

Dział „Projekty Czytelników” zawiera opisy projektów nadesłanych do redakcji EP przez Czytelników. Redakcja nie bierze odpowiedzialności za prawidłowe działanie opisywanych układów, gdyż nie testujemy ich laboratoryjnie, chociaż sprawdzamy poprawność konstrukcji. Prosimy o nadsyłanie własnych projektów z modelami (do zwrotu). Do artykułu należy dołączyć podpisane oświadczenie, że artykuł jest własnym opracowaniem autora i nie był dotychczas nigdzie publikowany. Honorarium za publikację w tym dziale wynosi 250,- zł (brutto) za 1 stronę w EP. Przyniesionych tekstów nie zwracamy. Redakcja zastrzega sobie prawo do dokonywania skrótów.

Kondensatorowa zgrzewarka oporowa

Projekt
189

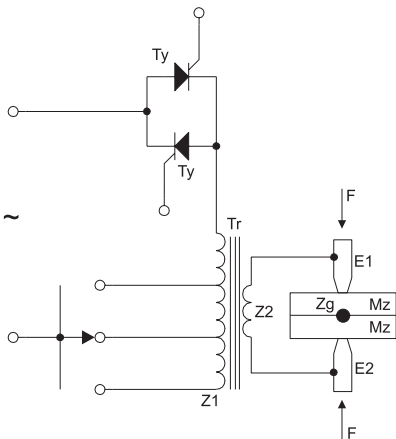
Zgrzewanie oporowe jest dziś najpowszechniejszym sposobem trwałego łączenia metali. Charakteryzuje się bardzo krótkim czasem wykonania połączenia, zwykle nieprzekraczającym 0,5 s. Polega ono na doprowadzeniu do stanu uplastycznienia miejsca styku metali, poprzez przepływ prądu elektrycznego i dociśnięciu ich.

Wyróżnia się trzy elementarne kroki w cyklu zgrzewania:

1. Nacisk elektrod na zgrzewane detale.
2. Załączenie prądu zgrzewania.
3. Docisk końcowy, pozwalający ostygnąć wykonanej zgrzeźnie.

Zaletą zgrzewania jest to, że nie jest wymagane stosowanie topników czy gazów ochronnych. Wystarczy, aby powierzchnie łączonych detali były starannie oczyszczone.

Do zgrzewania oporowego niezbędne są dwa źródła energii tj. źródło ciepła oraz siły dociskającej elektrody. W przedstawionym opracowaniu zgrzewarki ciepło powstaje dzięki energii elektrycznej zgromadzonej w kondensatorze elektrolitycznym o dużej pojemności, a nacisk elektrod uzyskuje się za pomocą siły mięśni operatora. Bardzo dobre efekty osiąga się przy zgrzewaniu stali węglowych i nierdzewnych, dobrze zgrzewa się brązy (stopy miedzi i cyny) i mosiądże (stopy miedzi i cynku). Można łączyć detale wykonane z różnych metali, jak np. stal i mosiądz itd. O wiele trudniej zgrzewa się miedź oraz aluminium (wymagane są bardzo duże prądy zgrzewania rzędu kilkudziesięciu kA).



Rysunek 1. Zgrzewarka oporowa transformatorowa

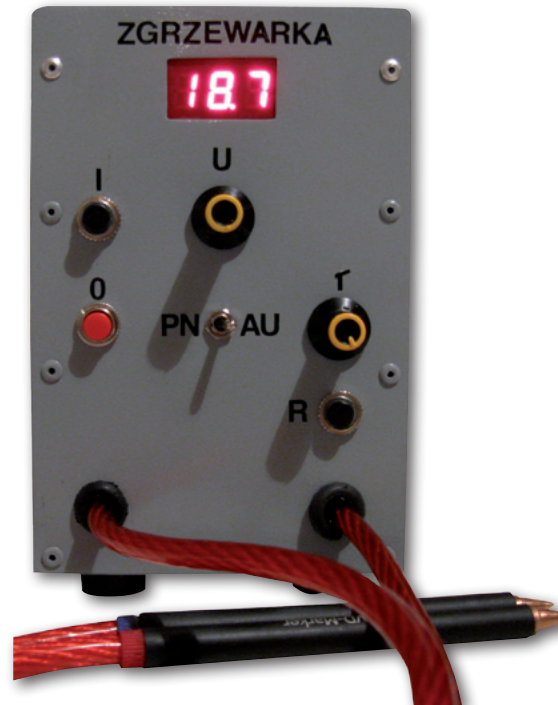
Prezentowany przyrząd jest łatwy do wykonania w warunkach amatorskich, lecz niestety musimy skorzystać z usług tokarza. Sterownik zgrzewarki ma budowę rozwojową, gdyż można go wyposażać np. w pamięć nastaw, kontrolę prądu i czasu zgrzewania itp. Wiele elementów użytych do wykonania zgrzewarki pochodzi z tzw. odzysku, co znacznie zmniejsza jej koszt. Nadaje się ona do precyzyjnego łączenia detali metalowych, a zostało skonstruowane z myślą o łączeniu ogniw akumulatorowych w baterie.

Istota zgrzewania oporowego

Zgrzewanie oporowe polega na przepływie prądu elektrycznego przez zgrzewany materiał (rysunek 1). Elektrody E1, E2 są wykonane z miedzi i dociskane do detali zgrzewanych siłą F. Źródłem ciepła jest energia elektryczna czerpana z transformatora. W miejscu styku materiałów zgrzewanych (Mz) powstaje zgrzeźnia (Zg) stanowiąca trwałe połączenie. Zwykle, napięcie biegu jałowego uzwojenia wtórnego transformatora zasilającego elektrody nie przekracza 7 do 8 V, a regulacja prądu zgrzewania odbywa się poprzez zmianę liczby zwojów w uzwojeniu pierwotnym transformatora (regulacja zgrubna) a także poprzezysterowanie stycznika tyrystorowego w obwodzie pierwotnym transformatora (regulacja dokładna).

Docisk elektrod do materiału zgrzewanego uzyskuje się poprzez siłowniki pneumatyczne lub elektromagnetyczne, rzadziej hydrauliczne albo siłą mięśni operatora. Prądy zgrzewania uzyskiwane z takich zgrzewarek dochodzą do kilkudziesięciu kA.

Zgrzewarkę kondensatorową opisywaną w artykule pokazano jest na rysunku 2. Proces łączenia metali odbywa się tak samo, jak w zgrzewarce transformatorowej z tą różnicą, że energia użyta do wytworzenia ciepła podczas łączenia zgromadzona jest w kondensato-



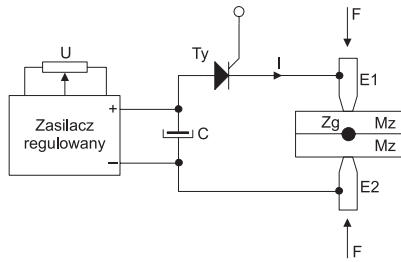
Podstawowe informacje:

- Napięcie zasilania: 230 V/50 Hz
- Napięcie biegu jałowego: 8 do 20 V
- Maksymalny prąd zwarcia: ponad 4 kA

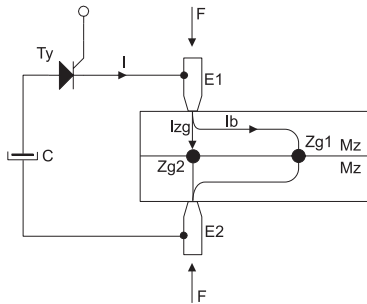
Dodatkowe informacje:

Projekt zgrzewarki oporowej został zrealizowany w Zakładzie Aparatury Medycznej „GRYFMED” z siedzibą w Gryficach, przy wsparciu materialnym właścicieli tej firmy: Tadeusza Megera i Eugeniusza Twóra. Fotografie wykonali: Robert Dąbrowski i Ewelina Krasicka. Przy opracowaniu projektu korzystano z Poradnika Inżyniera – Spawalnictwo, wyd. WNT, Warszawa, 1983 r. oraz z zasobów internetowych.

rze (C), a wykonanie połączenia inicjuje się poprzez załączenie tyrystora mocy (Ty). Energia zgromadzona w kondensatorze wyrażona jest w watosekundach i stanowi połowę iloczynu kwadratu napięcia na zaciskach kondensatora i jego pojemności. Wadą tego rozwiązania jest to, że załączony tyrystor (Ty) przewodzi prąd niemal całkowitego rozładowania kondensatora (C). Zgrzewanie z użyciem kondensatora elektrolitycznego stosuje się tam, gdzie detale wykonane są ze stopów miedzi, charakteryzujących się dużą przewodnością elektryczną i ciepłą. Ze względu na te właściwości zgrzewanych metali, parametry zgrzewania



Rysunek 2. Zgrzewarka oporowa kondensatorowa



Rysunek 3. Zjawisko prądu bocznikowania

ustala się na jak największy prąd zgrzewania w krótkim czasie. Ciepło rozprzestrzenia się w metalach dobrze je przewodzących bardzo szybko, więc skrócenie czasu zgrzewania ma kluczowe znaczenie dla efektu końcowego.

Jedną z największych wad procesu zgrzewania oporowego jest bocznikowanie prądu zgrzewania, co zilustrowano na **rysunku 3**. Przy wykonaniu następnej zgrzeiny (Zg2) prąd (I) dzieli się na prąd zgrzewania (Izg) oraz na prąd bocznikujący (Ib), który płynie przez wcześniej wykonaną zgrzeinę (Zg1). Nie dość, że część prądu (I) przepływa przez wcześniej

wykonaną zgrzeinę, to jeszcze powoduje jej destrukcję. Wartość prądu (Ib) zależy głównie od odległości od nowej zgrzeiny. Zdarza się, że prąd bocznikujący będzie zbliżony do wartości prądu zgrzewania i w tym przypadku powstanie nowej zgrzeiny staje się problematyczne.

Na jakość i skuteczność zgrzewania oporowego mają wpływ rodzaj i gabaryty łączonych detali, moc elektryczna dostarczona do zgrzeiny, czas zgrzewania oraz siła nacisku i powierzchnia styku elektrod.

Budowa zgrzewarki

Zgrzewarka oporowa składa się z obwodu wysokoprądowego, w skład którego wchodzi: kondensator (C), tyrystor (Ty), elektrody (E1, E2), zasilacz stabilizowany z transformatorem sieciowym (Tr1) i płytka sterująca pracą zgrzewarki (**rysunek 4**). Na płytce P2 jest umieszczony regulowany stabilizator napięcia z ograniczeniem prądowym. Płytkę P1 zawiera układ sterowania zgrzewarką z zabezpieczeniem przed nadmiernym wzrostem temperatury obudowy i napięcia na zaciskach kondensatora (C). Na tej płytce jest również układ opóźniający załączenie tyrystora (Ty) oraz pozostałe podzespoły sterujące pracą zgrzewarki. Płytkę P3 zawiera wyświetlacz cyfrowy (woltomierz), który jest zasilany bezpośrednio z zacisków kondensatora (C).

Proces zgrzewania można inicjować dwoma sposobami: automatycznie oraz przyciskiem nożnym, zależnie od położenia przełącznika AU/PN. W pierwszym przypadku (położenie AU) po zwarcie elektrod roboczych ze zgrzewanymi detalami, układ czasowy odmierza czas zwłoki (płynnie regulowany

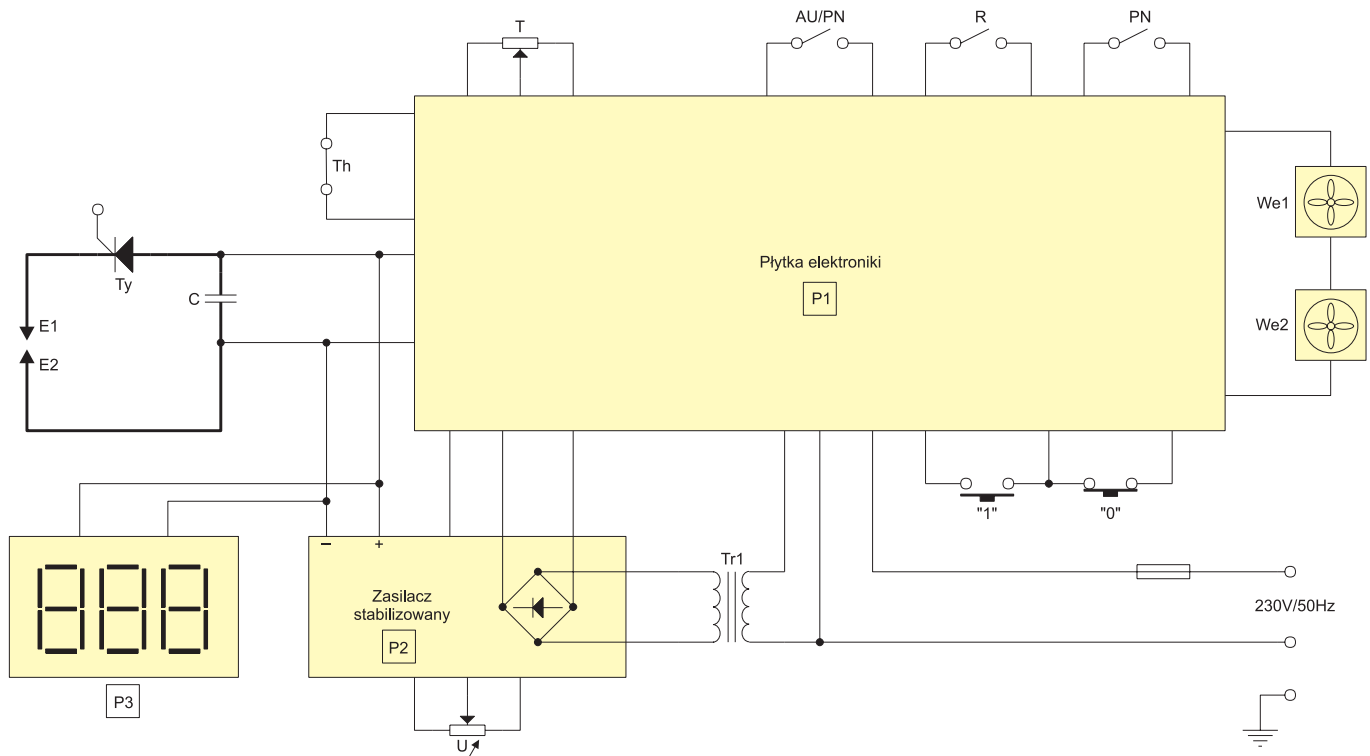
potencjometrem Pr2 „T” na płycie czołowej) w przedziale od 0,42 do 1,14 s, po czym następuje załączenie tyrystora (Ty). W drugim przypadku (sterowanie przyciskiem nożnym), zgrzewanie następuje po przyłożeniu elektrod do elementów zgrzewanych i naciśnięciu przycisku nożnego PN, którego gniazdo jest zamocowane na tylnej ścianie obudowy.

Zarówno przy zgrzewaniu automatycznym jak i wyzwalanym przez przycisk, praca zasilacza ładującego kondensator (C) zostaje zablokowana. Przełącznik astabilny „R” służy do szybkiego rozładowania kondensatora (C) w celu obniżenia napięcia na jego zaciskach. Wszystkie podzespoły umieszczono w stalowej obudowie o wymiarach 380×110×165 mm pochodzącej z uszkodzonego zasilacza awaryjnego (**fotografia 5**). Obudowy takie, to doskonała fabryczna konstrukcja. Dodatkową zaletą użycia złomowanego zasilacza UPS jest, że zwykle jego elementem składowym jest transformator 230/24 V, niezbędny do wykonania zasilacza zgrzewarki.

Wykorzystując dwa oryginalne otwory w tylnej ścianie obudowy, w których wcześniej osadzone były gniazda sieciowe, zamocowano tam wentylatory chłodzące zgrzewarkę.

Obwód mocy zgrzewarki

Rezerwuarem energii elektrycznej jest kondensator o dużej pojemności. Podczas wstępnej selekcji elementów okazało się, że kondensatory elektrolityczne o dużej pojemności do zastosowań profesjonalnych są koszmarnie drogie. Nieoczekiwanie w sukurs przyszli „amatorzy mocnej muzyki” w samochodach, na potrzeby których różni wytwórcy



Rysunek 4. Schemat blokowy zgrzewarki oporowej kondensatorowej

Wykaz elementów

Rezystory: (0,25 W)

R1: 820 Ω
 R2: 1,5 k Ω (dobrac)
 R3: 1 k Ω
 R4: 10 Ω
 R5: 0,1 Ω /5 W
 R6: 68 k Ω
 R7, R13, R14, R17, R19, R20: 4,7 k Ω
 R8, R12: 1 k Ω
 R9: 4,7 k Ω
 R10: 20 k Ω
 R11: 20 Ω
 R18: 2,7 k Ω

Kondensatory:

C: 1 F/21 V
 C1: 4700 μ F/50 V
 C2;C3C5;C8: 100 nF/63 V
 C4: 47 μ F/35 V
 C6: 35 μ F/16 V
 C9: 120 μ F/16 V
 C10: 10 nF/63 V

Półprzewodniki:

D1...D4: mostek 5 A/50 V
 D5, D8: krzemowe 1 A/200 V
 D6: dioda Zenera 5,6 V
 D7: dioda Zenera 12 V
 Tyristor 200A/200V

T1: BD249

T2: BC547

T3...T8: BC107 lub podobne

T5: IRF640

US1: L200

US2: LM7812

US3: LM555

Inne:

P1: styki 8 A/250 V, cewka 230 V/50 Hz
 P2, P3: styki 1 A, cewka 24 VDC
 Th: termostat, temperatura zadziałania 50°C
 Tr1: transformator 230/24/60 VA
 W1...W5: Wyłączniki 1 A/250 V
 We1, We2: Wentylator 12 VDC
 Żarówka samochodowa 12 V/65 W

z katodą tyristora (Ty) i zaciskiem ujemnym kondensatora (C), wykonano przewodem miedzianym 8GA o przekroju 8,31 mm². Ze względu na przepływ dużego prądu w obwodzie mocy zgrzewarki, istotne jest zapewnienie bardzo dobrych połączeń pomiędzy poszczególnymi elementami. Dla uzmysłwienia sobie, jak duży jest to prąd, niech posłuży teoretyczny wywód: naładowany do napięcia 20 V kondensator o pojemności 1 F ma w sobie zgromadzoną energię 200 Ws. Przy jego rozładowaniu w czasie np. 1 ms, wydzielona moc chwilowa wynosi 200000 W, a natężenie przepływającego prądu jest rzędu 10 kA! Z tego względu istotny jest sposób doprowadzenia prądu do zgrzeiny tak, aby straty mocy w obwodzie przesyłowym były jak najmniejsze. Zatem, kondensator (C) i tyristor (Ty) winny się znajdować jak najbliżej przedniej ścianki obudowy zgrzewarki, a przewody zakończone elektrodami roboczymi powinny być o dużym przekroju i na tyle krótkie, by swobodnie nimi manipulować podczas zgrzewania. Nie zaleca się łączenia elementów mocy za pomocą płaskowników skręcanych śrubą. Przy takich połączeniach tylko część przekroju szyny przewodzi prąd.

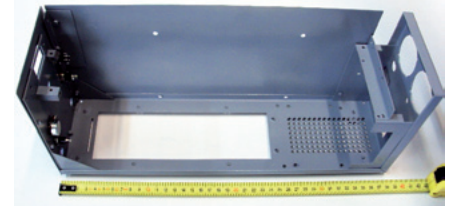
Stosując do budowy zgrzewarki tyristor w obudowie pastylkowej, należy zaopatrzyć go w odpowiednie zamocowanie mechaniczne oraz w podłączenie złącz prądowych. Na **fotografii 8** pokazano zespół mocujący tyristor Ty.

Jego mocowanie składa się z dwóch jednakowych płytek tekstolitowych o wymiarach: 50×60 mm i grubości 10 mm oraz dwóch mosiężnych złącz prądowych. W płytach tekstolitowych nawiercone jest pięć otworów, które są rozmieszczone zgodnie z **rysunkiem 9**. Do obu płaszczyzn bocznych tyristora przylegają złącza mosiężne. Elementy zespołu mocującego tyristor pokazano na **rysunku 10**.

Złącze prądowe jest w całości wykonane z mosiądzu, przy czym składa się z czterech oddzielnych części. Detale 1 i 3 są krążkami o średnicy 30 mm, w centrum których wykonano nagwintowane otwory pod śrubę M3. Detal 4 jest wkręcany bezpośrednio do zacisku kondensatora C i blokowany mechanicznie kontrnakrętką M6. Do detalu 2 jest wkręcony króciec mosiężny (również blokowany kontrnakrętką M6), do którego jest przylutowywany kabel z elektrodą E1 lub E2 (**rysunek 11**). Detale 1 i 2 oraz 3 i 4 po skręceniu nagwintowanymi fragmentami (M3) należy zalutować lutem twardym na bazie srebra (min. 40% Ag). Wystające (detale 2 i 4) trzpienie z gwintem M3, służą do pozycjonowania tyristora w centrum zespołu mocującego, a także uniemożliwiają jego przemieszczanie. Ze względu na małą częstość wykonywania zgrzein oraz na spory zapas prądowy tyristora, stwierdzono, że nie wymaga on chłodzenia.

Całość po zamontowaniu złącz prądowych i umieszczeniu wewnątrz tyristora,

należy skrócić czterema stalowymi śrubami z gwintem M6. Trzeba pamiętać, że tyristory „pastylkowe” skręca się kluczem dynamometrycznym, a w katalogu producenta jest poda-



Fotografia 5. Obudowa od UPS-a przygotowana do zamontowania podzespołów zgrzewarki



Fotografia 6. Kondensator dużej pojemności użyty w zgrzewarce



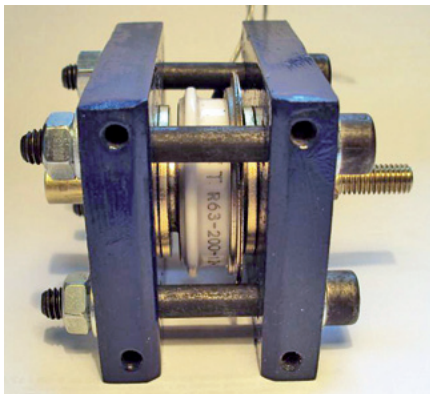
Fotografia 7. Tyristor mocy



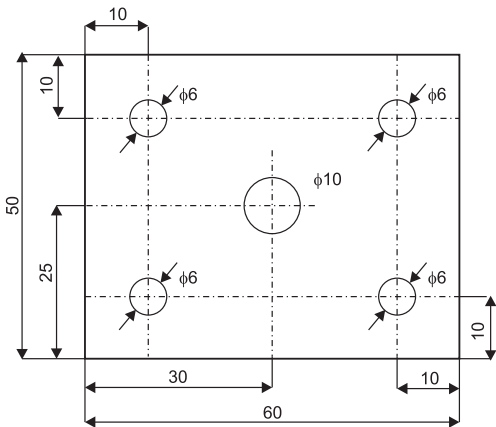
produkcją kondensatory o bardzo dużej pojemności. Na aukcji internetowej za ok. 120 złotych został nabyty kondensator elektrolityczny o pojemności 1 F i napięciu pracy 21 V (**fotografia 6**). Kondensator ma zamontowany woltomierz cyfrowy pokazujący stan jego naładowania. Woltomierz został wymontowany i umieszczony na płycie czołowej zgrzewarki.

Nasuwa się pytanie: ile cykli ładowania i rozładowania poprzez zwarcie znieśnie taki kondensator? Nigdzie nie znaleźliśmy opisów takich badań. Zamierzaliśmy zastosować baterię kondensatorów elektrolitycznych, lecz jaka będzie ich żywotność? Wymaga to sprawdzenia. Na razie próby przeprowadzono na pojedynczym kondensatorze o pojemności 1 F i efekty są obiecujące. Zgrzeiny okazały się wykonane prawidłowo, zarówno wizualnie, jak i po badaniach niszczących.

Kolejnym elementem w bloku mocy jest tyristor (Ty). Zastosowano tyristor typ T63-200-12 w obudowie „pastylkowej” produkcji Laminy z Piaseczna (**fotografia 7**) o prądzie 200 A i napięciu 1200 V. Można zastosować tyristor mocowany śrubą i z wyprowadzeniem katody w postaci linki, lecz zajmuje on więcej miejsca. Połączenie elektrod roboczych



Fotografia 8. Mocowanie tyrystora Ty



Rysunek 9. Rysunek płytki tekstolitowej

na wartość siły skręcania, indywidualnie dla każdego rodzaju tyrystora.

Jako ostatni element obwodu mocy należy wykonać elektrody robocze (E1 i E2) wraz z przewodem doprowadzeniowym. Elektroda robocza jest wykonana z pręta miedzianego o średnicy 7 mm i długości 86 mm, toczzonego

z przedniej strony na „stożek”, a z tylnej z nawierconym otworem o średnicy 5,5 mm. Do wnętrza tego otworu należy wprowadzić odizolowany odcinek przewodu połączeniowego i zalutować na miękko. Przewód o długości ok. 500 mm zakończony jest z drugiej strony (również zalutowanym na „miękko”) złączem wykonanym z mosiądzu z końcówkami gwintowanymi narzynką M6.

Przewód roboczy składa się z żył o małej średnicy i ma elastyczną izolację, co poprawia komfort pracy. Jedna końcówka połączona jest wewnątrz zgrzewarki z biegunem ujemnym kondensatora (C), a druga z katodą tyrystora (Ty). Należy pamiętać przy montażu, aby zastosować, w celu zabezpieczenia złącza przed samoistnym odkręceniem, tzw. kontrnakrętki M6.

Elektrody robocze E1 i E2 osłonięte są plastikowymi tulejami wykonanymi ze zużytych markerów do opisywania płyt CD, które klejem zabezpieczono przed przemieszczaniem się. Przewody robocze doprowadzono do zgrzewarki poprzez przepusty gumowe.

Końcówki elektrod roboczych należy czyścić i dbać o ich odpowiednią średnicę. W tej konstrukcji, powierzchnia styku elektrody roboczej mieści się w przedziale 0,5...1 mm². Wielkość powierzchni styku elektrody ma bardzo ważne znaczenie, bowiem zależy od niej gęstość prądu zgrzewania, rzutująca w efekcie na jakość zgrzeiny. Producenci elektrod przemysłowych do zgrzewania, wykonują je z miedzi o dużej czystości, utwardzanej poprzez kucie na zimno, często ze specjalnymi dodatkami, których skład i ilość jest chroniona tajemnicą. Można się pokusić o samodzielne wykonanie końcówek elektrod (części stożkowej)

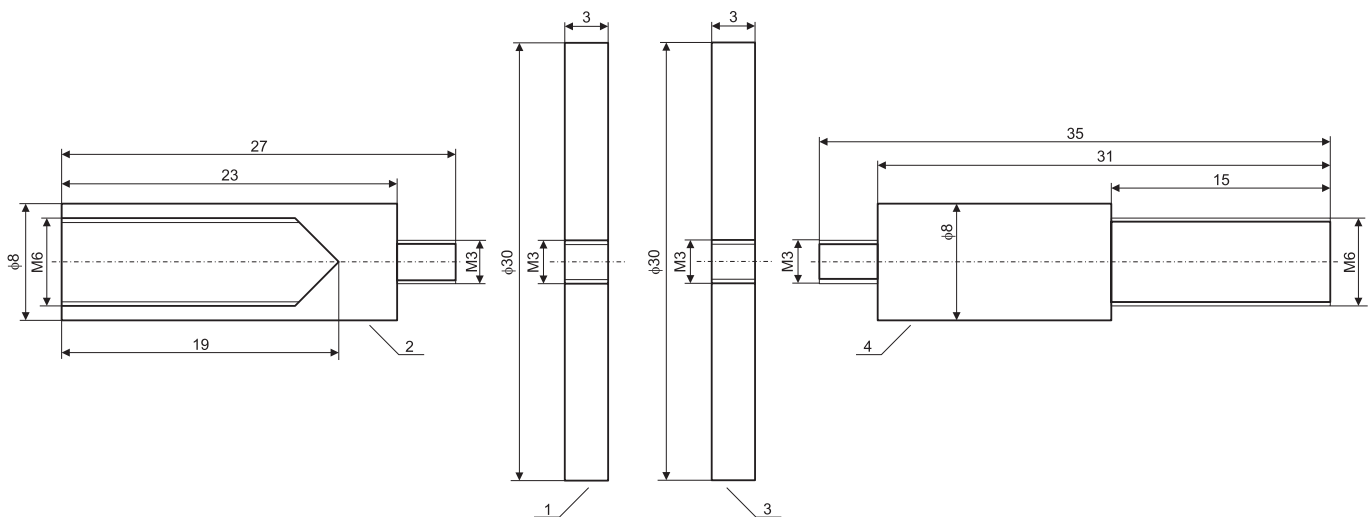
jako wymiennych, wkręcanych do uchwytu. Jest to o tyle korzystne, że przy zgrzewaniu oporowym prętów stosuje się elektrody grzybkowe o dużej powierzchni styku ze zgrzewanym elementem. W tym przypadku sporym utrudnieniem jest fakt, że miedź jest materiałem trudnym w obróbce skrawaniem. Można też wykonać elektrody robocze, które są mocowane w płaskich szczypcach. Obie elektrody są przykręcone na końcówkach szczypiec, tak aby po ściśnięciu były w osi, a jedynym problemem jest w tym przypadku skuteczne odizolowanie od siebie elektrod roboczych.

Blok elektroniki

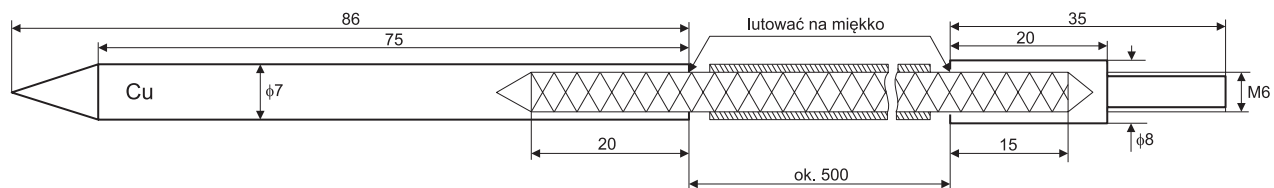
Wszystkie funkcje zgrzewarki zostały opisano wcześniej jako komentarze do rysunku przedstawiającego jej schemat blokowy.

Schemat ideowy zgrzewarki oporowej umieszczono na **rysunku 12**. Transformator (Tr1) jest dołączany do sieci zasilającej przez przełącznik P1, zespół wyłączników astabilnych W1, W2 oraz styki przełącznika P2. Przełącznik P1 ma dwa zestawy styków, przy czym jeden zestaw jest roboczy, a drugi podtrzymujący zasilanie cewki przełącznika P1.

Zasilacz stabilizowany 8...25 V z ograniczeniem prądowym do 5 A jest umieszczony na płycie P2. Regulacja napięcia wyjściowego odbywa się potencjometrem Pr1. Chcąc precyzyjnie dobrać zakres regulacji napięcia wyjściowego zasilacza 8...20 V, należy w miejsce oporników R1 i R2 wstawić potencjometry montażowe, a po zestrojeniu zastąpić je opornikami o równoważnej wartości. Zastosowanie ograniczenia prądowego wynika z tej konieczności, że kondensator C w stanie rozładowania stanowi dla zasilacza zwarcie.



Rysunek 10. Elementy zespołu mocującego tyrystor Ty



Rysunek 11. Elektroda (E1 i E2) wraz z przewodem połączeniowym

W chwili, gdy następuje proces zgrzewania, zasilacz zostaje odłączony od obwodu ładowania kondensatora poprzez styki S2 przełącznika P3. Zarówno tranzystor T1 jak i obwód scalony US1 mają wspólny radiator o wymiarach 30×60×4 mm wykonany z blachy aluminiowej. Tranzystor T1 i układ scalony US1 należy odizolować od siebie, a płytkę z zasilaczem umieścić w strumieniu powietrza wentylatorów We1 i We2.

Na płytce P1 umieszczone są obwody sterujące pracą zgrzewarki. Należy zadbać o odpowiednie odległości elementów znajdujących się pod napięciem sieci 230 V od pozostałych.

Cewka przełącznika P1 jest zasilana poprzez styki S1 przełącznika P2, który jest normalnie wyłączony i uaktywnia się w dwóch przypadkach – gdy napięcie na zaciskach kondensatora elektrolitycznego C osiągnie wartość 20,5 V oraz gdy zadziała termistor Th.

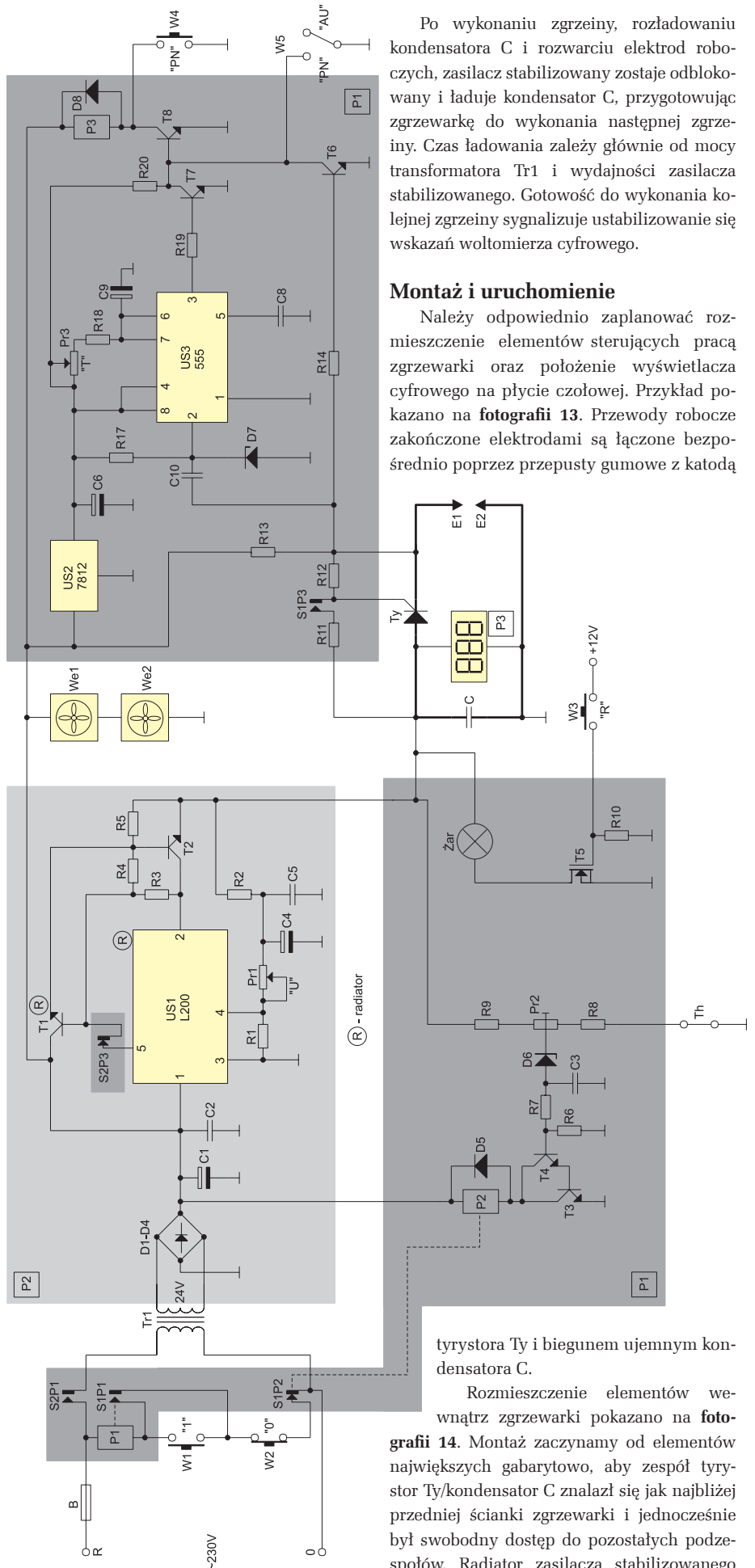
Termistor Th jest umieszczony bezpośrednio na obudowie kondensatora C – na podłożu pasty silikonowej przewodzącej ciepło i ma próg wyłączenia ustalony na ok. 50°C.

Uwaga! Pominięcie tych zabezpieczeń jest niedopuszczalne, ponieważ przegrzanie się kondensatora może spowodować jego eksplozję, co może być groźne dla zdrowia, a nawet życia.

Tranzystor T5, załączony poprzez wyłącznik astabilny W3, powoduje szybkie rozładowanie kondensatora C w przypadku, gdy napięcie na jego zaciskach jest wyższe od nominalnego. Układ scalony US3 pracuje jako generator monostabilny o czasie trwania impulsu 0,43...1,14 s, regulowanym płynnie potencjometrem Pr3. Funkcję zgrzewania automatycznego uaktywnia przełącznik W5 w położeniu AU.

Działanie układu opóźnienia czasowego jest następujące: z chwilą zwarcia elektrod E1 i E2 poprzez materiał zgrzewany, sygnał odbierany przez kondensator C10 spowoduje zadziałanie przerzutnika US3 i po nastawionym potencjometrem Pr3 czasie, załączy przełącznik P3, którego jedna para stykówysteruje bramkę tyrystora mocy Ty, a druga zablokuje pracę zasilacza stabilizowanego. Jak długo są zwarte elektrody E1 i E2, tak długo jest załączony przełącznik P3.

Z chwilą przejścia na opcję sterowania pracą zgrzewarki (PN), proces zgrzewania odbywa się poprzez załączenie wyłącznika W4 znajdującego się w przycisku nożnym podłączonym go gniazda PN, umieszczonego na tylnej ścianie obudowy. Zarówno w przypadku zgrzewania automatycznego jak i z przycisku nożnego należy zadbać, aby elektrody E1 i E2 były rzeczywiście zwarte. W przeciwnym wypadku, w czasie rozładowania kondensatora C dojdzie do powstania łuku elektrycznego, który powoduje zużycie elektrod roboczych i może zniszczyć zgrzewany detal.



Rysunek 12. Schemat ideowy zgrzewarki

Po wykonaniu zgrzeiny, rozładowaniu kondensatora C i rozwarciu elektrod roboczych, zasilacz stabilizowany zostaje odblokowany i ładuje kondensator C, przygotowując zgrzewarkę do wykonania następnej zgrzeiny. Czas ładowania zależy głównie od mocy transformatora Tr1 i wydajności zasilacza stabilizowanego. Gotowość do wykonania kolejnej zgrzeiny sygnalizuje ustabilizowanie się wskazań woltomierza cyfrowego.

Montaż i uruchomienie

Należy odpowiednio zaplanować rozmieszczenie elementów sterujących pracą zgrzewarki oraz położenie wyświetlacza cyfrowego na płycie czołowej. Przykład pokazano na fotografii 13. Przewody robocze zakończone elektrodami są łączone bezpośrednio poprzez przepusty gumowe z katodą

tyrystora Ty i biegunem ujemnym kondensatora C.

Rozmieszczenie elementów wewnątrz zgrzewarki pokazano na fotografii 14. Montaż zaczynamy od elementów największych gabarytowo, aby zespół tyrystor Ty/kondensator C znalazł się jak najbliżej przedniej ścianki zgrzewarki i jednocześnie był swobodny dostęp do pozostałych podzespołów. Radiator zasilacza stabilizowanego musi być umieszczony w strumieniu powie-

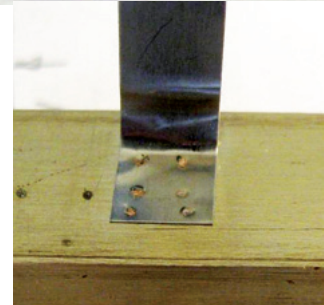
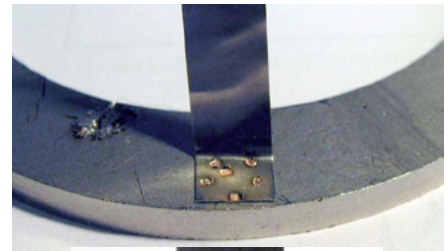


Fotografia 13. Płyta czołowa

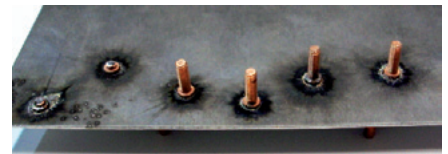
przymocowane są do ścianki obudowy za pomocą kleju.

Po wizualnym stwierdzeniu prawidłowości montażu przystępujemy do uruchomienia zgrzewarki. Na tym etapie nie podłączamy kondensatora C, a zamiast niego należy wstawić inny, np. o pojemności 10000 μF . Potem należy sprawdzić wszystkie funkcje zgrzewarki opisane wcześniej, w tym zakres czasu opóźnienia rozładowania kondensatora.

Następnie, potencjometrem montażowym Pr2 ustalamy próg zadziałania układu przekroczenia dopuszczalnej wartości napięcia na zaciskach kondensatora C. Wynosi ono 20,5 V. Ważne, aby sprawdzić skuteczność działania termistora Th zabezpieczającego kondensator



Fotografia 17. Przykłady wykonania zgrzein jednostronnych



Fotografia 18. Trzpienie zgrzane do podłoża metodą uderową

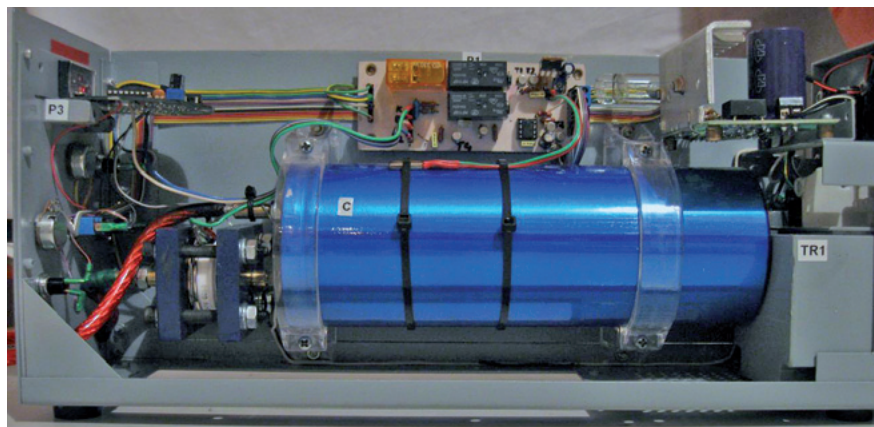
Po przeprowadzeniu prób, pora na montaż kondensatora elektrolitycznego C. Zanim to nastąpi, należy rozładować kondensator np. żarówką halogenową.

Sposoby zgrzewania oporowego

Uważamy, że elektronikom może przydać się kilka ogólnych uwag na temat zgrzewania oporowego.

Zgrzewanie jednostronne. Jedno z rodzajów połączeń zgrzewanych nosi nazwę jednostronnego (**rysunek 16**). Jego cechą charakterystyczną jest to, iż część prądu przepływa bezproduktywnie przez element mający bezpośredni kontakt z elektrodami i powoduje jego deformację. Zwykle zgrzewanie jednostronne wykonuje się tam, gdzie nie jest wymagana duża wytrzymałość mechaniczna, a tylko kontakt galwaniczny. Zaletą jest łatwy dostęp do łączonych detali. Za jednym razem wykonuje się dwie zgrzeiny Zg1 i Zg2, przy czym prąd doprowadzony do elektrod E1 i E2 rozkłada się na prąd bocznikowania Ib i prąd zgrzewania Ig. Prąd bocznikowania nie uczestniczy w tworzeniu jąder zgrzein. Zgrzeina powstaje wtedy, gdy prąd zgrzewania jest znacznie większy od prądu bocznikowania. Na wartość prądów zgrzewania i bocznikowania mają wpływ przekrój i oporność materiałów zgrzewanych Mz1, Mz2. Detal Mz1, który jest zgrzewany do podłoża Mz2 ma dużo większą oporność elektryczną od oporności podłoża. Tym sposobem można łączyć elementy znacznie różniące się gabarytowo.

Abymy zmniejszyć wartość prądu bocznikowania należy zwiększyć oporność elementu



Fotografia 14. Wnętrze zgrzewarki



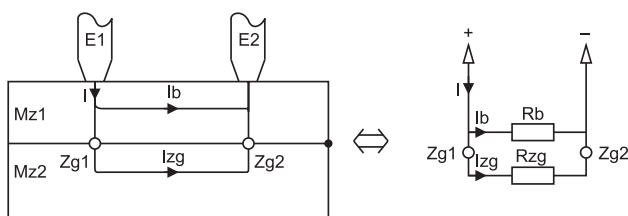
Fotografia 15. Płytki P1 i P2

trza chłodzącego. Na tylnej ścianie obudowy jest zamocowane gniazdo bezpiecznikowe, dwa wentylatory i gniazdo przycisku nożnego (PN). Płytki elektroniki P1 i P2 (**fotografia 15**) należy zamocować tak, aby mieć do nich łatwy dostęp. Przewody sterujące zgrzewarki

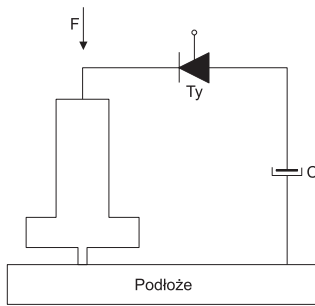
C przed nadmiernym wzrostem temperatury.

Po pomyślnych próbach pora przystąpić do podłączenia do układu kondensatora C o dużej pojemności. Zanim to się stanie, należy przeprowadzić formowanie kondensatora. Nowy albo niewiadomego pochodzenia kondensator elektrolityczny o dużej pojemności, zgodnie z zaleceniami producentów, powinien być dołączany do napięcia etapami. Polegają one na mierzeniu prądu ładowania kondensatora, rozpoczynając od np. 50% i kończąc na 100% znamionowego napięcia pracy. Im więcej tych prób, tym bardziej klarowny jest obraz stanu kondensatora. Wydaje się racjonalnie, aby obserwować wskazania amperomierza włączonego w obwód ładowania kondensatora. Jeśli stwierdzimy, że jego wskazania po naładowaniu kondensatora są bliskie zera lub nawet zero, to uznajemy przydatność takiego kondensatora. Warto też sprawdzać temperaturę obudowy kondensatora.

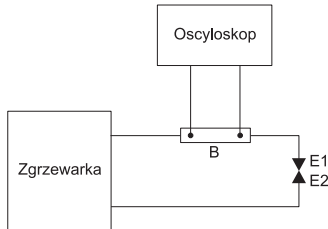
W tym konkretnym przypadku (kondensator o pojemności 1 F i napięciu znamionowym 21 V) próby zaczynamy od napięcia 10 V, by w końcu osiągnąć napięcie maksymalne tj. 20 V.



Rysunek 16. Zgrzewanie jednostronne



Rysunek 19. Zgrzewanie udarowe



Rysunek 20. Układ pomiarowy prądu zwarcia

zgrzewanego mającego bezpośredni kontakt z elektrodami. Zwiększenie oporu elektrycznego, tj. wydłużenie drogi przepływu prądu bocznikowania uzyskuje się poprzez mechaniczne wycięcie części przekroju łączonego detalu (fotografia 17).

Zgrzewanie udarowe. Zgrzewanie udarowe polega na doczołowym łączeniu ze sobą drutów (o średnicach 1,5 do 5 mm) lub z łączeniu drutu z podłożem w postaci płaskownika. Jest to metoda, w której wykorzystuje się ciepło wydzielane w szczelinie powstałej pomiędzy częściami w wyniku impulsowego rozładowania kondensatora oraz docisk wywierany dynamicznie (udarowo).

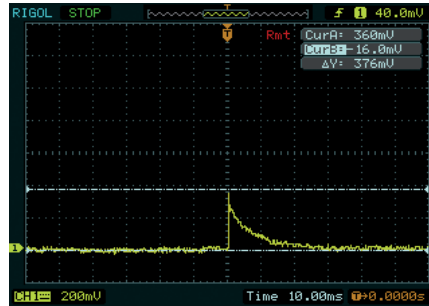
Próbkę zgrzewania pokazaną na fotografii 18 wykonano urządzeniem, w którym sumaryczna pojemność kondensatorów wynosiła 0,16 F przy napięciu 80 V, co dało energię równą 512 Ws. Istotę zgrzewania udarowego pokazano na rysunku 19. Przed załączeniem trzpienia Ty trzpień zamocowany w uchwycie jest dociskany z siłą F do podłoża. Z chwilą załączenia tyrystora następuje nadtopienie metalu na styku trzpień – podłoże przy jednoczesnym nacisku mechanicznym.

Pomiary parametrów zgrzewania

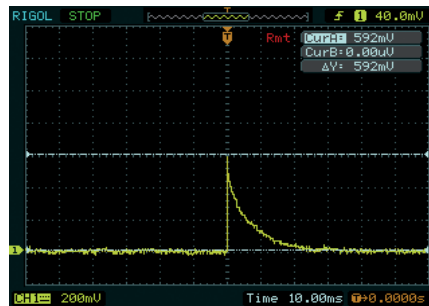
Podstawowymi parametrami w procesie zgrzewania są: prąd, czas i siła docisku. Wszystkie te parametry są jednakowo ważne i powinny być dobierane zależnie od łączonych detali.

Zazwyczaj przy nastawie parametrów prądowych zgrzewania operuje się wartością napięcia biegu jałowego, występującego na elektrodach roboczych. Jest to parametr łatwo mierzalny. Aby określić, jakie prądy płyną podczas zgrzewania, należy zbudować pośredni układ pomiarowy pokazany na rysunku 20.

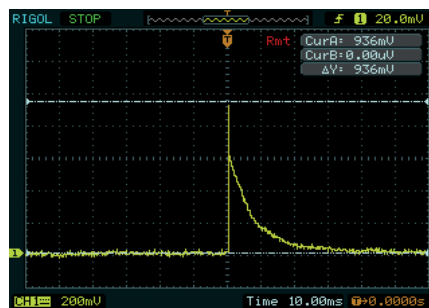
W tym przypadku mierzony będzie prąd zwarcia, tzn. elektrody robocze są ze sobą zwarte bez detali zgrzewanych. Bocznik



Rysunek 21. Pomiar prądu zwarcia przy 10 V



Rysunek 22. Pomiar prądu zwarcia przy 15 V



Rysunek 23. Pomiar prądu zwarcia przy 20 V

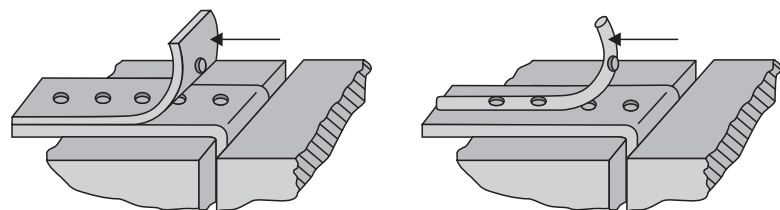
pomiarowy B jest specjalnym opornikiem pozwalającym na pomiar bardzo dużych prądów, a przyrządem pomiarowym jest oscyloskop. Bocznik ma następujące parametry: 60 mV/250 A; klasa 0,5; rezystancja 0,00024 Ω. Rysunki 21...23 przedstawiają oscylogramy odpowiadające mierzonym prądom, kolejno dla 10, 15 i 20 V na zaciskach kondensatora C.

Jak wynika z oscylogramów, prąd zwarcia wynosi odpowiednio: 1566 A, 2466 A, 3900 A.

W rzeczywistości, prądy zwarcia są większe, bowiem zastosowany tu układ pomiarowy nie jest dokładny.

Kontrola jakości złączy zgrzewanych

Oględziny zewnętrzne. Jest to podstawowa i najprostsza metoda kontroli jakości złączy



Rysunek 24. Badania niszczące złączy zgrzewanych – metoda wyłuskiwania



Fotografia 25. Badanie niszczące złącza zgrzewanego

zgrzewanych i rozumie się jako kontrolę wizualną. Metoda ta umożliwia ujawnienie podstawowych wad zgrzeiny w postaci pęknięć, nadtopień, wyprysków metalu itp. Należy podkreślić, że wyniki kontroli zewnętrznej zależą w dużym stopniu od umiejętności i sumienności kontrolującego.

Badania nieniszczące. Są to bardziej wyrafinowane badania złączy zgrzewanych z użyciem specjalistycznych przyrządów pomiarowych, jak badania magnetyczne, radiologiczne, ultradźwiękowe itp.

Badania niszczące. Jest to najczęściej stosowana metoda badania złącza zgrzewanego, pozwalająca niemal w pełni ocenić jakość zgrzewania. W warunkach przemysłowych, przed przystąpieniem do wykonania użytkowych wyrobów zgrzewanych, wykonuje się szereg próbek, które są poddawane badaniom niszczącym. Są to próby skręcania zwane też nożycowymi.

Najbardziej powszechna jest próba wyłuskiwania, co ilustruje rysunek 24, na którym pokazano rozrywanie dwóch blach zgrzewanych zakładkowo i niszczenie próbki drutu zgrzanego z blachą. Jakość takiej zgrzeiny uważa się za dobrą, jeśli przy tej próbie zawartość jądra zgrzeiny jest dalej przytwierdzona do jednej z blach lub drutu, a w drugiej pozostają otwory. Taki sam efekt badań niszczących prawidłowo wykonanej zgrzeiny pokazano na fotografii 25.

Stanisław Krasicki
Marek Panek