



"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
ISDN tel (+48 32) 2787050; fax (+48 32) 2787051, tel .kom.0502 035580, 0601 456491
REGON: 273301106 NIP: 648-19-80-209

**PRZENOŚNE URZĄDZENIE
DO OBRÓBKI CIEPLNEJ
typ: U6N**



INSTRUKCJA OBSŁUGI

PRZED PIERWSZYM URUCHOMIENIEM ZAPOZNAJ SIĘ Z INSTRUKCJĄ OBSŁUGI !!!

PRZEZNACZENIE:

Urządzenie przeznaczone jest do obróbki termicznej stali (złączy spawanych) według zadanej charakterystyki temperaturowo - czasowej w zakresie temperatur do 1200°C. Nagrzewanie obiektu jest realizowane za pomocą mat oporowych. Kompletny zestaw grzewczy składa się z urządzenia do obróbki cieplnej, źródła energii elektrycznej, grzałek, termopar, izolacji termicznej i kabli połączeniowych. Jako źródło napięcia mogą być wykorzystane 3 spawarki dużej mocy lub transformator. Jeśli trzeba, podłączać zewnętrzny rejestrator. **Przy zmianie sposobu zasilania (prąd stały, zmienny) przeskalować woltomierze i amperomierze.**

Podstawowe dane techniczne:

Napięcie zasilania:	230V , 50Hz
Maksymalny prąd łączeniowy	6x100A
Maksymalne napięcie łączeniowe	100V~, =
Wymiary obrysu (wys. x szer. x głęb.)	0.2m x 1m x 0.5m
Ciężar	40kG
Ochrona przeciwporażeniowa	zerowanie

BUDOWA URZĄDZENIA:

Urządzenie składa się z 6 regulatorów temperatury oddziałującego na styczniki, boczników do pomiaru prądu i dzielników do pomiaru napięcia oraz zacisków przyłączeniowych umieszczonych we wspólnej obudowie stalowej. Temperatury kontrolowane są termoparami NiCr-NiAl (1 lub 2 /kanał). Gniazda dla termopar, gniazda wejściowe i wyjściowe są z tyłu urządzenia. Z przodu urządzenia zamontowano programatory temperatury P101. Dla zasilania P101 zabudowano transformator TSM60 230V/24V. Z tyłu wyłącznik główny różnicowo-prądowy (30mA). Zadziała on także jeśli chwilowe napięcie zasilania podniesie się ponad 350V przez >5ms (ochrona przed zniszczeniem przy urwaniu „zera” i pojawieniu się napięcia >250V AC –zabudowany transil oddziałuje na niego).

GWARANCJA:

Producent udziela na swój wyrób dwuletniej 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. Podłączyć termopary kablem kompensacyjnym dla termopar "K" {NiCr-NiAl}. Do urządzenia można podłączyć nie więcej niż 2 typowe maty oporowe na jeden kanał (sumaryczny prąd w kanale nie powinien przekroczyć 100A). Stosować grzałki o prądzie znamionowym 45A (74A) i napięciu znamionowym 30V, 60V (do 100V ~50Hz). Podłączenia zacisków wejściowych maszyny ze źródłem zasilania wykonać kablem miedzianym o przekroju żył nie mniej niż 25 mm². Podłączenia zacisków wyjściowych każdego kanału z rozgałęźnikami wykonać kablami miedzianymi o przekroju żył nie mniej niż 16 mm². Przekrój ten musi być większy przy kablach dłuższych niż 5m, tak by spadek napięcia na nim nie był większy niż 1V. Końcówki mat łączyć do rozgałęźników.

Kolejność podłączania powinna być następująca:

Na obiektach grzanych zamocować termopary (zgrzać termopary drutowe – 1 lub 2 na kanał), a następnie nałożyć grzałki. Na grzałki nałożyć izolację termiczną (odporną na temperaturę 1100°C - np: wata kaolinowa grubości 5cm). Podłączyć kablami termopary i maty z urządzeniem. Zwrócić uwagę na dodatni i ujemny biegun termopary i kabla kompensacyjnego. Podłączyć źródło zasilania mat (3 spawarki, transformator lub wyżarzarkę WO656M) do U6N. Podłączyć kabel zasilający do gniazdka 230V 50Hz. Załączyć zasilanie urządzenia i źródła. Ustawić parametry grzania na regulatorze. Podłączyć zewnętrzny rejestrator. Sprawdzić po uruchomieniu się sterowania czy prąd wyjściowy (na amperomierzach w każdym kanale) nie przekracza wartości znamionowej mat grzejnych. Jeżeli przekroczenie wystąpi skorygować napięcie źródła zasilającego. Jeżeli źródło zasilania nie jest w stanie dostarczyć odpowiedniego napięcia należy zmienić maty grzejne lub źródło zasilania. **Zwrócić szczególną uwagę na prawidłowe przyporządkowanie numerów kanałów grzejnych i termopar.**

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 styczników i w razie potrzeby wymieniać je. Spadek napięcia na styku wiodącym prąd znamionowy nie może przekraczać 0.2V. Czyścić wnętrze obudowy z nagromadzonego pyłu. Sprawdzać dokładność torów pomiaru temperatury, prądu, napięcia.

REJESTRATOR

Urządzenie nie posiada zabudowanego rejestratora. Optymalnie jest go podłączać do zewnętrznego rejestratora 12 kanałowego. W rejestratorze musi być wyłączone wykrywanie braku czujnika prądem impulsowym (o ile taki tryb tam jest).

USUWANIE NAJPROSTSZYCH USTEREK URZĄDZEŃ U6

W okresie gwarancyjnym, bez utraty gwarancji, sugerujemy w dogodnym czasie samodzielnie dokonywać wymiany uszkodzonych regulatorów, styczników i zewnętrznych gniazd połączeniowych. Czynności te powinien wykonywać elektryk po odłączeniu urządzenia od zasilania. Części wysyłamy. Po wymianie programatora konieczne skalibrować go. Prosimy nie gmerać w programatorach.

UWAGI EKSPLOATACYJNE

Stosowanie urządzenia U6 do podgrzewania do spawania metodą TIG może być niemożliwe ze względu na silne zakłócenia pracy regulatora temperatury od jonizatora spawarki. Aby zminimalizować zakłócenia należy: uziemić w kilku miejscach obiekt spawany, połączyć krótkim przewodem miedzianym o przekroju co najmniej 2,5mm² obudowę U6 i uziemiony obiekt grzany. Kable połączeniowe obwodów wysokoprądowych urządzenia U6 oraz spawarki stosować możliwie krótkie. Przewody kompensacyjne dla termopar prowadzić daleko od kabli wyjściowych spawarki. W miarę możliwości stosować spawarki bez wysokonapięciowych jonizatorów łuku i z możliwie najkrótszym przewodem „masowym”. Upalenie termopary spawarką często niszczy regulatory i rejestratory.

REGULATOR TEMPERATURY P101

PRZEZNACZENIE:



P101 to regulator temperatury dla wyżarzarek.

Opisywany tu programator służy do regulacji temperatury grzanych obiektów w zakresie temperatur 0°C do 1200°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. Na obiekt regulacji oddziałuje dwustanowo, załączając lub wyłączając styk wyjściowy sterujący zewnętrznym stycznikiem. Proces prowadzony jest w oparciu o pomiar temperatury obiektu termoparą K {NiCr-NiAl} . Sugerujemy podłączać dwie termopary.

Drua termopara (rezerwowa) przejmie prowadzenie procesu, 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. Użycie drugiej termopary sygnalizowane jest świeceniem wszystkich kropek na cyfrach TEMP.MIERZONA.

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 . 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. 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.

Dla zmniejszenia reakcji na zakłócenia zastosowano filtrację pomiaru. Powoduje to widoczny długi czas reakcji przy skokowej zmianie np. podczas kalibracji.

Regulator pamięta stare ustawienia i od nich zaczyna, dlatego zakłócanie procesu regulacji skutkuje innym czasem potrzebnym na zrównanie temperatur. W warunkach laboratoryjnych, bez zakłóceń, na wielu testowanych obiektach uzyskano dokładność stabilizacji temperatury pod koniec utrzymania poniżej $\pm 3^{\circ}\text{C}$. *Projektowano go na $\pm 5^{\circ}\text{C}$ oscylacji po godzinie utrzymania dla standardowych wyżarzeń $700 \pm 50^{\circ}\text{C}$ z typowymi grzałkami.*

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 rozregulują go, uniemożliwiają szybkie ustabilizowanie temperatury.

Podstawowe dane techniczne P101:

Napięcie zasilania:	18... 24V ...36V , 50Hz (stosować zewnętrzny, mały transformator separacyjny 400V/24V lub 230V/24V – on ma się zepsuć przy znacznych przepięciach w sieci). <i>Można zasilac napięciem stałym 25...50V. Kierunek podłączenia obojętny.</i>
Pobór mocy	10VA
Wytrzymałość styku regulacyjnego	230V 0,5A 50Hz (zabudowany bezpiecznik polimerowy 0,8A i transil 350V)
Wymiary obrysu [wys. x szer. x gł.]:	144mm x 144mm x 97mm

Parametry regulatora temperatury:

Czujnik temperatury:	zewnętrzna termopara typu K {NiCr-NiAl}
Zakres temperatur mierzonych	<0 °C do >1200 °C
Dokładność pomiaru temperatury	±5 °C
Rezystancja wejściowa	94kW
Czas eksploatacji do uszkodzenia EEPROM:	>1 rok
Dopuszczalna temperatura obudowy:	-20 °C do +80 °C

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. *Duże rozbieżności wskazań dla prądu stałego i przemiennego – przeskalać przy zmianie sposobu zasilania. Amperomierz pokazuje wartość szczytową ze średniej dla łatwiejszej oceny prądu grzałek sterowanych stycznikiem. Nowy szczyt jest wyliczany co kilka sekund. Szybkości zboczy ponad 1000 K/h nie stosować do styczników. Są przewidziane do falowników.*

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). Ma woltomierz i amperomierz (bez wzajemnej izolacji galwanicznej) oraz przyciski do sterowania napięciem (wypełnieniem maksymalnym). Miewa wyjście impulsowe, używane w falownikowych wyżarzarkach. Ma elementy ochrony nadnapięciowej. By chroniły przed TIGiem, zacisk PE musi być galwanicznie zwarty z uziemionym obiektem grzanym. Wejścia termoparowe nie mają między sobą izolacji galwanicznej i różnica potencjałów między nimi nie może przekraczać 1V. Obie termopary muszą być użyte na tym samym obiekcie grzanym. Tor woltomierza + amperomierza jest izolowany galwanicznie od toru pomiaru z termopar. Wytrzymałość izolacji 230V AC.

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. Przyrosty nie są liniowe – bardziej się zmienia dla małych liczb (dużych wysterowań), zwiększania liczby.

Prawe strzałki i PROG są nieaktywne. Podczas pracy ręcznej na wyświetlaczu TEMP.ZADANA pojawi się liczba ośmiobitowa (z brzegowym ograniczeniem 4- 253) z literą r, obrazująca wysterowanie. Dla maksymalnego wysterowania widać napis 4r. Im większa ta liczba tym dłuższa przerwa w grzaniu. Jednoczesne naciśnięcie R, **⏪** ustawia 73r (60V) ; R, **⏩** ustawia 191r (30V) .

Nastawa trybu ręcznego ogranicza maksymalne wysterowanie w trybie automatycznym.

Tryb Automatyczny:

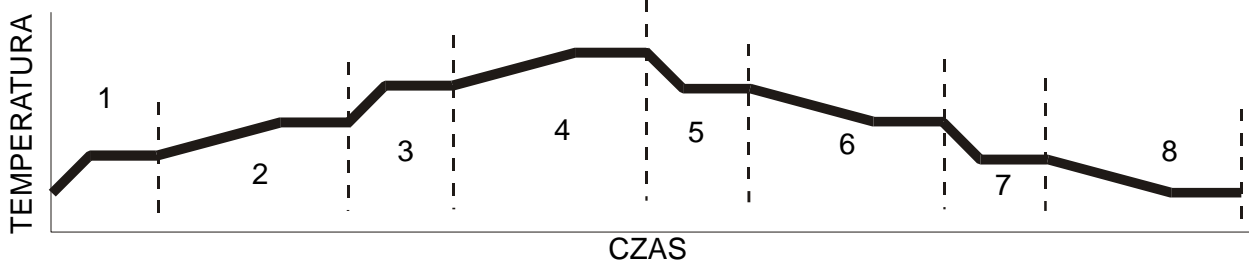
Przygotuj się do nastawienia programu.

Na kartce papieru lub w głowie przygotuj liczby do nastawienia.

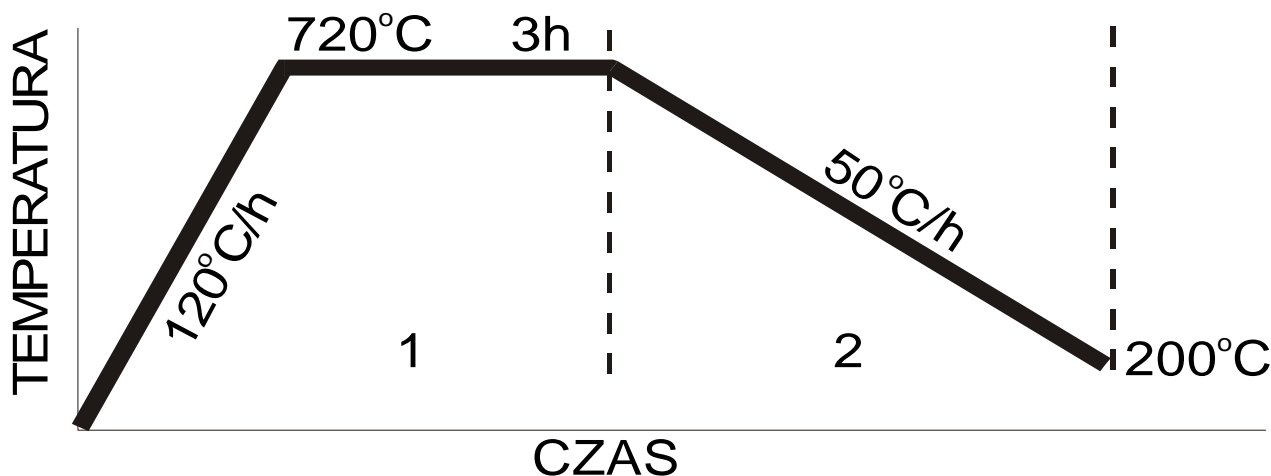
Sprawdź w trybie ręcznym wysterowanie. Ustaw maksymalne wysterowanie (napis 4r) górną lewą strzałką. Jeśli chcesz ograniczyć wysterowanie, bo na przykład użyłeś grzałek na niższe napięcie niż daje źródło, albo są silne przeregulowania, wprowadź większą liczbę lewą dolną strzałką. Połowa napięcia, to ćwierć mocy, to liczba na wyświetlaczu

temperatury zadanej około 192r. Można zmienić w trakcie pracy (pamiętać, że zmiana sterowania A/R zaburzy proces automatycznej regulacji). Lewe klawisze strzałek reagują cały czas. Przepisanie nastawy następuje po naciśnięciu RĘCZNIE i powrót na AUTOMAT. Funkcję tę należy wykorzystywać, gdy są silne przeregulowania, jest duża nadwyżka mocy. Ograniczenie mocy maksymalnej zauważalnie je zmniejsza, redukując maksymalne stromości przyrostu temperatury. *Jeśli obróbka jest powtarzalna wielkość potrzebnej nastawy można odczytać pod koniec wytrzymania przy ustabilizowanej temperaturze z trybu diagnostycznego (występuje w wersjach programu oznaczonych literą t-). Naciskając prawą górną strzałkę i STOP, wielkość wysterowania ukaże się na woltomierzu z migającą za nią kropką. Wyjście z trybu diagnostycznego ponownym naciśnięciem \ominus STOP (puszczając pierwszy STOP). Wielkość wysterowania lub ciut mniejszą wprowadzić jako ograniczenie ręczne.*

Poniższy wykres obrazuje przykładowe zmiany temperatury w czasie. Składa się on z ośmiu odcinków zbcze-wytrzymanie. Jest to maksymalnie skomplikowana możliwa do zaprogramowania w P101 charakterystyka.



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



Przykładowe NASTAWIANIE REGULATORA

Charakterystyka grzania jak wyżej

Należy zauważyć, że powyższy wykres trapezowy dla P101 składa się z dwóch odcinków zbcze-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, zbcze 3 odcinka należy wyzerować.

Nacisnąć STOP o ile regulator nie jest zatrzymany.

Nacisnąć krótkotrwałe klawisz PROG. Powinien zgasnąć woltomierz i amperomierz oraz temperatura mierzona. Jako numer odcinka powinna pojawić się cyfra 1. Powinna świecić się dioda $^{\circ}\text{C}/\text{h}$ i narastanie. Podczas przyciskania dowolnego klawisza prawej strony powinna świecić się dioda K. Na wyświetlaczu TEMP.MIERZONA powinna pojawić się poprzednio używana wartość pierwszego zbcza. Przyciskami prawych 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 jednościami są zera, potem setki, potem tysiące, a mniej znaczące pozostają zerem. Po nastawieniu

właściwej liczby nacisnąć **PROG**. Na wyświetlaczu **TEMP.ZADANA** 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.MIERZONA** powinna pojawić się poprzednio używana wartość drugiego zbrocza. Przyciskami strzałek należy ją zmienić na pożądaną. W omawianym przykładzie na liczbę 50. Po nastawieniu właściwej liczby nacisnąć **PROG**. Na wyświetlaczu **TEMP.ZADANA** 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.MIERZONA** powinna pojawić się poprzednio używana wartość drugiego zbrocza. Przyciskami strzałek należy ją zmienić na pożądaną. W omawianym przykładzie na liczbę 0. Nacisnąć **STOP**. Proces nastawiania dla tego przykładu jest zakończony. **SPRAWDZIĆ, CZY NASTAWY PRAWIDŁOWO ZAPISAŁY SIĘ DO PAMIĘCI.** Powtórzyć wpis, jeśli źle.

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 zbrocza. Powinna świecić się dioda **START**. 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, czy grzałki są sprawne, podłączone. 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 zacznie 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 może 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 automatycznej, gdy regulator jest na wytrzymaniu, wyświetlacz temperatury zadanej pokazuje przemiennie (zmiana co 14s) temperaturę i czas do końca bieżącego odcinka. Na zbroczach pokazuje szybkość zbrocza (przez 1s) przemiennie z temperaturą mierzoną (przez 27s). Jeśli w trybie automatycznym wystąpi wybrane ograniczenie wysterowania od **RĘCZNIK** co14s świeci się litera **r** na jednostkach amperomierza.

Jeśli regulator jest zatrzymany, to na wyświetlaczu **TEMP.ZADANA** widać napis ...A (jak automatycznie) lub ...r (jak ręcznie). Jeśli proces się zakończy będzie napis **End**.

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 zadaną) jest sygnalizowana napisem „At Er” 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)! Nie podłączać rejestratora z prądowym wykrywaniem przerwy termoelementu równolegle do regulatora P101, bo będzie zakłócać jego pracę.** Rejestratory takie jak KR5A, PHA dostarczają stale prąd na wejście termoparowe rzędu nA (do 100nA). Na 100k Ω rezystancji wejściowej P101, da to 10mV, czyli odpowiednik 250°C. P101 również może dawać prąd na wejściu termoparowym do 3nA, (na rozwarciu 300 μ V, 7°C). Zapoznać prosimy się z parametrami użytych rejestratorów. One są często złe w zastosowaniach do wyżarzarek, mimo pokazywania dziesiątych części stopnia na cyferblacie. Duża rozdzielczość ma niewiele wspólnego z dokładnością pomiaru i zapisu na papierze na mrozie czy w ukropie.

SPRAWDZENIE METROLOGII P101

Sprawdzać wskazania zgodnie z zaleceniami przelożonych, zwykle po każdym przestawieniu urządzenia.

Przygotować kalibrator temperatury, woltomierz, amperomierz.. Urządzenie, kalibrator i eksploatowane przewody połączeniowe (kompensacyjne) muszą przebywać w tej samej temperaturze co najmniej kilka godzin. Kalibrator podłączać zamiast termopary do przewodu kompensacyjnego. Sprawdzić też bezpośrednio na maszynie łącząc go krótkim, dobrym przewodem kompensacyjnym.

Realizować w nagrzanym urządzeniu - co najmniej kwadrans od załączenia

By widzieć, sprawdzać tor 2 termopary nacisnąć jednocześnie **STOP** (najpierw) i **PROG** i \hat{e} (prawa strzałka w dół). Puścić jako pierwszy **STOP**. Wyjście po sprawdzeniu klawiszem **STOP**.

KALIBRACJA PROGRAMATORA TEMPERATURY P101

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 jest mniejsza niż 5°C nie kalibrować, bez istotnego powodu.

Taka kalibracja nie rozwiązuje całkowicie problemów przetwarzania, nie koryguje wszystkich źródeł błęd pomiaru, ale jest możliwa do wykonania na zabudowanym urządzeniu. Jeśli po kalibracji stwierdzono odchyłki większe niż 2°C w zakresie +200°C do +1000°C upewnić się, że narzędzie kalibracyjne i przewody łączące są dobre. Źródłem dodatkowych błędów bywa zardzewiały przewód kompensacyjny, skorodowane gniazdka i wtyczki. Jeśli odchyłki po kalibracji sprawdzane w suchym warsztacie w temperaturach pokojowych są znaczne (>10°C), regulator kwalifikuje się na złom. Typowo po prawidłowej kalibracji odchyłki są mniejsze od 2°C w całym zakresie pomiarowym. Podczas kalibracji zdać sobie sprawę z wielu ograniczeń konstrukcyjnych, np. nie da się tym regulatorem mierzyć znacznych ujemnych temperatur, gdy temperatura otoczenia jest bardzo wysoka, ani bardzo wysokich temperatur przy silnym mrozie. Wynika to z zakresu pomiarowego. Napięcie wejściowe musi mieścić się w zakresie -4mV do +55mV. Regulator źle mierzy przy dużej wilgotności, czy po długotrwałym pobycie w pyłe węglowym. Zastosowane podzespoły w ekstremalnie złym przypadku mogą łącznie mieć nawet 300 p.p.m. dryftu termicznego. Przy zmianie temperatury otoczenia -20°C do +80°C może to powodować zmianę wskazań nawet o 40°C. Typowo dryfty kompensują się i ta odchyłka jest wielokrotnie mniejsza. W ekstremalnych temperaturach (<-50°C, >+120°C) regulator przestaje poprawnie działać. Pamiętać, że pospolite przewody kompensacyjne mają bardzo małą dokładność.

Macanie wtyczki i przekładanie między regulatorami skutkuje dodatkowymi błędami pomiaru – wtyczka jest nagrzewana od ciała ludzkiego, ma inną temperaturę niż gniazdo w urządzeniu. Długo musi się wyrównywać jej temperatura z temperaturą gniazdka i wewnętrznego czujnika temperatury otoczenia.

przed nastawianiem podłączyć kalibrator i sprawdzić czy wskazanie nie zmieniło się w ciągu minuty

Nacisnąć jednocześnie STOP (najpierw) i PROGRAM i **↵** (prawa strzałka do góry) dla kanału 1 lub **↵** (prawa strzałka w dół) dla kanału 2

pojawi się napis CAL na woltomierzu ,tEr 1 {tEr 2} na cyferblacie TEMP.ZADANA., numer

procedury na setkach amperomierza

wyjście z kalibracji przyciskiem STOP

prawy 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, a potem nacisnąć PROG (lub dłużej przytrzymać 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 przesunięcia („zera”) wzmacniacza termopary 1

przy odłączonych wtyczkach termoparowych (i innych urządzeniach takich jak rejestrator) strzałkami nastawić mierzoną równą otoczeniu lub nastawić kalibratorem i strzałkami znaną, zadaną, niską temperaturę np. 0.

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 (lub inną pożądaną wartość)

ustawić tę temperaturę klawiszami **↵** **↵**

nastawić na kalibratorze 0°C, sprawdzić tę temperaturę

sprawdzić, powtórzyć dla innych temperatur (przesunięcie i skala wpływają na siebie)

akceptacja klawiszem PROGRAM

dla wzmacniacza termopary 2 procedura jest identyczna

akceptacja klawiszem STOP lub PROG - nowe nastawy zostaną zapisane w EEPROM
 Proces zmian nastaw kalibracyjnych temperatur jest zakończony. Przeprowadzić sprawdzenie metrologii. Jeśli programowy zakres kalibracji jest niewystarczający coś jest uszkodzone.

CHARAKTERYSTYKA CZUJNIKÓW TEMPERATURY

Termopara typu K

t[°C]	{U _{odn} =0°C} U _{NiCr-Ni} [mV]	t[°C]	{U _{odn} =0°C} U _{NiCr-Ni} [mV]
-100	-3,554	400	16,397
-40	-1,527	500	20,644
-20	-0,778	600	24,905
0	0,000	700	29,129
20	0,798	800	33,275
40	1,612	900	37,326
100	4,096	1000	41,276
200	8,138	1100	45,119
300	12,209	1200	48,838

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.

LICZNIK CZASU PRACY

Po naciśnięciu i przytrzymaniu klawiszy START i STOP pojawią się napisy podobne do widocznych na obrazku. Na wyświetlaczu TEMP.ZADANA pojawia się napis LCP, na woltomierzu pojawia się końcówka numeru fabrycznego. Na wyświetlaczu ODCINEK pojawia się litera h. Na wyświetlaczu TEMP.MIERZONA pojawia się ilość godzin czasu pracy (zliczany jest czas załączonego trybu automatycznego). Inne ewentualne napisy to tryb diagnostyczny pamiętający zakłócenia pracy. LCP można oglądać w trakcie pracy, pamiętając by najpierw nacisnąć START, a puszczać najpierw STOP. Licznik przepelnia się po 65535h. Dziesiątki tysięcy pokazuje na jednostkach amperomierza.



USUWANIE NAJPROSTSZYCH USTEREK P101

Jeśli zauważyłeś, że urządzenie nie potrafi dogrzezać do zadanej temperatury (np: „nagrzał do 456°C i dalej nie rośnie”) masz zbyt małą moc grzałek, zbyt niskie napięcie zasilania, złą izolację termiczną, niepożądane chłodzenie, zły pomiar temperatur (np. uszkodziła się izolacja termopary, pomyłone podłączenie), zbyt szybkie narastanie, ograniczenie wysterowania od RĘCZNIE (w trybie automatycznym co 14s świeci się litera R na jednostkach amperomierza). **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**, **bLA**, **bor**, **U**, **u**, **u**, **Uart**, **EEP**, czy mruga dioda **K**. **udt** to zadziałanie WDT (watchdog) – samo zniknie. **bLA** to błąd weryfikacji zmiennych. **bor** to krótkotrwały zanik zasilania. **Uart** i wszystkie „U podobne” sygnalizują problemy z komunikacją między procesorami – możliwe, że tylko poluzował się lub zabrudził mikroprocesor w podstawie. Sygnalizacja **Uart** występuje także przy niektórych rodzajach uszkodzeń torów pomiarowych. **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 – procedury diagnostyczne. Mała pionowa kreska na tysiącach temperatury mierzonej sygnalizuje awarię pomiaru temperatury otoczenia.

Zanim odstawisz urządzenie do naprawy przygotuj na kartce papieru (przyklep ją do urządzenia) możliwie obszerną **informację** o usterce, 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 przyczyną są poza urządzeniem, np. powodowanej zmianą napięcia zasilania w sieci z powodu załączania ogromnych silników, czy prowadzenia prac spawalniczych w pobliżu. Jeśli jakość regulacji jest marna (odchyłki pod koniec wielogodzinnego wytrzymania powyżej $\pm 60^\circ\text{C}$), upewnij się, że występuje zawsze. Jak każdy regulator, ten też nie wyreguluje dobrze wszystkich przypadków.



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, wiórów 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 odciąć 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 wyżarzeń zamontować więcej termopar, by można ich było użyć, gdy główną szlag trafi.

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 białe(-) zielone(+)** (norma DIN) **lub czerwono(-) żółte(+)** (norma ANSI). **Barwnik powyżej 200 °C zanika -izolacja termopary jest biała.**

Dla nieznanymi 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 grzany, właściwości regulatora temperatury.

Do procesów wyżarzania stosuje się zgrzane do obiektu chromoniklowe termopary drutowe. (każda 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 dodatniego 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 przestrzał”, 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

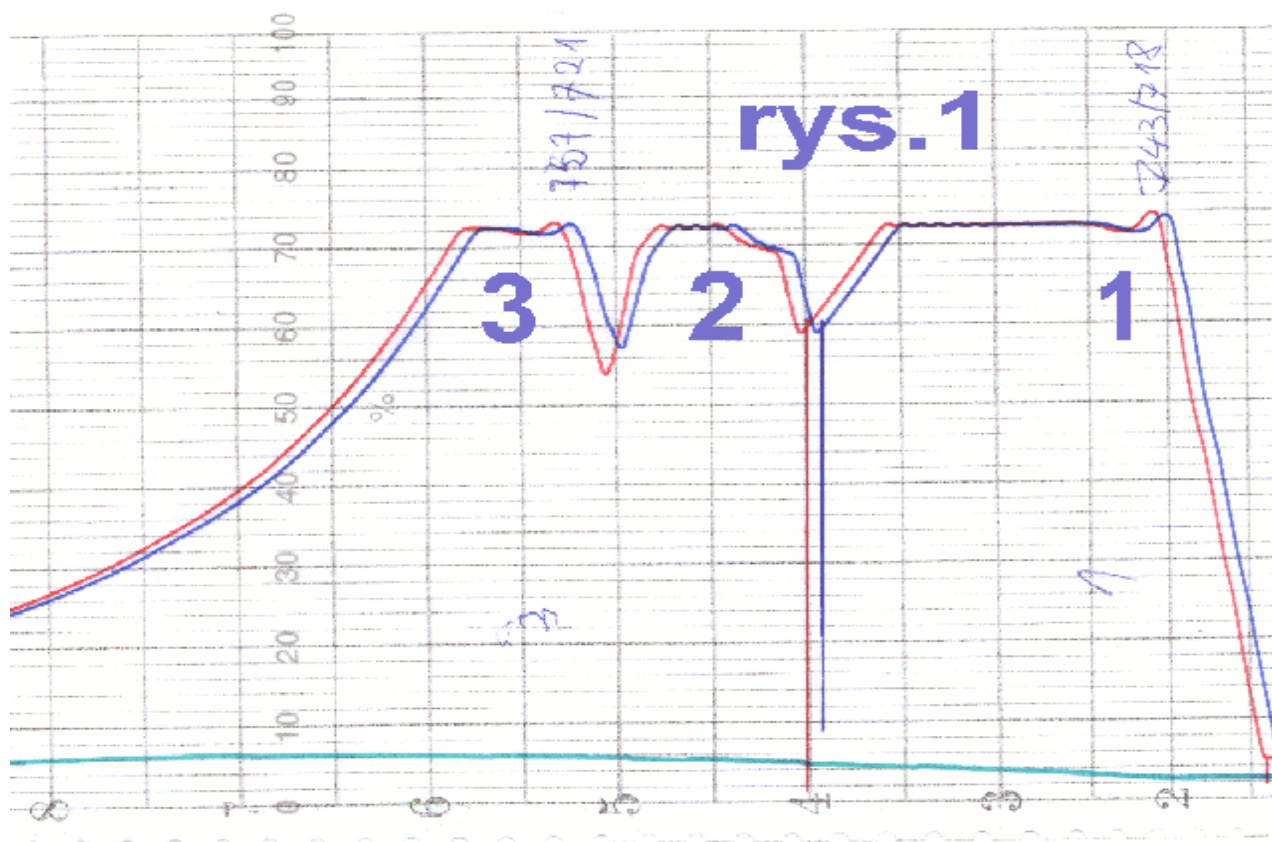
$^{\circ}\text{C}$ stanowi to 20°C . Jeśli nastawy nie są optymalne, a w procesach ruchomych zwykle nie mogą być, bo nie ma możliwości wcześniejszego badania dynamiki obiektu, przeregulowania mogą być większe.

Przeregulowania na wytrzymaniu zmniejsza się łągodząc końcówkę podjazdu.

Należy zwrócić uwagę na czas wytrzymania, szczególnie dla krótkich czasów. Przejście z boczka nie jest ostre jak w trapezie. Przy hamowanej stromości wejścia na wytrzymanie do wartości $20^{\circ}\text{C}/\text{h}$ na przejście -5°C do $+5^{\circ}\text{C}$ 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 włącza się na krótki czas, zmniejszy kilkakrotnie napięcie zasilania grzałek lub zdjąć część izolacji termicznej.

Poniżej pokazano testowy wykres temperatur podczas szybkiego grzania krótkiego kawałka odpadowej stalowej 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 30V grzałkę i 25mm warstwę włókna izolacyjnego. Rejestrator KR5A, szybkość posuwu 20mm/h zakres 0-1000 $^{\circ}\text{C}$.



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 zbrocza (jest „prawie” linią prostą –zawsze faluje).

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 $\pm 13^\circ\text{C}$, można świadomie spowolnić dojście do wytrzymania lub podzielić zbrocze na wiele kawałków.

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 do 3 razy wolniejsze lub szybsze od podstawowej. Po to ten regulator jest 8 odcinkowy.

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

Zakładając, że dopuszczalna odchyłka jest $\pm 5^\circ\text{C}$, a wytrzymanie ma być np. pół godziny, przejście od -5°C do $+5^\circ\text{C}$ 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.

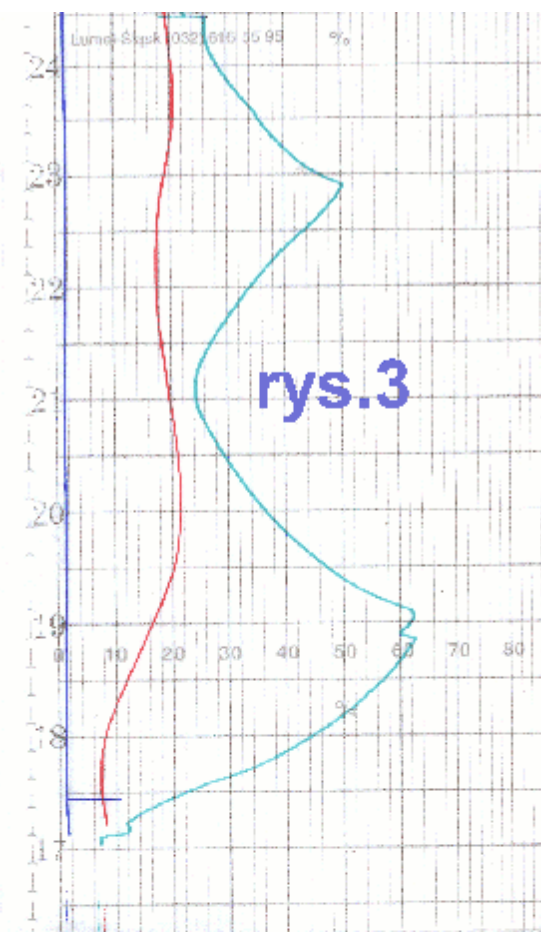
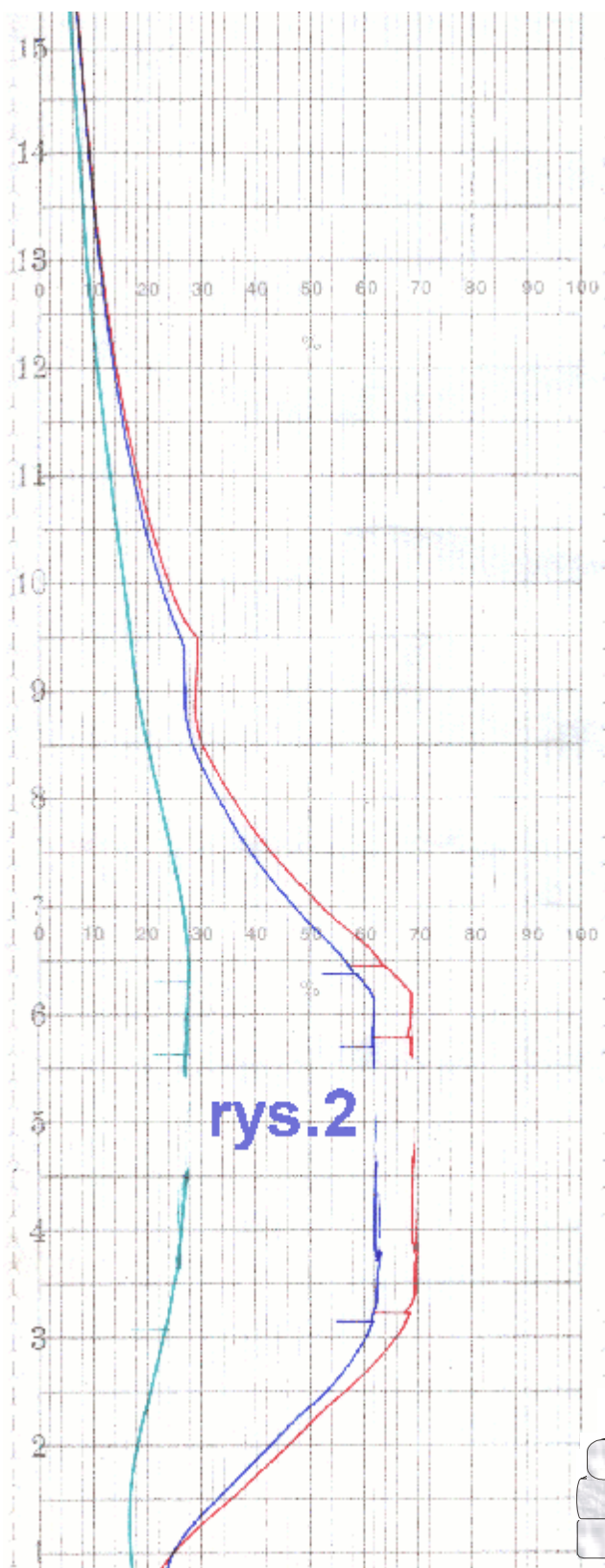
Trening na odpadowym , podobnym kawałku stali warto **zrobić wcześniej**.

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 U1n. 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 zachowałaby się skrętka).

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

Po osiągnięciu temperatury 685°C regulator rozpoczął wytrzymanie. Zasymlowano 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.

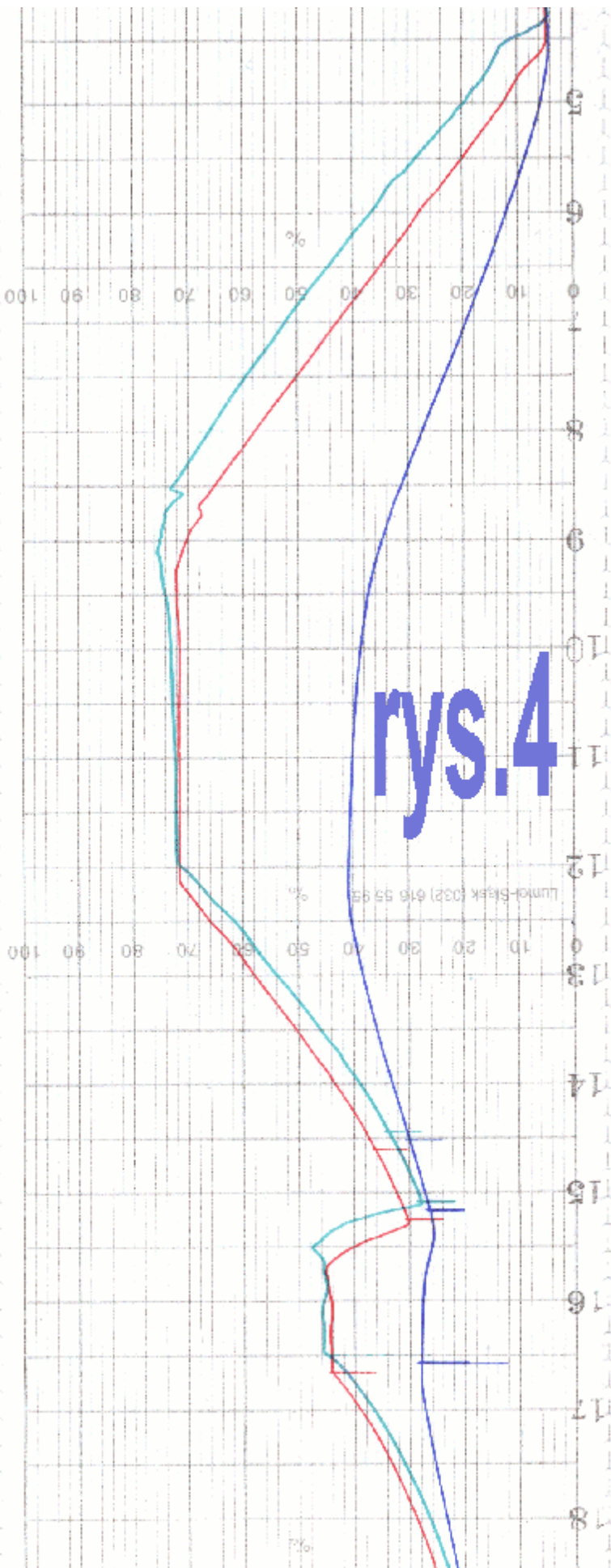
20 minut przed końcem wytrzymania znowu zasymlowano awarię zasilania – wyłączono na 1 minutę. Regulator podjął automatycznie pracę. Bez zasilania temperatura spadła o 6°C. Podobnie uczyniono później na zboczu opadanie.

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 lub zmienić technologa.



Ten wykres rys.4 jest „prawie dobry” J.

Nastawy: narastanie $150^{\circ}\text{C}/\text{h}$, wytrzymanie 720°C , czas 180 min, opad $150^{\circ}\text{C}/\text{h}$, 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.

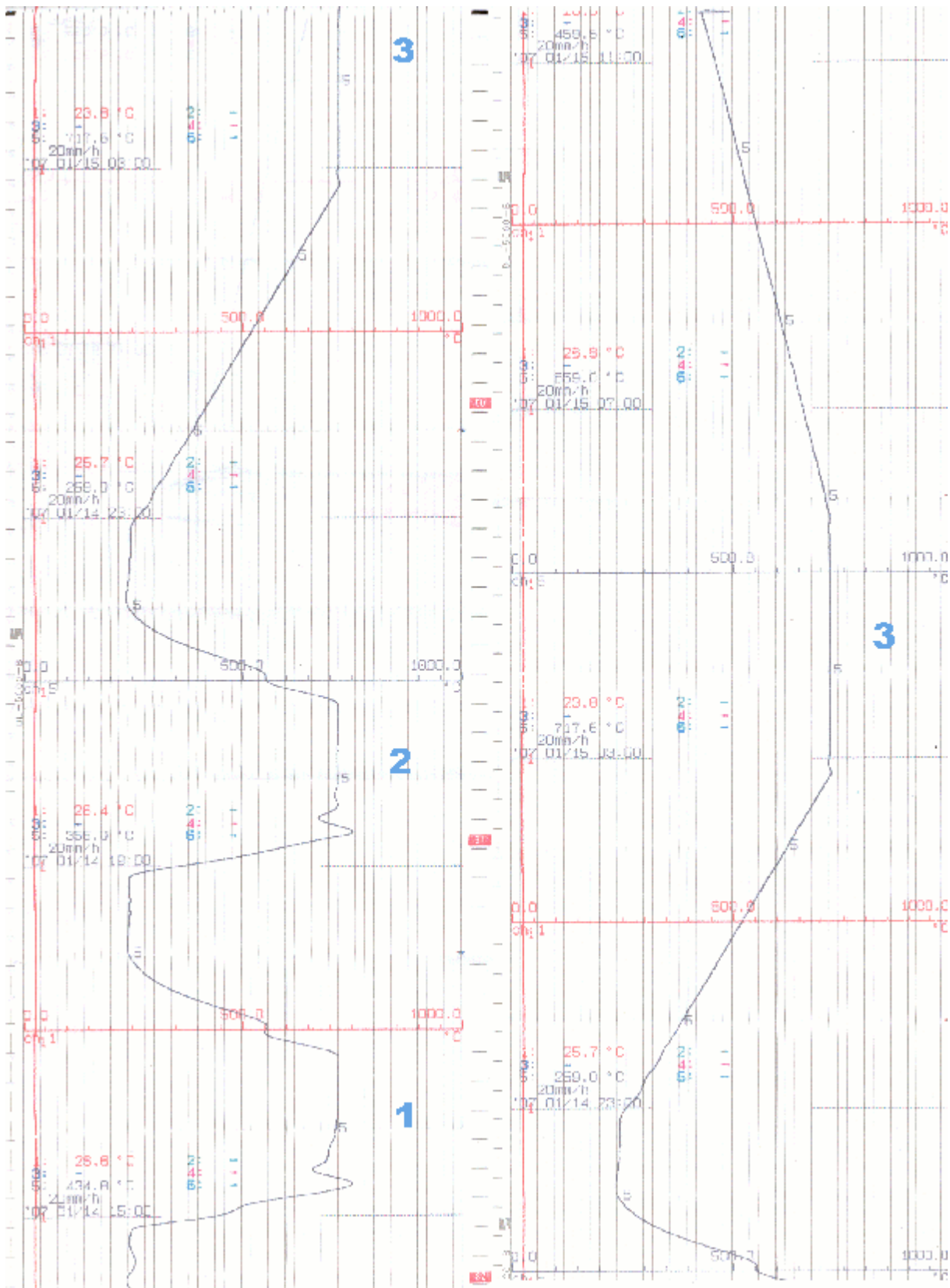
Kontynuacja dojścia odbywała się pełną mocą – regulator przed wejściem na wytrzymanie był nasycony i nie wyhamował.

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 U_{1n} , 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 nagrzano 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, przyważyć jak patrzeć na papier „do góry nogami”



Prosimy też przyjrzeć się powyższemu wykresowi i wcześniej ustalić ze zleceniodawcą, co robić z taką obróbką, jakie niekorzystne zmiany metalurgiczne wywoła w aspekcie późniejszej eksploatacji (prawdopodobnie nieistotne i jest akceptowalna). Wykonano na obiekcie o dużej inercji z dużą nadwyżką mocy. Widać problemy z szybkim ustabilizowaniem się temperatury po wejściu na wytrzymałość. Pierwszy narost był 1000°C/h do temperatury 720°C, wytrzymałość 90 minut, opad 500°C/h do 250°C. Drugi był podobny, tyle, że przy 690°C wykonano wstrzymanie (czas=0) i kontynuację 1000°C/h. Trzeci kawałek to narost 120°C/h do 720°C, wytrzymałość 180 minut i opad 50°C/h. Kanał 1 rejestratora to temperatura otoczenia. Zauważyć, że uskoki wykresu grubości linii, to dyskretyzacja rejestratora PHC.

Notatki: