

"LMS" s.c.

Tadeusz Macioła , Krzysztof Scheithauer

ul. Hermisza 9 41-800 ZABRZE

POLAND , EUROPE, URL: <http://lms.alpha.pl> , e-mail: lms@alpha.pl

tel (+48 32) 2787050; fax (+48 32) 2787051, tel .kom. (0502)035580 , (0601)456491

PRZENOŚNE URZĄDZENIE DO OBRÓBKI CIEPLNEJ

typ: U1n

prototyp



INSTRUKCJA OBSŁUGI

Wstępna

PRZED PIERWSZYM URUCHOMIENIEM ZAPOZNAJ SIĘ Z INSTRUKCJĄ OBSŁUGI !!!

Zabrania się osobom postronnym dotykania załączonego urządzenia.

Urządzenie może obsługiwać wyłącznie personel kwalifikowany.

Wymaga się od wyźarzacza znajomości podstaw elektrotechniki i elektroniki.

PRZEZNACZENIE:

Urządzenie przeznaczone jest do obróbki termicznej spoin spawalniczych według zadanej charakterystyki temperaturowo - czasowej w zakresie temperatur do 1000°C. Temperatury kontrolowane są termoparami Ni-CrNi. Urządzenie zawiera programowany regulator temperatury, rejestrator, regulator mocy wyjściowej. Nagrzewanie obiektu jest realizowane za pomocą mat oporowych. Kompletny zestaw grzewczy składa się z urządzenia do obróbki cieplnej, źródła napięcia, mat oporowych, termopar, izolacji termicznej i kabli połączeniowych. Jako źródło napięcia może być wykorzystana spawarka lub transformator.

KONTROLE OKRESOWE

Okresowo np. co miesiąc lub przed rozpoczęciem pracy w nowym miejscu sprawdzić stan zewnętrzny urządzenia i osprzętu. Nie używać urządzenia z głębokimi wgnieceniami obudowy, ani osprzętu z uszkodzoną izolacją elektryczną. Sprawdzać rezystancję styków stycznika i w razie potrzeby czyścić je. Spadek napięcia na styku wiodącym prąd znamionowy nie może przekraczać 0.2V. Czyścić wnętrze obudowy z nagromadzonego pyłu. Corocznie sprawdzać kalibratorem tory pomiaru temperatury rejestratora i regulatorów .

BUDOWA URZĄDZENIA

Urządzenie składa się z regulatora temperatury oddziaływującego na łączniki mocy, 3 kanałowego rejestratora temperatury i zacisków przyłączeniowych umieszczonych we wspólnej obudowie stalowej. Gniazda dla termopar, gniazda wejściowe i wyjściowe są z tyłu urządzenia. Termopary są podłączane do rejestratora oraz do regulatora temperatury. Z przodu urządzenia zamontowano rejestrator, regulator temperatury i woltomierze oraz wyłącznik główny.

Podstawowe dane techniczne:

Napięcie zasilania:	230V , 50Hz
Maksymalny prąd łączeniowy	180A
Maksymalne napięcie łączeniowe	90V=
Wymiary obrysu (wys. x szer. x głęb.)	0.2m x 0.35m x 0.4m
Ciężar	16 kG
Ochrona przeciwporażeniowa	zerowanie

GWARANCJA

Producent udziela na swój wyrób rocznej gwarancji. W okresie gwarancji producent zobowiązuje się do usunięcia usterek do 21 dni od dostarczenia urządzenia. Gwarancja nie obejmuje usterek wynikłych na skutek niewłaściwej obsługi. Naprawy gwarancyjne i pogwarancyjne wykonuje się w warsztatach producenta.

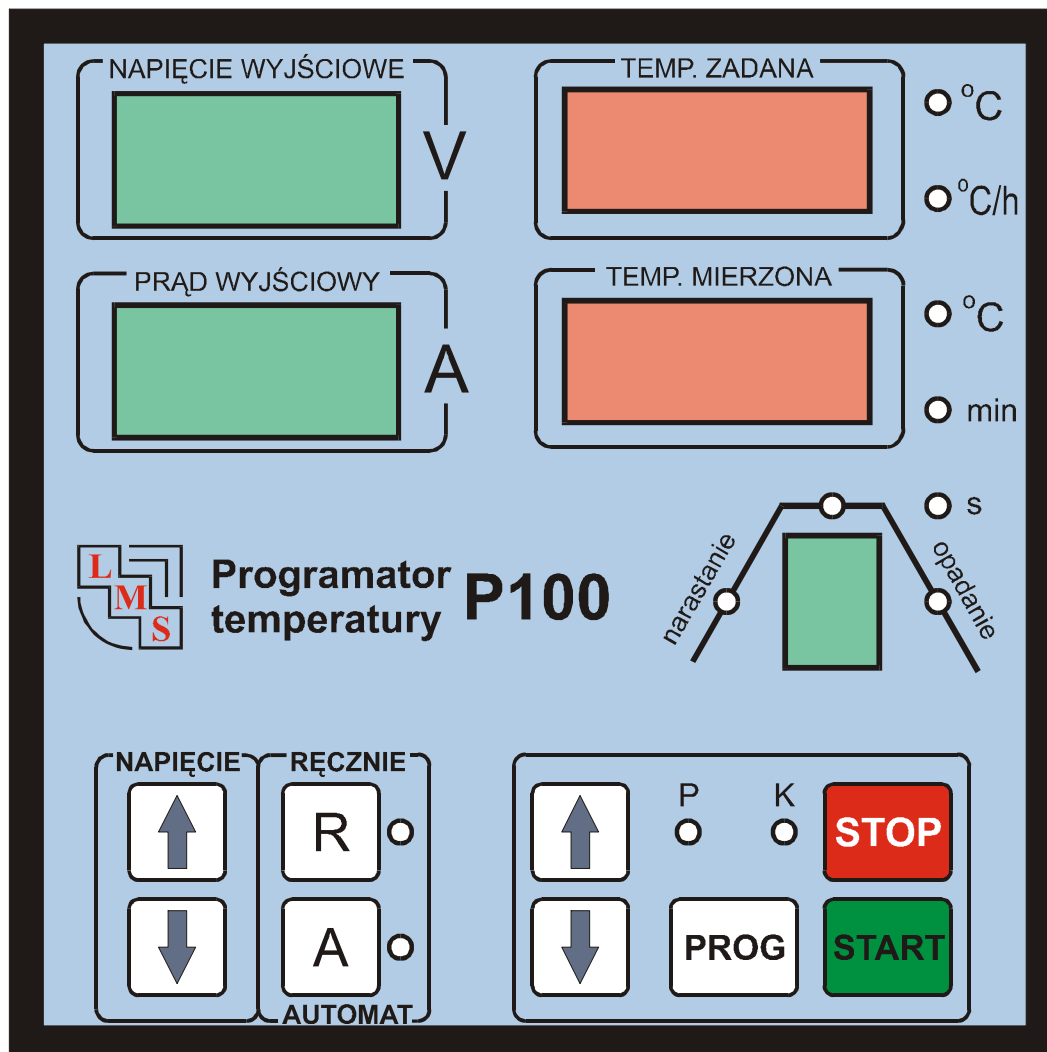
PODŁĄCZENIE URZĄDZENIA

Urządzenie należy zasilac z sieci elektrycznej 230V 50Hz (1A) zerowanej lub uziemionej. Bez skutecznego uziemienia (zerowania) na obudowie może wystapic napiecie. Podlaczyz termopary kablem kompensacyjnym dla termopar "K" {NiCr-NiAl}. Do urzadzzenia mozna podlaczyz nie wzyciej niz 4 typowe grzalki (maty oporowe) na jeden kanal (sumaryczny prad nie powinien przekrocyz 180A). Stosowac maty o prądzie znamionowym 45A do 74A i napięciu znamionowym 30V do 90V . Podlaczenia zaciskow wejściowych urzadzzenia ze źródłem zasilania wykonać kablem miedzianym o przekroju żył nie mniej niz 25 mm². Podlaczenia zaciskow wyjściowych kazdego kanalu z rozgalęznikami wykonać kablami miedzianymi o przekroju żył nie mniej niz 25 mm². Przekroj ten musi byc wzyciej przy kablach dluzszych niz 5m, tak by spadek napięcia na nim nie byl wzyciej niz 1V. Końcówki mat laczyz do rozgalęznikow. Jezeli urzadzienie zasilone bedzie pradem zmiennym inaczej bedzie dzialac pomiar prądu (przeskalowac). Zwrócic uwage na +/- podlaczonego prostownika spawalniczego.

Kolejnosc podlaczenia powinna byc nastepujaca:

Na obiektach grzanych zamocowac termopary (zgrzac termopary drutowe) , a nastepnie nalozyc grzalki elektryczne (maty oporowe). Na grzalki nalozyc izolacje termiczna (odporna na temperature 1100°C - np: wata kaolinowa grubosci 5cm). Podlaczyz kablami termopary i grzalki z urzadzieniem. Podlaczyz przewod wyrównujacy potencjaly elektryczne między zacisk śrubowy na obudowie urzadzienia, a obiekt grzany. Stosowac wytrzymały mechanicznie giętki przewod miedziany o przekroju 2...6mm². Jest to niezbedne przy podgrzewaniu do spawania. **Obiekt grzany i urzadzienie musza byc uziemione.** Sprawdzic ostroznie po podlaczeniu, czy gdzieś nie „kopie”. Zwrócic uwage na dodatni i ujemny biegun termopary i kabla kompensacyjnego. Podlaczyz zdroj zasilania mat (spawarka, transformator) do U1. Podlaczyz kabel zasilajacy do gniazdka 230V 50Hz. Zalaczyz zasilanie urzadzienia i zdroj. Ustawic parametry grzania na regulatorze. Ustawic i zalaczyz rejestrator. Sprawdzic po uruchomieniu sie sterowania czy napiecie wyjściowe nie przekracza wartosci znamionowej mat grzejnych. Jezeli przekroczenie wystapi skorygowac napiecie zdroj zasilajacego. Jezeli zdroj zasilania nie jest w stanie dostarczyz odpowiedniego napięcia nalezy zmienic maty grzejne lub zdroj zasilania. Termopara 1 prowadzi proces. Jezeli ulegnie uszkodzeniu regulator moze przełaczyc sie samoczynnie na termopare 2. Termopara 3 jest podlaczona tylko do rejestratora. Jezeli termopara 2 lub 3 nie jest podlaczona zewrzez wejście termoparowe – nie pozostawiac rozwartego gniazdka termopary 2. Przy podgrzewaniu do spawania termopare prowadzaca mocowac pod grzalka – ma byc w najcieplejszym miejscu. Trzecia termopara moze byc blizej spoiny spawalniczej. Oslonic, by chronic przed upaleniem spawarka. Wydajny jonizator łuku spawarek TIG moze zniszczyz rejestrator przy podaniu wysokiego napięcia na upalony koniec termopary.

REGULATOR TEMPERATURY



PRZEZNACZENIE:

P100 to regulator temperatury dla wyżarzarek. Powstał jako kolejna propozycja, na bazie doświadczeń z wcześniejszych modeli produkowanych przez naszą firmę.

Celem było wyeliminowanie różnorodnych problemów poprzednich modeli i stworzenie urządzenia przygotowanego dla szybkich technologii wyżarzania wymagających dokładności $\pm 20^{\circ}\text{C}$. Nie wszystkie cele są już osiągnięte. W czasie pisania tej instrukcji regulator przeszedł około 500 godzin testów i wiele zmian w programie. Nadal pozostaje egzemplarzem prototypowym i może mieć niewykryte błędy w programie.

Opisywany tu mikroprocesorowy regulator służy do regulacji temperatury grzanych obiektów w zakresie temperatur 0°C do 1000°C według charakterystyki temperaturowo - czasowej o kształcie trapezowym złożonym z maksimum 8 odcinków: narastania (opadania) temperatury z zadaną szybkością do zadanej temperatury utrzymania oraz utrzymania temperatury przez zadany czas. W U1 na obiekt regulacji oddziałują dwustanowo (okres impulsowania 14s), załączając lub wyłączając styk wyjściowy sterujący zewnętrznym stycznikiem. Proces prowadzony jest w oparciu o pomiar temperatury obiektu termoparą NiCr-Ni

Sugerujemy podłączać dwie termopary.

Druga termopara (rezerwowa) zostanie automatycznie użyta, o ile temperatura przez nią mierzona jest większa od otoczenia o około 60°C i jest większa o 3°C niż pomiar z termopary pierwszej (podstawowej). Powrót na podstawową nastąpi, gdy ta podniesie się ponad 3°C nad zapasową lub zapasowa opadnie poniżej progu

zadziałania.

Parametry procesu ustawia się za pomocą przycisków .

Regulator może pracować w trybie ręcznym lub automatycznym.

W trybie ręcznym operator może zmienić współczynnik wypełnienia zasilania grzałek (okres impulsowania około 1 minuty). Tryb ręczny jest zalecany w obecności dużych zakłóceń – np. podgrzewanie w trakcie spawania. Wysterowanie nie zależy od temperatury.

W trybie automatycznym regulator stara się utrzymać temperaturę obiektu zgodnie z programem. Dioda P zaświeci się, gdy grzeje. Dioda S zaświeci się gdy START. Woltomierz pokazuje napięcie źródła. Przy załączeniu grzałek wskazanie zwykle zmienia się. Amperomierz wskazuje płynący w grzałkach prąd.

W procesie regulacji zwykle występuje rozbieżność między temperaturą zadaną i mierzoną.

Algorytm regulacji to modyfikowany PID. Przewidziany jest dla obiektów S-statycznych, których temperatura może zmieniać się z szybkością z zakresu 50 ... 5000 °C/h, a opóźnienia są poniżej kwadransa. Dla zmniejszenia reakcji na zakłócenia zastosowano bardzo silne uśrednianie pomiaru.

Powoduje to widoczny długi czas reakcji przy skokowej zmianie np. podczas kalibracji.

Z obiektami wolniejszymi i szybszymi regulator nie radzi sobie. Zastosowano metody heurystyczne do korekcyi nastaw regulatora. Regulator pamięta stare ustawienia i od nich zaczyna, dlatego zakłócenie procesu regulacji skutkuje innym czasem potrzebnym na zrównanie temperatur. W warunkach laboratoryjnych, bez zakłóceń, na niektórych testowanych obiektach uzyskano dokładność stabilizacji temperatury pod koniec wytrzymania poniżej $\pm 1^{\circ}\text{C}$. Algorytm posiada „hamulec” zmniejszający przegrzanie podczas przejścia z szybkich zbczwy narastania na wytrzymanie.

Zbędne manipulacje przyciskami w trakcie procesu regulacji (po naciśnięciu przycisku START, STOP regulator wylicza początkowe nastawy, zmienia temperaturę zadaną na równą mierzonej) lub inne silne zakłócenia rozregulowują go, uniemożliwiający szybkie ustabilizowanie temperatury.

Podstawowe dane techniczne P100:

Napięcie zasilania:	24V , 50Hz (stosować zewnętrzny, mały transformator separacyjny 400V/24V lub 230V/24V – on ma ograniczyć prąd przy znacznych przepięciach w sieci)
Pobór mocy	10VA
Wytrzymałość styku regulacyjnego (350V)	230V 0,5A 50Hz (zabudowany bezpiecznik polimerowy 0,8A i transil
Wymiary [wys. x szer. x gł.]:	144mm x 144mm x 82mm

Parametry regulatora temperatury:

Czujnik temperatury:	zewnętrzna termopara typu K {NiCr-NiAl}
Zakres temperatur mierzonych	<0 °C do >1200 °C.
Dokładność pomiaru temperatury	$\pm 5^{\circ}\text{C}$
Rezystancja wejściowa	200kW
Czas eksploatacji do uszkodzenia EEPROM:	>1 rok

Możliwe nastawy parametrów grzania w trybie automatycznym:

szybkość narastania temperatury	1 do 8191°C/h
temperatura wytrzymania	1 do 1200°C
czas wytrzymania	1 do 8191 minut
szybkość opadania temperatury	1 do 8191°C/h
maksymalna ilość odcinków charakterystyki	8

nastawienie zera ma specjalne znaczenie, opisane dalej

Parametry woltomierza i amperomierza – **nie klasyfikowane** – mają zadanie orientacyjnego wskaźnika

Wewnętrzna kompensacja temperatury "zimnego" końca termopary. Wykrywanie awarii termopary.

Pamięta ustawienia na okoliczność krótkotrwałego (<1minuta) wyłączenia zasilania i kontynuacji pracy w EEPROM (odświeżanie 256 razy na godzinę, co ~14 sekund). Ma woltomierz i amperomierz oraz przyciski do sterowania napięciem (wypełnieniem maksymalnym). Ma tryb pracy ciągły - używany, gdy P100 jest zabudowany w innych wyżarzarkach. Ma bezpieczniki polimerowe i transile jako elementy ochrony nadnapięciowej. Wejścia termoparowe nie mają między sobą izolacji galwanicznej i różnica potencjałów między nimi nie może przekraczać ćwierć wolta. Obie termopary muszą być użyte na tym samym obiekcie grzanym.

NASTAWIANIE REGULATORA:

Tryb Ręczny:

Naciśnij RĘCZNIE

Naciśnij START

Lewymi strzałkami można zmienić czas grzania. Górna strzałka zwiększa czas grzania i

skraca czas przerwy. Dolna lewa strzałka zmniejsza czas grzania i zwiększa czas przerwy.

Jeśli grzanie nie uruchomiło się poczekaj minutę, potem naciśnij STOP i ponownie START.

Prawe strzałki i PROG są nieaktywne. Podczas pracy ręcznej na wyświetlaczu TEMP.ZADANA pojawi się liczba ośmiobitowa (z brzegowym ograniczeniem) z literą r, obrazująca wysterowanie. Dla maksymalnego wysterowania widać napis 8r. Im większa ta liczba tym dłuższa przerwa w grzaniu.

Nastawa trybu ręcznego ogranicza maksymalne wysterowanie w trybie automatycznym.

Tryb Automatyczny:

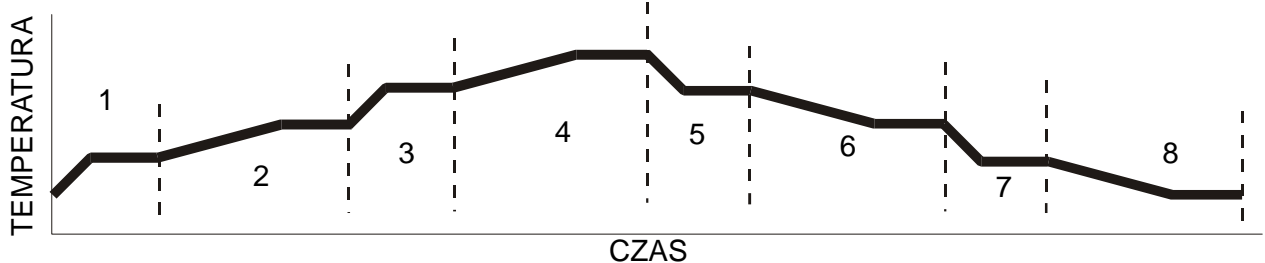
Przygotuj się do nastawienia programu.

Na kartce papieru lub w głowie przygotuj liczby do nastawienia.

Sprawdź w trybie ręcznym wysterowanie. Ustaw maksymalne wysterowanie (napis 8r) górną lewą strzałką. Jeśli chcesz ograniczyć wysterowanie, bo na przykład użyłeś grzałek na niższe napięcie niż daje źródło, albo są silne przeregulowania, wprowadź większą liczbę lewą dolną strzałką. Połowa napięcia, to ćwierć mocy, to liczba na wyświetlaczu temperatury zadanej około 192r.

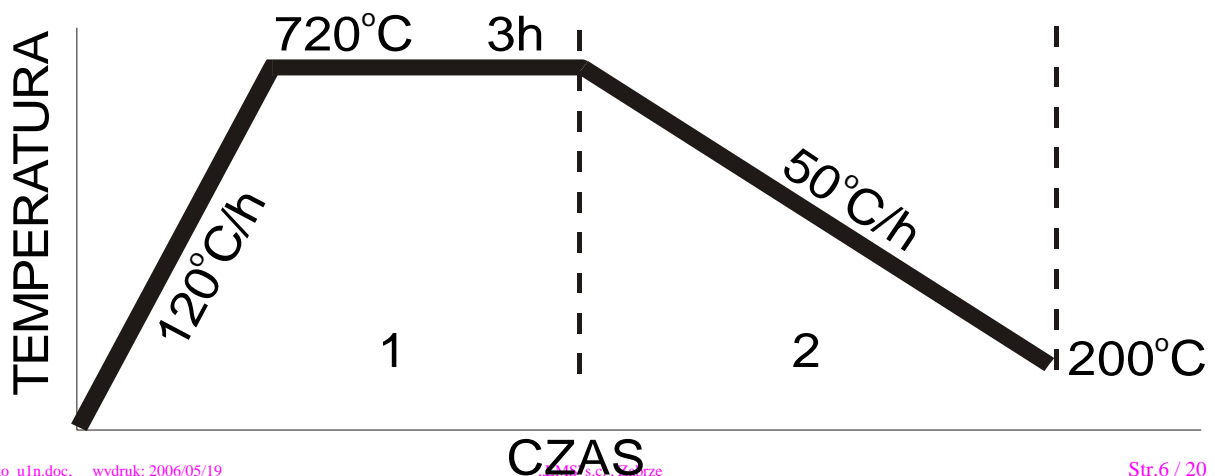
Poniższy wykres obrazuje przykładowe zmiany temperatury w czasie

Składa się on z ośmiu odcinków zbrocze-wytrzymanie. Jest to maksymalnie skomplikowana możliwa do zaprogramowania w P100 charakterystyka.



Poniższy wykres obrazuje najczęściej używane podczas wyżarzania zmiany temperatury w czasie. Jest to trapez obrazujący nagrzewanie obiektu z szybkością $120\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{godzinę}$ do temperatury $720\text{ }^{\circ}\text{C}$ i wygrzewanie przez 3 godziny, a następnie studzenie z szybkością $50\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{h}$ do temperatury $200\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Po osiągnięciu $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ wyłączenie i studzenie naturalne.



Przykładowe NASTAWIANIE REGULATORA

Charakterystyka grzania jak wyżej

Należy zauważyć, że powyższy wykres trapezowy dla P100 składa się z dwóch odcinków zbocze-wytrzymanie. Należy zauważyć, że 3 godziny to 180 minut. Należy zauważyć, że drugi czas wytrzymania wynosi zero. Aby regulator nie wykonał wcześniej używanej charakterystyki i zakończył na drugim odcinku, zbocze 3 odcinka należy wyzerować.

Nacisnąć STOP o ile regulator nie jest zatrzymany.

Nacisnąć krótkotrwanie klawisz PROG. Powinien zgasnąć woltomierz i amperomierz oraz temperatura mierzona. Jako numer odcinka powinna pojawić się cyfra 1. Powinna świecić się górna dioda °C/h i narastanie. Podczas przyciskania dowolnego klawisza powinna świecić się dioda K. Na wyświetlaczu TEMP.ZADANA powinna pojawić się poprzednio używana wartość pierwszego zbocza. Przyciskami strzałek należy ją zmienić na pożądaną. W omawianym przykładzie na liczbę 120. Dłuższe przytrzymanie strzałki przyspiesza zmiany. *Po zliczeniu kilkunastu jednostek zmieniają się dziesiątki, a jednostki są zerem, potem setki, potem tysiące, a mniej znaczące pozostają zerem.* Po nastawieniu właściwej liczby nacisnąć PROG. Na wyświetlaczu TEMP.MIERZONA pojawi się wcześniej używana temperatura wytrzymania odcinka 1. Zmienić ją strzałkami na pożądaną. W omawianym przykładzie na liczbę 720. Po nastawieniu właściwej liczby nacisnąć PROG. Zaświeci się dioda minuty i wyświetli wcześniej używany czas. Strzałkami zmienić go na właściwy. W omawianym przykładzie na liczbę 180. Po nastawieniu właściwej liczby nacisnąć PROG. Jako numer odcinka powinna pojawić się cyfra 2. Na wyświetlaczu TEMP.ZADANA powinna pojawić się poprzednio używana wartość drugiego zbocza. Przyciskami strzałek należy ją zmienić na pożądaną. W omawianym przykładzie na liczbę 50. Po nastawieniu właściwej liczby nacisnąć PROG. Na wyświetlaczu TEMP.MIERZONA pojawi się wcześniej używana temperatura wytrzymania odcinka 2. Zmienić ją strzałkami na pożądaną. W omawianym przykładzie na liczbę 200. Po nastawieniu właściwej liczby nacisnąć PROG. Zaświeci się dioda minuty i wyświetli wcześniej używany czas. Strzałkami zmienić go na właściwy. W omawianym przykładzie na liczbę 0. Po nastawieniu właściwej liczby nacisnąć PROG. Jako numer odcinka powinna pojawić się cyfra 3. Na wyświetlaczu TEMP.ZADANA powinna pojawić się poprzednio używana wartość drugiego zbocza. Przyciskami strzałek należy ją zmienić na pożądaną. W omawianym przykładzie na liczbę 0. Nacisnąć STOP. Proces nastawiania jest zakończony.

Aby uruchomić grzanie nacisnąć PROG. Jako numer odcinka powinna pojawić się cyfra 1. Powinna świecić się dioda °C/h i narastanie. Nacisnąć START.

Temperatura zadana powinna być równa ostatnio zmierzonej temperaturze obiektu i zwiększać się zgodnie z szybkością zbocza. Powinna świecić się dioda S. Po chwili powinien załączyć się stycznik, zaświecić dioda P, pojawić wskazanie prądu grzałek. Jeśli nie ma prądu upewnić się, czy dobrze podłączono +/- zasilającej grzałki spawarki. Jeśli urządzenie zasilono z transformatora prąd i napięcie będzie wskazywane ~2 razy mniejsze niż przy zasilaniu prądem stałym (mierzona jest wartość średnia z jednopółkowego prostowania) -przeskalować.

Temperatura ma się zwiększać aż do nastawionego wytrzymania. Jeśli odchyłka między mierzoną i zadaną będzie mniejsza niż 5 °C zacnie być odliczany czas. Po upływie nastawionego czasu temperatura będzie obniżać się, aż do 200 °C i regulator wyłączy się.

Proces jest zakończony. Można rozłączać układ.

Wprawny operator jest w stanie przygotować kilka trapezowych charakterystyk – maksimum 3. Zacząć można od dowolnego odcinka – startowy wybiera się klawiszem PROG.

PRZEGLĄDANIE NASTAW

Wielokrotnie naciskając klawisz PROG można odczytać kolejną nastawę każdego odcinka. Nie naciskając żadnego klawisza przez 8 sekund wyświetlacz wyjdzie z trybu przeglądania i powróci do poprzedniego wyświetlania.

W czasie pracy, gdy regulator jest na wytrzymaniu, można zobaczyć pozostały do końca czas wytrzymania naciskając prawą dolną strzałkę. Kolejne naciskanie tego klawisza przełącza między temperaturą a czasem.

Jeśli regulator jest zatrzymany, to na wyświetlaczu TEMP.ZADANA widać napis ...A (jak automatycznie) lub ...r (jak ręcznie).

Zmiana nastaw aktualnego odcinka, w trakcie pracy nie będzie uwzględniona. Przyjmowanie nastaw do realizacji następuje przy rozpoczynaniu każdego odcinka.

Jeśli naciśnięty zostanie klawisz START podczas przeglądania parametrów, regulator zacznie program od tego fragmentu odcinka przyjmując temperaturę zadaną równą mierzonej. Dynamika startowa integratora jest powiązana z nastawioną szybkością zbrocza.

Nie naciskać przycisków dużą siłą. Po wyłączeniu zasilania charakterystyka jest pamiętana. Przy krótkotrwałym (do minuty) zaniku zasilania regulator będzie kontynuował przerwany proces grzewczy.

Aby przeregulowania były małe należy dobrać odpowiednią moc grzewczą (ilość grzałek) do konkretnego obiektu. Ustawienie zbyt dużej wartości powoduje silne przeregulowania, a zbyt małej spowoduje nie osiągnięcie zadanej temperatury. **Niezbędne jest również trwale umocowanie grzanego końca termopary prowadzącej w najcieplejszym miejscu na obiekcie grzanym** (pod grzałką).

Przebieg procesu nagrzewania należy śledzić na rejestratorze lub wyświetlaczu.

Awaria termopary (niedostateczna zgodność temperatury mierzonej z zadaną) jest sygnalizowana napisem „AtEr” na wyświetlaczu temperatury zadanej oraz powoduje wyłączenie grzania. Klawiszem STOP kasuje się sygnalizację w/w alarmu. Algorytm ten jest dość rozbudowany, analizuje różne przypadki, dlatego całkowita startowa przerwa w obwodzie termopary zostaje wykryta dopiero po wielu minutach.

Aby pomiar temperatury obiektu był dokładny należy używać sprawdzonych termopar NiCr-Ni. Termopary muszą być skutecznie złączone z obiektem grzanym (przyspawane, zgrzane lub dokręcone). **Połączenia termopar z urządzeniem muszą być wykonane przewodem kompensacyjnym dla termopar NiCr-Ni** najlepiej za pomocą specjalnej listwy zaciskowej dla termopar. **Nie zamieniać dodatniego i ujemnego przewodu.** Odwrotne podłączenie przewodu kompensacyjnego spowoduje spadek wskazań temperatury o podwójną wielkość różnicy pomiędzy temperaturą "zimnego" końca termopary, a temperaturą obudowy urządzenia - czyli kilka do kilkuset stopni Celsjusza! Kabel ten musi być mieć rezystancję mniejszą od 0.1% rezystancji wejściowej rejestratora i regulatora ($R_{kabela} < 100\Omega$). Niedopuszczalne jest tu stosowanie innych kabli np: miedzianych! **Kable prowadzić z dala od źródeł zakłóceń (silnych pól elektromagnetycznych)!**

KALIBRACJA REGULATORA TEMPERATURY P100

Kalibrację powinien przeprowadzać **elektronik**, o ile odchyłka pomiaru jest większa niż 5°C

ZABRANIA SIĘ PRZEPROWADZANIA PROCEDURY KALIBRACJI
OSOBOM bez wystarczającej **WIEDZY ELEKTRONICZNEJ I METROLOGICZNEJ**, albo
 bez niezbędnych narzędzi **L**
 Bezmyślna „zabawa” klawiszami spowoduje przestawienie regulatora uniemożliwiające jego użycie.
Zanim pomacasz zastanów się, co się zrobisz jak zepsujesz L

Kalibracja temperatur

Jest dwupunktowa. Jeśli odchyłka mniejsza niż 3°C nie kalibrować.
 realizować w nagrzanym urządzeniu - co najmniej pół godziny od załączenia
 przed nastawianiem podłączyć kalibrator i sprawdzić czy wskazanie nie zmieniło się w ciągu
 minuty
 nacisnąć jednocześnie STOP (najpierw) i PROGRAM i > (strzałka do góry) dla kanału1 lub
 <(strzałka w dół) dla kanału2
 pojawi się napis CAL na woltomierzu ,ter1 {ter2} na cyferblacie TEMP.ZADANA., numer
 procedury na setkach amperomierza
 wyjście z kalibracji przyciskiem STOP
 prawymi przyciskami < ; > zmienia się nastawy
 wykonuje się kolejno, zaczyna od poprzednich zapamiętanych nastaw
 pojawi się 0 na setkach amperomierza (rozruch - ostatni moment na wyjście z procedury bez zmian)
 nacisnąć strzałkę
 nacisnąć PROG
 pojawi się 1 na setkach amperomierza
 pojawi się napis tot na woltomierzu
 pojawi się temperatura otoczenia na cyferblacie TEMP.ZADANA
 temperatura otoczenia (złącza termopar) pokazywana jest z częścią ułamkową. Po kropce to
 licznik o mianowniku 8. (po 7 jest 0)
 temperatura mierzona pokazywana jest z częścią ułamkową. Po kropce to licznik o
 mianowniku 8. (po 7 jest 0). Tysiące pojawiają się na jednostkach amperomierza.
 (jest ominięte pierwsze uśrednianie – wartości zmieniają się 256 razy szybciej)
 ustawienie zera wzmacniacza termopary 1
 przy odłączonych wtyczkach termoparowych (i innych urządzeniach takich jak rejestrator)
 strzałkami nastawić mierzona równą otoczeniu.
 Jeśli nie można odłączyć wszystkich, nastawić kalibratorem znaną, zadaną, niską temperaturę.
 akceptacja klawiszem PROG
 pojawi się 2 na setkach amperomierza
 sprawdzenie z kalibratorem
 podłączyć wtyczkę z kalibratora do kanału 1
 kalibrator wygrzany z aktywnym dodawaniem temperatury swojego otoczenia
 nastawić na kalibratorze 1000°C
 ustawić tę temperaturę klawiszami <>
 nastawić na kalibratorze 0°C
 sprawdzić tę temperaturę, skorygować klawiszami <>
 sprawdzić, powtórzyć dla innych temperatur
 akceptacja klawiszem PROGRAM
 pojawi się 3 na setkach amperomierza
 na dziesiątkach amperomierza pojawi się P{przełącznik} lub C{ciągłe} -określa to rodzaj
 wyjścia -tu zmienić nie można
 akceptacja klawiszem STOP lub PROG - nowe nastawy zostaną zapisane w EEPROM
 dla wzmacniacza termopary 2 procedura jest identyczna z wyjątkiem możliwości zmiany P/C
 w ostatnim stadium
 pojawi się 3 na setkach amperomierza

na dziesiątkach amperomierza pojawi się P {przełącznik} lub C {ciągłe} -określa to rodzaj wyjścia

zmienić P/C można prawymi klawiszami <,>

akceptacja klawiszem STOP lub PROG - nowe nastawy zostaną zapisane w EEPROM

Proces zmian nastaw kalibracyjnych temperatur jest zakończony.

CHARAKTERYSTYKA CZUJNIKÓW TEMPERATURY Termopara typu K

t[°C]	{U _{odn} =0°C} U _{NiCr-Ni} [mV]
0	0.0
20	0.8
40	1.61
60	2.43
80	3.26
100	4.10
200	8.137
300	12.21
400	16.395
500	20.64
600	24.90
700	29.128
800	33.277
900	37.325
1000	41.269

Kalibracja woltomierza

wybiera się jednocześnie naciskając klawisze RĘCZNIE, strzałka > górna prawej strony, START

Aby skalibrować woltomierz ustawić wcześniej maksymalne napięcie. Może być bez obciążenia

na wyświetlaczu A pojawi się napis CAL, diody przy R, A zgasną.

puścić klawisze

strzałkami (lewej strony- NAPIĘCIE) ustawić taką wartość jak zmierzona zewnętrznym przyrządem

Zakończenie kalibracji: nacisnąć klawisz AUTOMAT

Kalibracja amperomierza

wybiera się jednocześnie naciskając klawisze RĘCZNIE, strzałka < dolna prawej strony, START

Aby skalibrować amperomierz ustawić wcześniej maksymalny prąd (200A). Może być przy niskim napięciu i więcej niż 4 grzałkach.

na wyświetlaczu V pojawi się napis CAL, diody przy R, A zgasną.

puścić klawisze

strzałkami (lewej strony- NAPIĘCIE) ustawić taką wartość jak zmierzona zewnętrznym przyrządem

Zakończenie kalibracji: nacisnąć klawisz AUTOMAT

Przy zasilaniu prądem stałym i przemiennym 50Hz wskazania woltomierza i amperomierza znacznie się różnią. Mierzona jest wartość średnia jednopółkowo prostowana. ~2 razy większe wskazania przy prądzie stałym.

REJESTRATOR

W urządzeniach producent stosuje różne typy rejestratorów np: KR5A. W każdym przypadku dołączana jest fabryczna instrukcja obsługi rejestratora. Należy się z nią zapoznać i do niej stosować. Generalnie należy pamiętać, że są to urządzenia delikatne, wrażliwe na wstrząsy, wysoką temperaturę i zapylenie. Okresowo należy je kontrolować, czyścić, wymieniać papier, tasiemki atramentowe, pisaki. Jeśli rejestrator ma aretowanie wskazówki to koniecznie przed transportem urządzenia należy go zaaretować!

Jeśli jest zabudowany rejestrator z dyskretnym wykrywaniem braku termopary prądem stałym (np. KE91), to **niezbędne jest wyłączenie** tegoż układu w rejestratorze.

W niektórych rejestratorach brak termopary powoduje ustawienie wskazówki w maksymalnym położeniu. Na wejście termoparowe jest podawany ciągle znikomy prąd stały. Tak jest np. w KR5A, PHA. Powoduje to, że bez termopary wskazywana jest jakaś temperatura wynikająca z owego prądu i rezystancji wejściowej regulatora.

Prosimy zauważyć, że nadrukowane na papierze kreski zwykle nie pokrywają się skalą rejestratora.

USUWANIE NAJPROSTSZYCH USTEREK URZĄDZEŃ U1

W okresie gwarancyjnym (bez utraty gwarancji) wolno jedynie dokonywać wymiany przepalonych bezpieczników, czyszczenia lub wymiany styków styczników, przekaźników i zewnętrznych listew zaciskowych. Czynności te powinien wykonywać elektryk po odłączeniu urządzenia od zasilania. Dopuszczalna jest także reperacja osprzętu tj. kabli, mat itp.

Jeśli zauważyłeś, że urządzenia nie umie dogrzezać do zadanej temperatury wytrzymania (np: „nagrzął do 600 i dalej nie idzie”) masz zbyt małą moc grzałek, złą izolację termiczną, niepożądane chłodzenie, zły pomiar temperatur (np. uszkodziła się izolacja termopary), zbyt szybkie nastawy. Problem jest poza urządzeniem.

Jeśli jesteś pewien, że wystąpił problem z regulatorem temperatury, bo np. spawacz upalił termoparę, było przepięcie w sieci zasilającej, zanim wezwiesz serwis, upewnij się, że napięcie zasilania z sieci jest właściwe, wyłącz urządzenie na co najmniej kwadrans, by bezpieczniki ostygły i sprawdź ponownie czy nadal nie działa.

Niektóre usterki regulatora są sygnalizowane napisami na wyświetlaczach. Prosimy zaobserwować, czy zamiast cyfr pojawiają się znaki zbliżone do liter: *udt*, *U*, *u*, *u*, *UArt*, *EEP*, czy mruga dioda *K*. *udt* to zadziałanie WDT (watchdog) – samo zniknie. *UArt* i wszystkie „*U* podobne” sygnalizują problemy z komunikacją między procesorami – możliwe, że tylko poluzował się mikroprocesor w podstawce. *EEP* to problemy z EEPROM. Jeśli samo nie ustąpi po godzinie zasilania (samoczynne przesuwanie zakresu zapisu do jeszcze sprawnych komórek) to regulator jest do wyrzucenia (a przynajmniej jego mikroprocesory mają uszkodzony EEPROM). Mrugające czasami kropki przy ostatnich cyfrach są sygnalizacją prawidłowej pracy – pozostałość procedur testowych – będą usunięte.

Zanim odstawisz urządzenie do naprawy przygotuj na kartce papieru (przyklep ją do urządzenia) możliwie obszerną informację o ustercie, o warunkach jej występowania.

Usterki występujące sporadycznie są niemożliwe do usunięcia. Nie da się naprawić na podstawie hasła „nie działa”, bo np. raz na kilka obróbek cieplnych wykonało się coś źle, gdy pozostałe użycia są akceptowalne. Nie da się naprawić usterki, której przyczyny są poza urządzeniem, np. powodowanej zmianą napięcia zasilania w sieci z powodu załączania ogromnych silników.

OSTRZEŻENIA DLA POCZĄTKUJĄCYCH WYŻARZACZY

Proces obróbki cieplnej jest czasochłonny, ryzykowny i kosztowny. Sprzęt zawodzi, znika, płonie w najmniej oczekiwanych momentach. Wyżarzacz nie powinien pozostawiać sprzętu bez ciągłego dozoru. Mimo starań producentów sprzęt do wyżarzania nie jest doskonały. Niektórzy nadzorcy mają zbyt duże wymagania.

Grzałki są łatwe do zniszczenia. Nie wolno ich szarpać, nadmiernie zginać, ani przenosić trzymając jedynie za doprowadzenie. Nie wolno nimi rzucać, ani przygniatać dużymi ciężarami. Nie wolno ich studzić polewaniem wody. Do obiektu grzanego muszą dobrze przylegać, by

odbierał od nich ciepło. Obiekt grzany musi być wolny od smarów, grafitu, wiórow metalu. Grzałek nie wolno zawijać w dwie warstwy – jeśli się nie mieszczą, nadmiarowy fragment zostawić odsłonięty, by się studził otaczającym powietrzem. Nie wolno nakładać izolacji na „zimne doprowadzenia” (więcej niż 30 cm doprowadzenia od wtyczki musi być chłodzone otaczającym powietrzem). Do mocowania grzałek nie stosować cienkiego drutu, który może zewrzeć przewód grzejny. Stosować taśmy stalowe żaroodporne o szerokości 10...20mm i grubości około 0,5mm.

Żywotność prawidłowo używanych grzałek, na skutek utleniania materiału przewodu oporowego, oceniamy na jeden proces grzania do temperatur 1000°C, pięć procesów grzania do temperatur 800 °C, sto procesów grzania do temperatur 700°C. Po takiej eksploatacji używać wyłącznie do mało odpowiedzialnego podgrzewania do spawania, do czasu aż się zniszczą, po czym wyrzucić. Termopary są produkowane w wielu rodzajach. Dla potrzeb obróbki cieplnej metali stosuje się termopary drutowe typu K w izolacji szklanej lub krzemowej. Najczęściej są stosowane termopary klasy 1 (special limit) – dopuszczalny błąd 0,4% wielkości mierzonej, nie mniej niż 1,1 °C lub klasy 2 (standard limit) – dopuszczalny błąd 0,75% wielkości mierzonej, nie mniej niż 2,2 °C, w izolacji z ulepszanego chemicznie szkła. Taka izolacja wytrzymuje około 700°C. Zwykle szkło wytrzymuje około 500°C. Stosuje się zwykle termopary o grubości żył 0,5mm 0,64mm 0,8mm 1mm. Im wyższa temperatura tym należy stosować grubsze. Dla temperatur rzędu 750°C zalecamy używać termopar 0,8mm. Korzystnie jest odciąć ze szpulki kilku metrowy kawałek i po każdej obróbce cieplnej odcinać przegrzany kilkudziesięciocentymetrowy koniec, resztę używając ponownie. Termopara K daje znikome napięcie – około 40 mikrowoltów na stopień Celsjusza i bardzo łatwo ten słaby sygnał zakłócić. Zwracać uwagę na prądy błądzące przy podgrzewaniu do spawania. Końcówki pomiarowe należy zgrzewać do obiektu grzanego osobno w odległości kilku mm. Nie stosować wciśniętej skrętki, bo będzie mierzyć nie to co trzeba. Zwykle temperatura drutu oporowego w grzałce jest o około 200°C wyższa niż jej powierzchni. Termoparę mocować kitem do termopar, by się nie wyrwała np. przy kopnięciu w przewód. Termopara regulacyjna powinna być pod grzałkami (w najcieplejszym miejscu), najczęściej blisko spoiny spawalniczej. Dla odpowiedzialnych wyżarów zamontować więcej termopar, by można ich było użyć, gdy główna odpadnie.

Przewód kompensacyjny łączący termoparę z urządzeniem do wyżarzania stosuje ze względu na jego większą wytrzymałość mechaniczną niż izolacja termopar. Jest on wielokrotnego użytku. Należy się z nim obchodzić delikatnie. Przewody te są robione z metali o podobnych charakterystykach termoelektrycznych do termopar. *Mają dużą rezystancję i nie nadają się na przedłużacze do zasilania żarówek czy czajników J*. Zwykle stosuje się przewody kompensacyjne o przekroju żył 0,5 mm² do 2,5mm². Im dłuższy, tym musi być grubszy. Dodatni biegun kabla łączyć z dodatnim biegunem termopary. Napięcia termoelektryczne termopary i kabla muszą się dodawać. Przewody kompensacyjne wykonuje się w klasie 2 (standard) – dodatkowy dopuszczalny błąd 2,2 °C lub w klasie 3 (extended) – dodatkowy dopuszczalny błąd nieokreślony. **Różni producenci stosują różne kolory biegunów. Najczęściej spotykane obecnie w Polsce są biało(-) zielone(+) (norma DIN) lub czerwono(-) żółte(+) (norma ANSI). Barwnik powyżej 200 °C zanika - izolacja termopary jest biała.**

Dla nieznanego kabli i termopar wykrycie dodatniego i ujemnego bieguna można zrobić następującym testem - osobno dla przewodu kompensacyjnego oraz termoparowego. Otwarte końce podłączyć do gniazda termoparowego, a zwarty koniec podgrzać np: zapalniczką. Prawidłowe podłączenie spowoduje wzrost wskazywanej temperatury przez rejestrator lub regulator, odwrotnie - spadek wskazywanej temperatury. Nie stosować metody wykrywania magnesem - jest ona niepewna.

Regulator temperatury jak każde urządzenie mikroprocesorowe, mimo mnóstwa zabezpieczeń może „zglupieć” lub uszkodzić się. Należy go obserwować i w krytycznych momentach uruchamiać ponownie.

Warto mieć świadomość od czego zależy dokładność regulacji temperatur w procesach wyżarzania. Składa się na nią błąd czujnika temperatury, nierównomierność rozkładu temperatur w obiekcie grzanym, właściwości regulatora temperatury.

Do procesów wyżarzania stosuje się zgrzane do obiektu chromoniklowe termopary drutowe. (każdy inna, znana obecnie, odmiana czujnika może być tylko gorsza). Skład stopu metali w termoparze ma wpływ na wytwarzane przez nią napięcie i jego zgodność z normami. Normy powstały w oparciu o wieloletnie uśrednione doświadczenia producentów. Najbardziej zgodne z normą fragmenty przerobionego na drut stopu wybiera się na najdokładniejsze, najdroższe wzorcowe termopary, tzw. etalony. Norma określa sposób wykonania styku (w stopionej kulce końcówki dodatkiego przewodu ma być wtopiony ujemny) –jest on niepodobny do stosowanego w procesach wyżarzania. To, co się nie nadawało na etalony jest używane w gorszych termoparach. Do dokładnych procesów wyżarzania stosuje się termopary klasy 1. Przy temperaturze 730 °C sam materiał żył ma prawo wprowadzić błąd ± 3 °C. Tańsza, termopara klasy 2, przy temperaturze 700 °C ma prawo mylić się o ± 5 °C. Jeśli użyto przewodu kompensacyjnego dochodzi następne ± 2 °C. Zgrzew termopary z podłożem stalowym (niejednorodny stop różnych substancji) da różne napięcia termoelektryczne dla każdej żyły – są one całkowicie nieokreślone i przy małych zgrzeinach zależne od miejsca trafienia. Dla zmniejszenia tego problemu sugerujemy zgrzewać termoparę do podłoża na płasko na długości co najmniej 2mm, a nie na sztorc. Sugerujemy także, przy wymaganych dużych dokładnościach nie stosować kabla kompensacyjnego, a termoparę wprost wkręcić do wtyczki. Następne miejsce błędu to podłączenie od wtyczki termoparowej do wejścia przetwornika pomiarowego w regulatorze. Tu błąd zależy od różnicy temperatur między czujnikiem temperatury „zimnego końca”, a obudową urządzenia. Dodatkowy błąd rzędu ± 1 °C wprowadza czujnik temperatury otoczenia w regulatorze. Każde łączenie różnych metali po drodze (kostki zaciskowe, wtyczki, zaciski śrubowe, złącza) wytwarza dodatkowe napięcia termoelektryczne fałszujące pomiar. W kostkach zaciskowych termoparę z przewodem kompensacyjnym wkładać „na przetrzał”, tak by śrubki zginały ze sobą metal termopary i kabla, a metal kostki i śrubek nie brał udziału w przewodzeniu prądu termoelektrycznego. Jak łatwo zauważyć tak przygotowany do pracy czujnik temperatury (termopara od zgrzewu do przetwornika pomiarowego) ma niepewność pomiaru ponad ± 5 °C i nie ma jak jej obniżyć w warunkach przemysłowych dla urządzeń ruchomych. Różne temperatury na obiekcie grzanym, zależą od nagrzewania i chłodzenia w danym miejscu – są całkowicie nieprzewidywalne (jeśli myślimy o błędach poniżej ± 5 °C).

Sugerujemy przygotować kilka czujników i wybierać egzemplarz dający średnią temperaturę. Skorodowane przewody kompensacyjne wyrzucać – często jedna żyła jest z żelaza.

Współczesny regulator temperatury zwykle mierzy temperaturę z dokładnością lepszą od ± 1 °C po kalibracji. Pełna kalibracja jest niemożliwa do przeprowadzania przez wyżarzacza – nie ma on żadnej możliwości badania wpływu temperatury otoczenia na pomiar. Termopara jest nieliniowa i zaprogramowany korektor charakterystyki temperatura-napięcie może nie trafiać we właściwe miejsce. Wyżarzacz ma jednak obowiązek sprawdzać błędy pomiaru przed wyżarzaniem i uwzględnić je w nastawach. Ma obowiązek przewidzieć jak zmieni się temperatura urządzenia w czasie pracy. Wyżarzacz ma być wyposażony w okresowo legalizowany kalibrator temperatury. Na błędny pomiar wpływ mają różnorakie zakłócenia.

Kolejnym problemem jest algorytm regulacji. Standardowy algorytm PID po doborze optymalnych nastaw ma przerzut rzędu 3% wartości . Dla 700 °C stanowi to 20 °C. Jeśli nastawy nie są optymalne, a w procesach ruchomych zwykle nie mogą być, bo nie ma możliwości wcześniejszego badania dynamiki obiektu, przeregulowania mogą być większe.

Przeregulowania na wytrzymaniu zmniejsza się łągodząc końcówkę podjazdu.

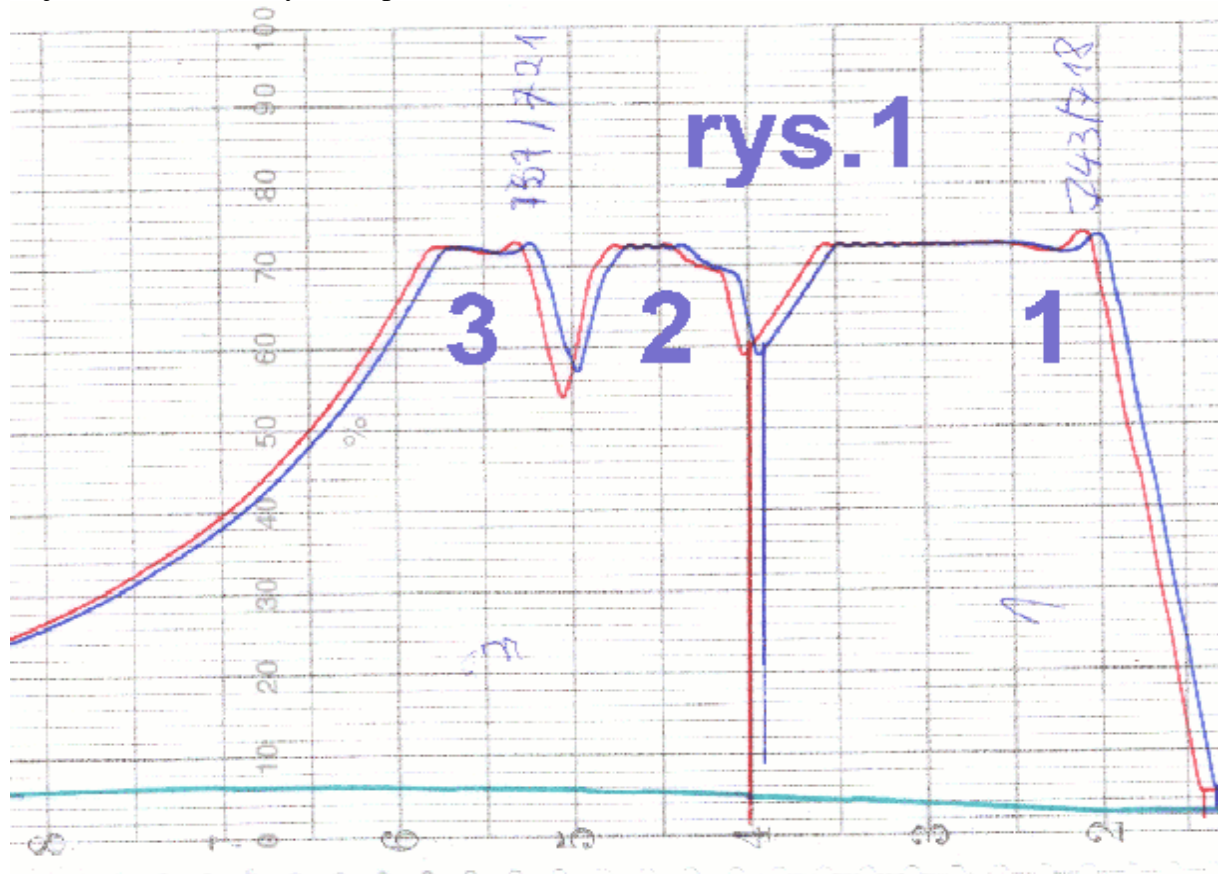
Należy zwrócić uwagę na czas wytrzymania, szczególnie dla krótkich czasów. Przejście zbocza nie jest ostre jak w trapezie. Przy hamowanej stromości wejścia na wytrzymanie do wartości 20 °C/h na przejście -5 °C do +5 °C potrzeba pół godziny. Zachodzą sprzeczne wymagania: możliwe szybkie wejście na wytrzymanie wymaga dużej mocy, możliwie małe późniejsze

przeregulowanie wymaga małej mocy. W dokładnych stacjonarnych piecach stosuje się wymuszone chłodzenie wentylatorami, czego przy wyżarzaniu maszynami ruchomymi nie ma. Na wykresie 100mm rejestratora 5°C to pół milimetra. Regulator P100 odlicza czas po narastaniu po przekroczeniu przez temperaturę mierzoną wartości o 5 °C niższej niż temperatura wytrzymania, oraz odlicza czas przy opadaniu po osiągnięciu przez temperaturę mierzoną wartości o 10 °C wyższej niż temperatura wytrzymania. Na te temperatury mogą mieć wpływ zakłócenia, co spowoduje wcześniejsze odliczanie.

Regulator P100 ma wiele rodzajów korekcji parametrów „w locie” bazujących na naszych doświadczeniach z przeszłości. Czasami mogą one jednak dać efekt inny od spodziewanego, znanego z innych regulatorów. Wyżarzacz musi być w pobliżu i reagować. Regulator ma problem z dostarczaniem małych (poniżej 5% maksymalnej) mocy. Jeśli występuje znaczna nadwyżka temperatury mierzonej, a regulator rzadko się włącza, zmniejszyć kilkakrotnie napięcie zasilania grzałek lub zdjąć część izolacji termicznej.

Poniżej pokazano testowy wykres temperatur podczas szybkiego grzania krótkiego kawałka odpadowej calowej rurki. Takie technologie są obecnie czasami stosowane przy montażu kotłów energetycznych. Pozwalają one skrócić czas montażu. Dla testu wydłużono czas wytrzymania ponad zwyczajowy. Na rurce zgrzano dwie termopary, założono jedną grzałkę i 25mm warstwę włókniny izolacyjnej.

Rejestrator KR5A, szybkość posuwu 20mm/h zakres 0-1000 °C.



Celem testu było sprawdzenie zachowania urządzenia, sprawdzenie jakości regulacji. Zrobiono 3 testy minimalizacji przeregulowań.

Nastawy dla 1 kawałka: narastanie 1000°C/h, temperatura 730°C, czas 90 minut, opad naturalny. Sugerujemy zwrócić uwagę na kształt zbocza narastającego (jest prawie linią prostą).

W czasie regulacji zmieniała się termopara prowadząca, różnic temperatur między nimi na rejestratorze nie widać. Proces gładko wszedł na wytrzymanie przy temperaturze 725 °C z termopary 1 i zaczął odliczać czas. Maksymalna temperatura przerzutu wyniosła 743 °C,

minimalna 718 °C (odchyłka +13 °C , -12 °C jest akceptowalna dla wyżarzania większości gatunków stali). Po pół godzinie temperatura ustabilizowała się oscylując do końca wytrzymania, w zakresie 727°C a 731°C. Zapotrzebowanie mocy pod koniec wytrzymania było około ćwierci maksymalnego.

Studzenie naturalne okazało się bardzo wolne – początkowe tylko około 300 °C/h.

Zwracamy uwagę, że są to najszybsze spotykane procesy wyżarzania. Najazd 0,7h wytrzymanie ~0,2h. Opad do 300 °C trwa ~2h. Razem 3h. Później trzeba jeszcze godziny czekać, aż grzałki ostygną na tyle, by dało się je zdjąć. Najczęściej wyżarzanie trwa kilkanaście godzin, niekiedy kilka dni – potrzeba kilku wyżarzaczy do jednego urządzenia. Ostrzegamy, że ciepłe grzałki są kruche – nie szarpać, nie poparzyć się, ani nie spowodować pożaru. Włóknina izolacyjna może być toksyczna – nie wdychać jej kurzu.

Jeśli technologia grzania nie dopuszcza przeregulowania ± 13 °C, można świadomie spowolnić dojście do wytrzymania.

Na drugim kawałku wykresu pokazano ponowne grzanie tego obiektu z nastawami:

Odcinek 1: 1000 °C/h, 710 °C, 0min oraz odcinek 2: 200 °C/h, 730 °C, 20min. Studzenie naturalne.

Drugi powolny odcinek ostatnich 20 °C, by zmniejszyć przeregulowanie kosztem czasu dojścia.

Moment załączenia grzania oznaczono na wykresie zwierając termoparę 1, 2 – te kreski w dół na wykresie.

Maksymalna temperatura przerzutu wyniosła 733 °C, minimalna 727 °C.

Aby szybciej wykonać 3 test zdjęto po wyłączeniu izolację, by przyspieszyć stygnięcie do 600°C.

Na trzecim kawałku wykresu pokazano ponowne grzanie tego obiektu z nastawami:

Odcinek 1: 1000 °C/h, 720 °C, 0min oraz odcinek 2: 1000 °C/h, 730 °C, 30min. Studzenie naturalne.

Drugi szybki odcinek ostatnich 10 °C, by zmniejszyć przeregulowanie kosztem czasu dojścia. Maksymalna temperatura przerzutu wyniosła 737 °C, minimalna 721 °C.

Później obserwowano na cyferblacie oscylacje w zakresie 728°C do 732 °C.

Czasami korzystnie będzie wstawić kilka hamujących „zerowych” odcinków wytrzymania przed wytrzymaniem. Stromości wybierać około 3 razy wolniejsze (2..5 razy wolniej od podstawowej) Po to ten regulator jest 8 odcinkowy.

Ekstremalnie, teoretycznie, można doprowadzić do braku odcinka wytrzymania i „zrobić” go z boczem

Zakładając, że dopuszczalna odchyłka jest ± 5 °C, a wytrzymanie ma być np. pół godziny, przejście od -5 °C do $+5$ °C w pół godziny czyli z szybkością 20 °C/h. Minimum da się nastawić 1 °C/h. Teoretycznie da się tak ustawić przejście odchyłki -1 °C do 0 °C w godzinę. Przeregulowania pozostaną. Szybkich obiektów wolny regulator nie ustabilizuje. Czas tej operacji nie będzie zgodny z teorią – pamiętać należy o momentach oczekiwania na zrównanie temperatur przy zmianach odcinka.

Pokazujemy, te przykłady, bo wyżarzacz musi w konkretnych warunkach podjąć decyzję o nastawach regulatora, na podstawie zleconej technologii obróbki cieplnej i jej wymagań. Warto, by szczegóły z nadzorem były ustalone przed wyżarzaniem. Nie będzie drugiej próby – musi się udać za pierwszym razem.

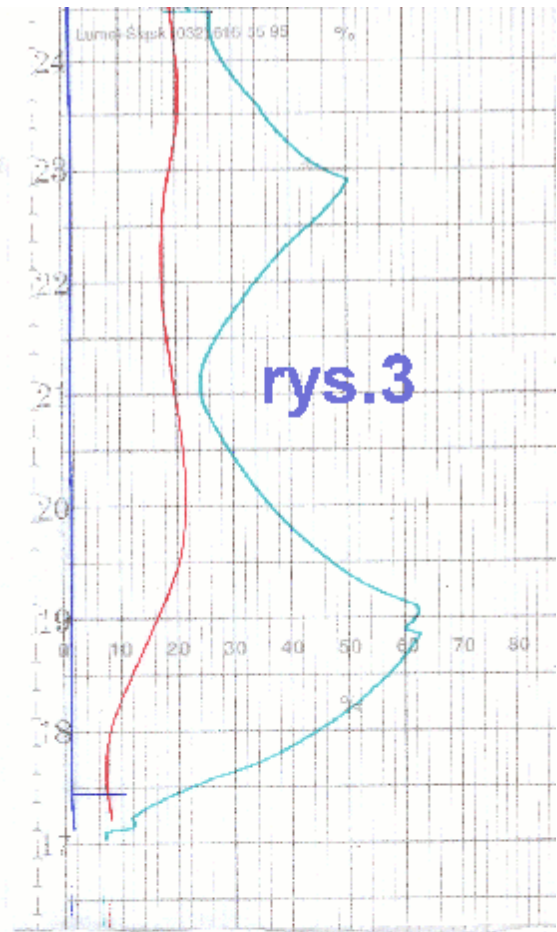
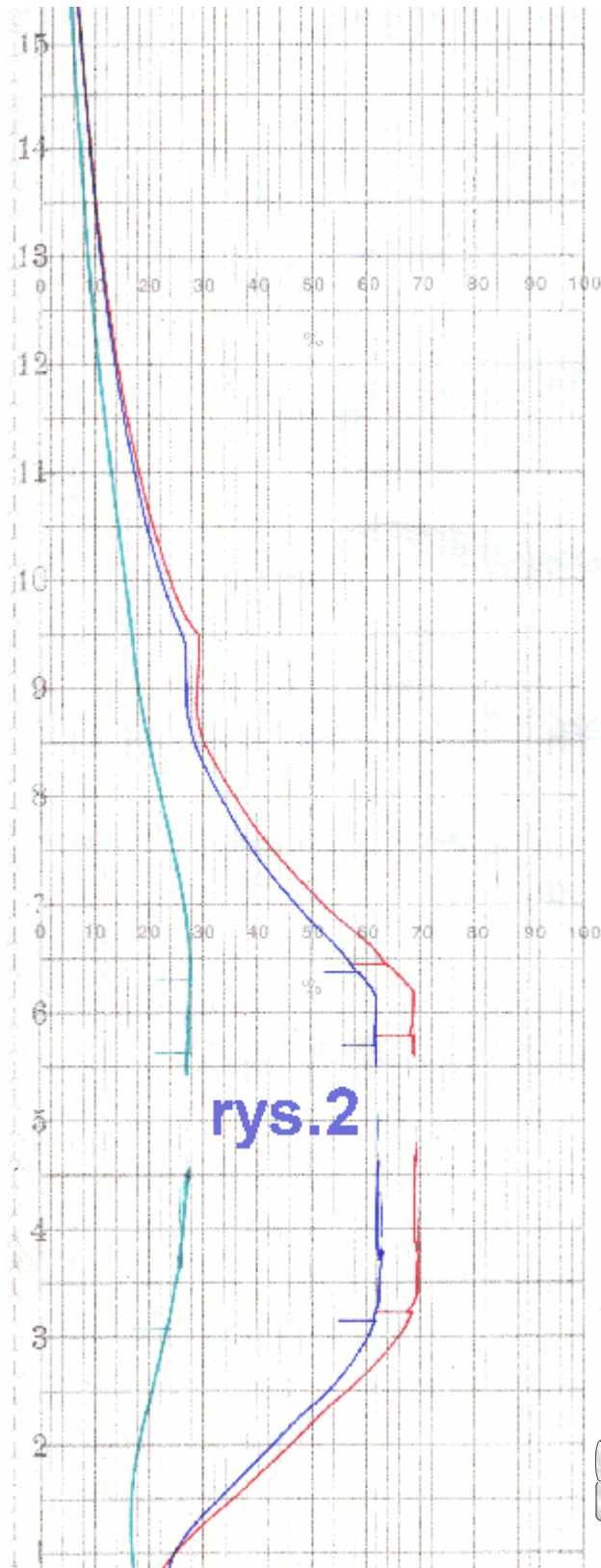
Trening na odpadowym , podobnym kawałku stali warto **zrobić wcześniej**.

Zwrócić uwagę, gdy spoina na cienkiej rurce jest blisko ogromnej masy stali, aby jej nie spalić. Ogromna masa stali będzie silnie odbierać ciepło i ją trzeba głównie podgrzewać do najwyższej, nieszkodliwej temperatury. Jeśli na wykresie widać szybsze ruchy pisaków, niż w tym przykładzie, nie pochodzą one od zmian temperatury, a od jakiś zakłóceń.

Tym którzy rejestrator widzą pierwszy raz w życiu, sugerujemy przyjrzeć się zapisowi na papierze względem znacznika czasu – jest od prawej do lewej.

Uczulamy, że papier w rejestratorach jest wrażliwy na wilgoć. Drzwiczki powinny być zamknięte.

Poniżej pokazano przykładowe, felerne wykresy obróbki cieplnej z komentarzem. Prosimy się przyjrzeć i zastanowić przed przystąpieniem do grzania, co zrobić, jeśli podobne problemy wystąpią i jak zareaguje na straty zleceniodawca.



Zostały one wykonane podczas testów laboratoryjnych na kawałku blachy stalowej grubości 20mm, szerokości 190mm, długości 1m. Na środku była zgrzana termopara drutowa typu KK20-HG-TW. W odległościach około 35cm od niej były dwie identyczne termopary, zgrzane do dodatkowego małego kawałka cienkiej blachy (50x16x0,5mm) i dociśnięte grzałkami P-13-08. Zasilana była grzałka środkowa i lewa. Izolację stanowiła 5 cm warstwa włókniny glinokrzemianowej z góry i z dołu. Zasilano grzałkę lewą i środkową napięciem 60V, co symulowało uszkodzenie jednej grzałki.



Wykres rys.3 pokazuje grzanie gdy prowadząca była termopara prawa (kanał1-czerwony). Była ona poza obrysem grzanej grzałki (nie była bezpośrednio nagrzewana). Brzeg zasilanej grzałki był około 20cm od tej termopary. Aby nie wystąpiło przełączenie na termoparę 2 zwarto kanał drugi (niebieski) -wskazuje on temperaturą obudowy U1. Kanał 3 (zielony) to termopara lewa. Nastawiono na regulatorze: zbocze narastające 60 °C/h, wytrzymanie w temperaturze 200 °C przez 4 godziny.

Jak widać na wykresie temperatura pod grzałką jest znacznie wyższa (przekroczyła 600 °C) niż obok niej. Regulator ma problem z ustabilizowaniem temperatury. Występuje pół godzinne opóźnienie reakcji na grzanie. W czasie wytrzymania temperatura zmieniała się w zakresie 180 °C do 225 °C z okresem oscylacji prawie 4 godziny.

Zwracamy na to uwagę, bo tak niektórzy (źle) realizują podgrzewanie do spawania.

Co może zrobić operator, by poprawić jakość regulacji , jeśli będzie musiał takie grzanie realizować celowo i świadomie? Może na wytrzymaniu przejść w tryb ręczny, albo w trybie automatycznym ustawić małą stromość zbocza realizowanego odcinka wytrzymania. Tutaj dynamika obiektu była około 20 °C/h. Zmiana nastawy z 60 °C/h na 20 °C/h spowolni regulator. Można to zrobić w trakcie pracy na wytrzymaniu, nie naciskając klawisza STOP, wybrać wytrzymanie i odpowiedni brakujący czas i nacisnąć START. *Podczas testów ten obiekt ustabilizował się $\pm 1^{\circ}\text{C}$ po 9 godzinach przy stromości zbocza 30 °C/h. Temperatura pod lewą grzałką $\sim 615^{\circ}\text{C}$.*

Wykres rys.2 pokazuje grzanie, gdy prowadząca była termopara lewa (kanał 1). Termopara środkowa była podłączona do kanału 2, termopara prawa była podłączona do kanału 3.

Nastawiono na regulatorze: zbocze narastające 200 °C/h, wytrzymanie w temperaturze 690°C przez 2 godziny, opad 200 °C/h do temperatury 300 °C, wytrzymanie godzinę i wyłączenie.

Realizowano go po przerwaniu poprzedniego grzania, obiekt nie wystygł.

Jak widać na wykresie temperatura zgrzanej do podłoża termopary środkowej (kanał 2) jest niższa niż termopary lewej (kanał 1) umieszczonej na dodatkowej blaszce (podobnie zachowałyby się skrzętka).

Koniec podjazdu jest wolniejszy, bo moc grzałek była zbyt mała na utrzymanie zadanej szybkości.

Po osiągnięciu temperatury 685°C regulator rozpoczął wytrzymanie. Zasympulowano awarię zasilania – wyłączono urządzenie na minutę. Po ponownym załączeniu regulator samoczynnie kontynuował pracę. Zauważono, że w czasie minuty bez zasilania temperatura spadła o 6 °C. Kilku milimetrowa kreska w lewo to efekt rozruchu rejestratora KR5A. Należy zauważyć, że pisaki są przesunięte w przestrzeni i dają przesunięte ślady na papierze. Maksymalne przeregulowanie było 5°C. Temperatura doszła do 695°C. Widoczne pół godziny później zgrubienie i przeskok w lewo, to efekt poprawienia transportera papieru. Pół godziny później znowu wyjęto transporter, bo papier nadal spadał z ząbków, naciągnięto go – widać to jako przerwę w wykresie. Regulator stabilizował temperaturę w zakresie 689 °C do 691 °C. 20 minut przed końcem wytrzymania znowu zasympulowano awarię zasilania – wyłączono na 1 minutę. Regulator podjął automatycznie pracę. Bez zasilania temperatura spadła o 6°C. Podobnie uczyniono później na zboczu opadanie.

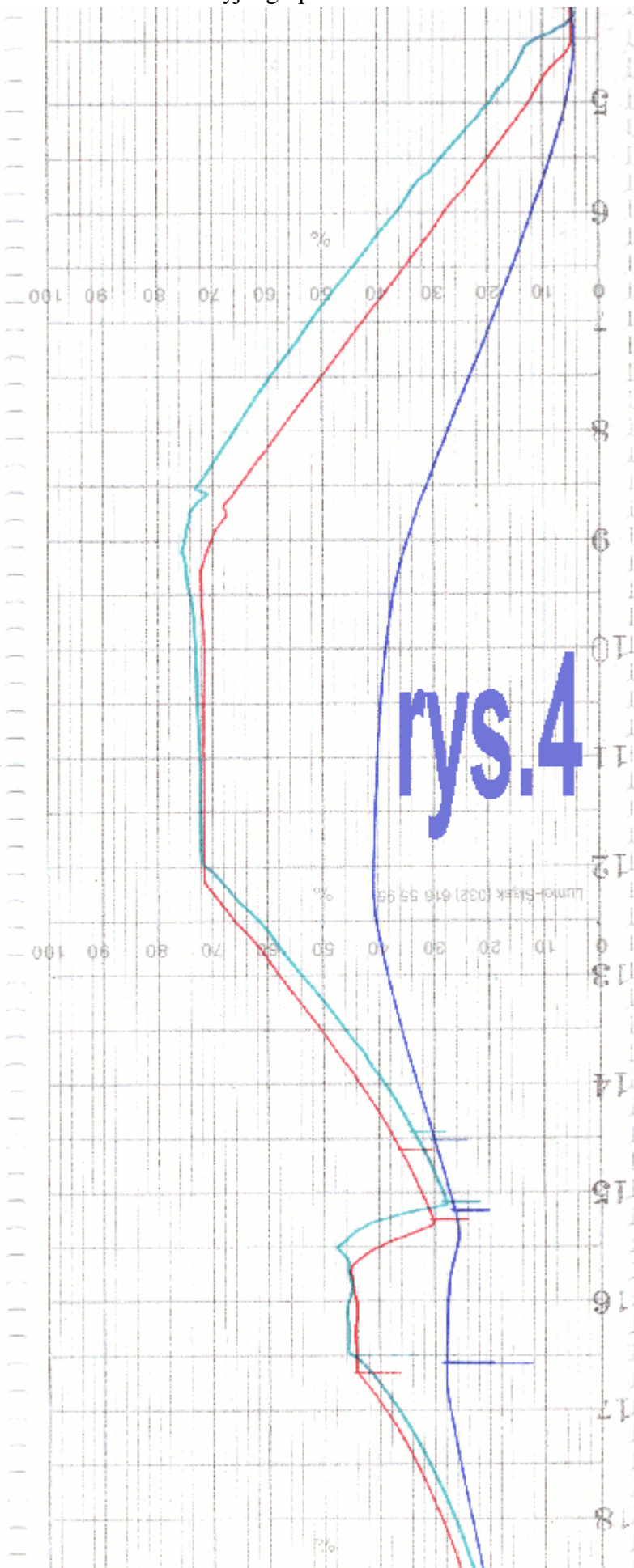
Zwracamy na to uwagę, bo problemy z zasilaniem, spalaniem grzałek lub źródła energii nie są rzadkie. Papier w rejestratorach czasami się zacina. Prosimy zauważyć, że temperatura zmienia się powoli. Szybkie zmiany na papierze to zakłócenia, często nie istotne dla wyżarzania.

Wyżarzanie robi się jeden raz. Zwykle, jeśli coś nie wyjdzie, nie wolno go powtórzyć, grzany fragment jest do wycięcia i wyrzucenia. Stale wymagające wyżarzania są drogie.

Typowe wyżarzanie wymaga dokładności $\pm 20^{\circ}\text{C}$. Jeśli zajdzie konieczność wyżarzania stali z lepszą dokładnością np. $\pm 5^{\circ}\text{C}$, prosimy przygotować się na różne problemy. Należy mieć założony nadmiar nowych grzałek i termopar, zapasowy sprzęt, rezerwowe zasilanie.

Jeśli zleceniodawca życzy sobie technologii dokładniejszej niż $\pm 5^{\circ}\text{C}$, należy poszukać

laboratoryjnego pieca.



Ten wykres rys.4 jest „prawie dobry” J.
Nastawy: narastanie 150 °C/h, wytrzymanie 720 °C, czas 180 min, opad 150 °C/h, wyłączenie 300 °C.

Prowadząca była termopara 1 zgrzana w środku obiektu grzanego. Jako termopara 3 jest termopara lewa nie zgrzana bezpośrednio do obiektu grzanego. Termopara 2 jest pod „uszkodzoną” grzałką. Prosimy zwrócić uwagę na startową nadwyżkę szybkości narastania, różnice temperatur w czasie grzania, przeregulowanie.

Dojście do wytrzymania było długo pełną mocą, co spowodowało awarię źródła zasilania grzałek. Zanim się zorientowano i podłączono zapasowe upłynęło kilka minut. Widać to jako uskok temperatur – prosimy ocenić, czy dopuszczalny.

Kontynuacja dojścia odbywała się pełną mocą – regulator przed wejściem na wytrzymanie był nasycony i nie wyhamował.

Sugerujemy o tym pamiętać, jeśli technologia będzie wymagała gwałtownego wzrostu prędkości przejścia między 400 °C, a 700 °C

Pod koniec opadania na sekundę wyłączono i załączono U1, by zaznaczyć na papierze przestrzenne przesunięcie pisaków. Nie miało to żadnego wpływu na temperaturę, bo urządzenie już nie grzało.

Po zakończeniu cyklu i wyłączeniu się regulatora wykonano inny wcześniej przygotowany test dynamiki obiektu – z maksymalną nastawą narastania zagrzano do 450 °C, ustawiono godzinne wytrzymanie i naturalne studzenie. Zakończenie grzania zaznaczono kreską na kanale 1.

Sugerujemy przyjrzeć się różnicom temperatur pomiędzy kanałami i odczytać z wykresu czas wytrzymania.

Szczegóły konstrukcyjne P100:

Zawiera 3 mikrokontrolery PIC16F648A (pierwszy obsługuje wyświetlanie i regulację, drugi obsługuje pomiar temperatur i prawe klawisze, trzeci obsługuje pomiar napięcia i prądu i lewe klawisze)
 temperatura zadana i mierzona po 4 cyfry siedmiosegmentowe LED
 wyświetlacz 2 x 4 cyfry sterowanie multipleksowane
 numer odcinka programu wyświetlacz 1 cyfra 7 segm
 (kształt) zbocza programu 3 diody LED
 wolty: 3 cyfry 7segm
 ampery: 3 cyfry 7segm
 Przyciski 5szt + 4szt
 < ; > ; program ; start ; stop <,>,R,A
 2 wejścia termoparowe
 pomiar temperatury otoczenia (zimnych końców termopar) czujnikiem DS18B20
 izolacja galwaniczna wejść termoparowych do części cyfrowej
 kalibracja z klawiatury
 Amperomierz
 wzmacniacz różnicowy jednostopniowy OP07 –prostownik jednopółkowy
 rezystancja wejściowa 10 Ohm
 napięcie wejściowe z bocznika 60mV
 układ MCP3202 na CH0 mierzy napięcie 0...5V
 Woltomierz
 dzielnik zewnętrzny 2k2 5W i 200R 0,6W. Podział wynikowy 1:23
 układ MCP3202 na CH1 mierzy napięcie 0...5V
 rezystancja wejściowa 200 Ohm
 pomiar z termopar z użyciem przetwornika A/C 12bit 2 kanałowego bez izolacji pomiędzy wejściami termoparowymi
 termopara 1 jest prowadząca, termopara 2 jest zapasowa, może być podłączona tylko jedna termopara
 termopara 2 przejmuje kontrolę procesu gdy wskazuje temperaturę: co najmniej 50°C oraz co najmniej o 3°C większą niż termopara 1. jest histereza powrotnego przełączenia.
 wykrywa awarię termopary
 algorytm NIE ODPORNY na impulsowe sprawdzanie przez rejestratory
 wyświetla temperaturę zadaną i mierzoną
 jeśli Temp mierz toru 2 to podświetlone wszystkie kropki
 wyświetla numer odcinka programu i sygnalizuje zbocze
 sygnalizuje pracę regulatora diodą START
 pamięta nastawy procesu
 włącza się automatycznie i kontynuuje pracę po zaniku zasilania gdy przerwa była krótka (t<1min)
 przyciski strzałek służą do zmiany wprowadzanych danych
 dłuższe przytrzymanie zwiększa prędkość przemieszczania, co 10 impulsów zmienia starszą cyfrę (kolejno jedności, potem tylko dziesiątki, potem setki, na koniec tysiące)
 strzałka dolna na wytrzymaniu pozwala pokazać minuty do zakończenia bieżącego odcinka. Kolejne naciśnięcie zmienia minuty/temperatura mierzona
 przycisk PROGRAM
 po jego naciśnięciu przechodzi do następnego zbocza
 przyciskami < ; > zmienia się nastawy odcinków
 narastanie [°C/h] 0...8191
 temperatura wytrzymania [°C] 0...1200
 czas wytrzymania [minuty] 0...8191

Licznik Czasu Pracy:

Podczas zasilania regulatora jest zwiększany licznik, którego bajty (reprezentujące godziny) można odczytać, naciskając jednocześnie STOP i START. Jeśli odczytu dokonuje się podczas regulacji, by nie zakłócić jej, najpierw nacisnąć START, a opuszczać najpierw zwalniając STOP. Na wyświetlaczu TEMP.ZADANA pojawi się napis LCP, na TEMP.MIERZONA liczba w godzinach, na pojedynczej cyfrze (numer odcinka) będzie litera h.

Licznik wyzeruje się po naliczeniu 65535 h. Dziesiątki tysięcy pokazane zostaną na jednostkach amperomierza.

dokładność licznika jest zakłócana wyłączeniami zasilania. Każde wyłączenie to strata z pamięci max 14s.

twałość pamięci EEPROM szacowana jest na milion razy. Zapis odbywa się co 14s (256 razy na godzinę)

Na wyświetlaczu woltomierza pojawi się koniec numeru seryjnego regulatora (0...999)

Woltomierz, Amperomierz

posiada 4 przyciski

przycisk > ; < służą do zmiany napięcia zadanego

dłuższe przytrzymanie zwiększa prędkość przemieszczania

przycisk R wybiera tryb ręczny i zaświeca diodę przy nim

zadawanie napięcia przyciskami

R naciśnięty razem z >, szybko wybiera 60V. W trybie przekaźnik bez sensu -wybierze jakieśysterowanie

R naciśnięty razem z <, szybko wybiera 30V. W trybie przekaźnik bez sensu -wybierze jakieśysterowanie

na wyświetlaczu temperatury zadanej pojawia się wypełnienie {8...240} a za nim litera r

przycisk A wybiera tryb automatyczny i zaświeca diodę przy nim

przejście do następnego odcinka następuje klawiszem PROGRAM

wcześniejsze zakończenie programu (mniej odcinków) realizuje się wpisaniem zera następnego zbocza

przycisk START w czasie programowania też je zakończy i uruchomi proces od bieżącego zbocza

jako ostatni pojawia się napis "trYb YJ" (tryb wyjścia) i litera P (jak przekaźnik) lub C (jak ciągłe). Zmienić tu nie można.

podczas pracy 25 krotnie naciskając klawisz PROG można przejrzeć wszystkie nastawy bez zakłócania pracy. Ewentualne zmiany strzałkami zostaną uwzględniona w następnych odcinkach.

Z procedury przeglądania wyjdzie sam jeśli nie będzie naciskany przez 8 sekund.

przycisk START uruchamia program regulacji temperatury, opuszcza PROGramowanie

przycisk STOP zatrzymuje proces grzania, umożliwia zmianę programu, pozwala opuścić dalsze nastawianie w trybie programowania lub kalibracji

termopara podłączona do kanału 1 jest prowadząca, do kanału 2 jest zapasowa

jeśli temperatura k2 będzie wyższa od k1 to kanał 2 przejmie prowadzenie procesu

prowadzenie kanału 2 sygnalizowane jest kropkami przy każdej cyfrze TEMP.MIERZONEJ

jeśli regulator w trybie automatycznym pracuje pełną mocą (temp .zadana – temp. mierzona >64 °C)

i jeśli przez pół godziny temperatura bliska otoczeniu, nie podniesie się co najmniej o 16 °C. regulator wyłączy się

jeśli temperatura mierzona jest większa od 100 °C i gwałtownie spadnie poniżej 100 °C., to regulator wyłączy grzanie po niecałej minucie

awaria pomiaru temperatury otoczenia {czujnik DS18B20}: zaświeci się segment F (lewa górna kreska) na cyfrze tysięcy temp. mierzona - do pomiarów używana będzie ostatnia dobrze zmierzona wartość.

tryb testowy:

naciskając razem „prawa strzałka górna i STOP” zmienia się tryb normalnej pracy/testowy

w trybie testowym są wyświetlane parametry PID

wysterowanie PWM na woltomierzu

integrator na amperomierzu

szybkość integratora przemiennie strzałką górną na temp. zadana

ilość zliczeń niezmiennej różniczki na tysiącach temp. Zadana

tryb testowy od roboczego odróżnić można po kropkach świecących, mrugających w trybie testowym