemat blokowy urządzenia (rys. 4) pokazuje cały zestaw do spawania metodą TIG AC/DC. Na schemacie pominięto instalację wodną i gazową, które będą opisane poniżej. Przystawka jest zasilana przez transformator Tz (380/24 V) z tych



Fot. 6.

samych faz, co transformator spawalniczy TS. Jeden koniec uzwojenia wtórnego transformatora TS podłączony jest poprzez kabel spawalniczy z przystawką (wejście „AC”), a drugi do „masy”, czyli materiału spawanego, przewody te oznaczono pogrubioną linią. W przypadku spawania prądem stałym (DC), ujemny biegun wyjściowy prostownika spawalniczego podłączamy do wejścia „DC” przystawki, a drugi (plus) do „masy”. Podłączenie to zobrazowano pogrubioną, przerywaną linią.

Podłączenie spawarek do przystawki dokonujemy zamiennie (nie wolno podłączać dwóch źródeł jednocześnie), bowiem grozi to uszkodzeniem tyrystorów mocy w przystawce i diod prostowniczych w spawarce prądu stałego.

Aby spawać prądem stałym, w prostowniku spawalniczym należy zamocować gniazdo sterujące, które jest połączone przewodem 2-żyłowym z gniazdem „STER” umieszczonym na tylnej ścianie przystawki. W tym przypadku, wewnątrz spawarki DC instalujemy stycznik dużej mocy (o ile go nie ma oryginalnie) załączający urządzenie od strony sieci zasilającej oraz przekaźnik R15 z cewką 24 V/50 Hz. Zestaw stycznik mocy i przekaźnik R15 służy do załączenia i wyłączenia procesu spawania. Zastosowanie spawarki 3-fazowej do spawania metodą TIG DC ma tą zaletę, iż łuk spawalniczy jest bardziej stabilny i elastyczny w porównaniu z łukiem z prostownika jednofazowego.

Zacisk laboratoryjny „MASA” umieszczony na tylnej ścianie przystawki, łączymy przewodem Cu (linka) o przekroju min. 2 mm² z materiałem spawanym przy pomocy np. zacisku sprężynowego. Połączenie to umożliwi odblokowanie generatora wysokiego napięcia i w tym przypadku jest wspólne dla opcji spawania AC jak i DC.

Miliamperomierz analogowy z „zerem” po środku skali służy do odczytu poziomu składowej stałej prądu spawania (SS), a prowadzenie jego wskazań do zera odbywa się potencjometrem „SS” umieszczonym tuż pod miernikiem. Po każdej zmianie nastawy prądu spawania i po zajarzeniu łuku spawalniczego należy korygować potencjometrem „SS” wskazania miliamperomierza. Potencjometr „GAZ” służy do regulacji czasu opóźnienia wypływu gazu ochronnego po

skończonym spawaniu. Diody pulsujące „WODA” i „MASA”, ich świecenie informuje kolejno o braku lub niskim ciśnieniu cieczy chłodzącej oraz o braku galwanicznego połączenia pomiędzy zaciskiem „MASA”, a materiałem spawanym. W przypadku spawania prądem stałym, dioda świecąca „MASA” gaśnie, gdy na zaciskach spawarki pojawi się napięcie. Przełącznik rodzaju pracy „AC/DC” ustala rodzaj spawania TIG (AC lub DC).

Na początek należy zgromadzić wszystkie elementy, jak: obudowa, złącza wodne i gazowe oraz wysokoprądowe, elektrozawór gazu, palnik TIG, podzespoły elektroniczne itd. Doskonałą obudową dla przystawki, okazała się być metalowa obudowa od komputerów starszych typów z podnoszonym na zawiasach górnym wiekiem o wymiarach całości: 480x410x145 mm (dł. x szer. x wys.), wewnątrz której mieszczą się wszystkie podzespoły.

Część mechaniczna

Obudowę od komputera, po usunięciu z wnętrza wszystkich podzespołów, należy wzmocnić w górnej części trzema prętami stalowymi o średnicy 8 mm, które mocowane są śrubami M5 do pionowych ścianek. Zarówno do ścianki przedniej jak i tylnej obudowy na całej powierzchni przymocowana jest nitami płyta tekstolitowa o grubości 3 do 4 mm. Na ściankach tych będą montowane poszczególne złącza, potencjometry, przełączniki, wskaźniki, itd. Rozmieszczenie elementów na przedniej i tylnej ścianie przystawki przedstawiono na fot. 5 i 6.

Montaż elementów zaczynamy od największych gabarytowo, tj. złącz wysokoprądowych do zasilania przystawki zarówno prądem przemiennym jak i stałym, które są umieszczone w tylnej części obudowy. Dalej, na tej ścianie zamocowane są złącza dla wejścia jak i wyjścia cieczy chłodzącej oraz złącze dla wejścia gazu. Tam też jest zamocowane gniazdo elektryczne sterujące funkcją włącz-wyłącz prąd spawania w przypadku spawania metodą TIG DC. Jest również gniazdo zasilania przystawki z transformatora Tz (380/24V/80VA), który jest w oddzielnej obudowie, bowiem przyjęto zasadę, aby do przystawki nie doprowadzać bezpośrednio napięcia sieciowego. Należy baczną uwagę zwrócić na solidne zamoco-

wanie wszystkich złącz, szczególnie złącza wyjściowego TIG oraz złącza sterującego pracą przystawki mikro-wyłącznikiem, który znajduje się w rękojeści palnika. Złącza te mocujemy w odległości nie mniejszej, niż 25 mm od jakiegokolwiek metalowej części obudowy, bowiem występuje na nich wysokie napięcie. Rozmieszczenie wszystkich podzespołów wewnątrz przystawki pokazano na **fol. 7**.

Radiator wodny

Zastosowany w przystawce palnik TIG wymaga wymuszonego chłodzenia cieczą. Jest więc okazja, aby w obwód chłodzenia włączyć również tyrystory mocy. Płynący w obwodzie przystawki prąd spawania rzędu nawet kilkuset amperów w krótkim czasie zniszczy tyrystory mocy, jeśli nie będą one chłodzone. Powstaje zatem konieczność zbudowania radiatorów chłodzonych cieczą. Konstrukcja mechaniczna radiatora zależy od kształtu obudowy posiadanych tyrystorów. Najłatwiej zbudować radiator dla tyrystorów, które mają kształt pastyl-

ki, tak jak użyte w przedstawionym opracowaniu.

Konstrukcja radiatora składa się z dwóch płyt tekstolitowych o grubości min. 10 mm, do których od strony wewnętrznej zamocowane są dwa płaskowniki miedziane o grubości 2 mm i szerokości 40 mm. Do płaskowników na całej długości należy przylutować najlepiej na „twardo” rurki miedziane o średnicy wew. min. 3 mm, przez które przepływać będzie ciecz chłodząca. Całość radiatora jest skręcona pięcioma śrubami M6. Należy pamiętać, że tyrystory „pastylkowe” powinny być mocowane do radiatora kluczem dynamometrycznym i każdy producent takich tyrystorów w katalogu podaje, z jaką siłą mają być przymocowane. Tyrystory mocy o innym kształcie obudowy, np. z anodą w postaci śruby, a katodą w postaci przewodu, montujemy podobnie, lecz cały zestaw będzie gabarytowo większy. Ważne jest, aby zapewnić jak największy powierzchniowo kontakt elektrod tyrystora z płaskownikiem miedzianym, który



Fot. 7.

przewodzi prąd spawania jak i odprowadza ciepło wydzielane przez tyrystory mocy.

Stanisław Krasicki
skrasicki@wp.pl

Szczególne podziękowanie składam Panom: dr. inż. Andrzejowi Bobrowiczowi z Politechniki Szczecińskiej za rzeczowe uwagi dotyczące zagadnień spawalniczych oraz Prezesowi Bogusławowi Deręgowskiemu z Firmy SUT Spawalnictwo i Urządzenia Techniczne dla Ochrony Środowiska w Szczecinie, za nieodpłatne udostępnienie argonu.

1/2L