RZECZPOSPOLITA POLSKA

Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **225107**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **402713**

(22) Data zgłoszenia: **08.02.2013**

(51) Int.Cl.
G01J 5/04 (2006.01)
G01K 1/08 (2006.01)
B22D 11/22 (2006.01)

(54) **Sposób prowadzenia ciągłego pomiaru temperatury w dowolnym miejscu szerokiej powierzchni pasma po odpadnięciu zakrzepniętego żużla krystalizatorowego w komorze wtórnego chłodzenia maszyny COS do odlewania wlewków płaskich w czasie całej sekwencji odlewniczej**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
18.08.2014 BUP 17/14

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
28.02.2017 WUP 02/17

(73) Uprawniony z patentu:
AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE, Kraków, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:
JAN FALKUS, Kraków, PL
MAREK DZIARMAGOWSKI, Kraków, PL
PAWEŁ DROŻDŻ, Żary, PL
KATARZYNA MIŁKOWSKA-PISZCZEK, Kraków, PL
CZESŁAW PAWŁOWSKI, Kraków, PL
WOJCIECH ŚLĘZAK, Kraków, PL
KRZYSZTOF KONOPKA, Adamów, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Alicja Rogozińska

PL 225107 B1

Opis wynalazku

Sposób prowadzenia ciągłego pomiaru temperatury w dowolnym miejscu szerokiej powierzchni pasma po odpadnięciu zakrzepniętego żużla krystalizatorowego w komorze wtórnego chłodzenia maszyny COS do odlewania wlewków płaskich w czasie całej sekwencji odlewniczej.

Przedmiotem wynalazku jest sposób prowadzenia ciągłego pomiaru temperatury w dowolnym miejscu szerokiej powierzchni pasma po odpadnięciu zakrzepniętego żużla krystalizatorowego w komorze wtórnego chłodzenia maszyny COS do odlewania wlewków płaskich w czasie całej sekwencji odlewniczej, w którym to sposobie na mobilnym statywie montuje się rurę osłonową z umieszczonym na jej końcu pirometrem, który chłodzi się wodą, przy czym rurę osłonową ze stali nierdzewnej wraz z pirometrem wprowadza się do komory wtórnego chłodzenia, a w trakcie pomiaru przedmuchuje się w sposób ciągły rurę osłonową i soczewkę pirometru powietrzem.

Największą trudność podczas ciągłego odlewania stali sprawia właściwy dobór parametrów procesu. Dotyczy to temperatury ciekłej stali przekazywanej do krystalizatora, szybkości wyciągania pasma oraz intensywności chłodzenia w pierwotnej i wtórnej strefie chłodzenia. Dobór ilości wody zużywanej do chłodzenia określany jest indywidualnie dla każdej z odlewanych grup stali w zależności od wymiarów pasma. Najczęściej ilość zużywanej wody określa się na podstawie wyników komputerowej symulacji procesu krzepnięcia pasma w oparciu o modele wykorzystujące metodę elementów skończonych.

Modele matematyczne procesów technologicznych wymagają zweryfikowania zanim zostaną wykorzystane w środowisku produkcyjnym. W przypadku ciągłego odlewania stali jednym z parametrów który może zostać wykorzystany do weryfikacji opracowanego modelu matematycznego jest rozkład temperatury na powierzchni pasma. Weryfikacja modelu odbywa się poprzez porównanie rozkładu temperatury powierzchni pasma obliczonego w trakcie prowadzenia symulacji procesu z wynikami pomiarów przeprowadzonych w warunkach przemysłowych. Temperatura powierzchni pasma pozwala także na ocenę prawidłowości przebiegu procesu odlewania.

Pomiar temperatury w strefie wtórnego chłodzenia, zwłaszcza w segmentach usytuowanych tuż pod krystalizatorem, jest jednak trudny do realizacji ze względu na odpadający zakrzepnięty żużel krystalizatorowy, który jest obecny na powierzchni wyciąganego pasma oraz warunki panujące w komorze wtórnego chłodzenia. W przypadku pomiarów temperatury powierzchni pasma pokrytej zakrzepniętym żużlem, wyniki pomiarów prowadzonych z wykorzystaniem pirometru optycznego charakteryzują się dużą amplitudą z uwagi na różnice w emisyjności wyciąganego pasma oraz żużla krystalizatorowego. Po odpadnięciu stałego żużla krystalizatorowego w pierwszym segmencie, największą przeszkodą dla prawidłowego pomiaru temperatury powierzchni wyciąganego pasma jest bardzo duża ilość wydzielającej się pary wodnej. Także wysoka temperatura wyciąganego pasma zmusza do zachowania odpowiedniej odległości od powierzchni wyciąganego pasma, aby nie dopuścić do zniszczenia stosowanych przyrządów pomiarowych.

Problemy związane z pomiarem temperatury w strefie wtórnego chłodzenia urządzenia do ciągłego odlewania stali nabierają szczególnego znaczenia w przypadku odlewania wlewków płaskich ze względu na warunki panujące w komorze wtórnego chłodzenia, które są skrajnie nieprzyjazne zarówno z punktu widzenia wiarygodności dokonywanych pomiarów, jak też agresywnego oddziaływania dużej ilości pary wodnej i temperatury na przyrządy pomiarowe.

Z uwagi na to, że pomiar temperatury powierzchni wyciąganego pasma jest bardzo istotny dla weryfikacji modeli matematycznych stosowanych do sterowania pracą maszyny COS, podejmowane są liczne próby opracowania sposobów pomiaru temperatury. Przykładowo, można do nich zaliczyć patenty KR 20090050655, JP 58090362 i JP 60015059 oraz CN 2634449 i CN 101905293.

W dostępnych w języku angielskim skrótach patentów japońskich JP 58187253 i JP 2009050913 pomiar temperatury powierzchni pasma jest wykorzystywany do wykrywania wad powierzchniowych. Nie ma tam szczegółowych opisów metod pomiarowych. Także skróty w języku angielskim opisów patentów KR 20050003140, JP 57154364 i JP 61074763 nie zawierają metod pomiaru temperatury w procesie COS, zaś WO 2004048016 A2 ogranicza się do stwierdzenia, że temperaturę powierzchni pasma można mierzyć za pomocą pirometru optycznego, nie wspomina natomiast, w jaki sposób należy tego pomiaru dokonać. Najbardziej zbliżone rozwiązanie proponowane jest w patencie US 4463795. Należy jednak zauważyć, że brak jest tam opisu sposobu prowadzenia pomiaru temperatury powierzchni pasma, montażu pirometru i jego ochrony przed szkodliwym oddziaływaniem pary wodnej. Dodatkowo, patent US 4463795 proponuje umiejscowienie pirometru w ściśle określonym miejscu - bez możliwości

jego przemieszczenia - na końcu komory wtórnego chłodzenia, gdzie oddziaływanie pary wodnej jest najmniejsze.

Istnieje szereg patentów, m.in. JP 60054258, JP 2010029899, RU 2255834, dotyczących pomiarów temperatury powierzchni pasma w maszynach COS odlewających wlewki przeznaczone na wyroby długie. W maszynach tych stosuje się jedynie pojedyncze zespoły rolek. Także ilość wody zużywanej w strefie wtórnego chłodzenia jest wówczas znacznie mniejsza niż w przypadku odlewania wlewków płaskich, co stwarza zupełnie inne możliwości dokonywania pomiaru temperatury powierzchni pasma.

Przedstawiony powyżej przegląd stanu techniki oraz dotyczących tego stanu zastrzeżeń patentowych wskazuje, że w celu określenia temperatury powierzchni pasma w komorze wtórnego chłodzenia maszyny COS dla wlewków płaskich, konieczne jest opracowanie odpowiedniego sposobu dokonywania ciągłego pomiaru w czasie całej sekwencji odlewniczej. W sposobie tym należy podać odległość urządzenia pomiarowego od powierzchni pasma i określić przeciwdziałanie oddziaływaniu pary wodnej zakłócającej pomiar.

Zadaniem wynalazku jest wyeliminowanie niedogodności występujących w stanie techniki i opracowanie sposobu ciągłego pomiaru temperatury w dowolnym miejscu szerokiej powierzchni pasma po odpadnięciu zakrzepniętego żużla krystalizatorowego w komorze wtórnego chłodzenia maszyny COS do odlewania wlewków płaskich przy pomocy zestawu składającego się z pirometru optycznego, rury osłonowej oraz mobilnego statywu, który ma zapewniać wymaganą dokładność pomiarów i bezawaryjną pracę przyrządów pomiarowych, umożliwiać dokonywanie pomiarów w dowolnie wybranym segmencie maszyny COS oraz zmianę miejsca pomiaru pomiędzy kolejnymi sekwencjami odlewania, a ponadto nadawać się do zastosowania w warunkach przemysłowych.

Sposób prowadzenia ciągłego pomiaru temperatury w dowolnym miejscu szerokiej powierzchni pasma po odpadnięciu zakrzepniętego żużla krystalizatorowego w komorze wtórnego chłodzenia maszyny COS do odlewania wlewków płaskich w czasie całej sekwencji odlewniczej, w którym to sposobie na mobilnym statywie montuje się rurę osłonową z umieszczonym na jej końcu pirometrem, który chłodzi się wodą, przy czym rurę osłonową ze stali nierdzewnej wraz z pirometrem wprowadza się do komory wtórnego chłodzenia, a w trakcie pomiaru przedmuchuje się w sposób ciągły rurę osłonową i soczewkę pirometru powietrzem, charakteryzuje się według wynalazku tym, że rurę osłonową o długości 1200-2000 mm, korzystnie 1700 mm, grubości ścianek minimum 2 mm, korzystnie 3,5 mm i minimalnej średnicy wewnętrznej większej lub równej średnicy plamki pomiarowej pirometru, korzystnie 50 mm, umieszcza się w odległości wynoszącej 20-150 mm od powierzchni wyciąganego pasma, korzystnie 30 mm, i przedmuchuje się ją powietrzem o natężeniu przepływu równym 502000 l/h, korzystnie 800 l/h.

Przedmiot wynalazku jest objaśniony w przykładach wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schematycznie zestaw pomiarowy do realizacji sposobu według wynalazku, fig. 2 - widok perspektywiczny fragmentu komory wtórnego chłodzenia maszyny COS do odlewania wlewków płaskich z zamontowanym zestawem pomiarowym do realizacji sposobu według wynalazku, fig. 3 - schematyczny przekrój komory wtórnego chłodzenia maszyny COS do odlewania wlewków płaskich z zaznaczonym rozmieszczeniem punktów pomiarowych w czasie odlewania kolejnych sekwencji oznaczonych S1 do S5, fig. 4 do 8 - wykresy ilustrujące zmiany temperatury powierzchni odlewanego pasma w punktach pomiarowych w czasie poszczególnych sekwencji odlewniczych.

Na fig. 1 przedstawiony jest schematycznie zestaw do pomiaru temperatury pasma w komorze wtórnego chłodzenia maszyny COS do odlewania wlewków płaskich sposobem według wynalazku. Na figurze widoczna jest rura osłonowa 1 z umieszczonym na jej końcu pirometrem, znajdującym się w widocznej na fig. 1 obudowie 2. Rura osłonowa 1 jest wykonana ze stali nierdzewnej. Obudowa 2 pirometru jest zaopatrzona we wlot 2a, przez który do obudowy 2 doprowadzana jest nie- przedstawionym przewodem przystosowanym do pracy w podwyższonych temperaturach woda do chłodzenia pirometru, oraz wylot 2b do odprowadzania wody chłodzącej pirometr. Ponadto obudowa 2 jest zaopatrzona w przyłącze 3 dla powietrza do przedmuchiwania soczewki pirometru, połączone nieprzedstawionym przewodem przystosowanym do pracy w podwyższonych temperaturach z również nieprzedstawionym źródłem sprężonego powietrza. Zestaw pomiarowy jest ponadto zaopatrzony w przyłącze 4 do doprowadzania powietrza do przedmuchiwania rury osłonowej 1, które także jest połączone z nieprzedstawionym źródłem sprężonego powietrza. Rura osłonowa 1 jest wraz z umieszczonym w obudowie 2 pirometrem wprowadzana do komory wtórnego chłodzenia maszyny COS do odlewania wlewków płaskich. W trakcie pomiaru rura osłonowa 1 i znajdująca się w obudowie 2 soczewka pirometru są

przedmuchiwane w sposób ciągły powietrzem. Dane pomiarowe pirometru przesyłane są nieprzedstawionym na rysunku przewodem przystosowanym do pracy w podwyższonych temperaturach do komputera.

Na fig. 2 przedstawiony jest w widoku perspektywicznym fragment komory wtórnego chłodzenia maszyny COS do odlewania wlewków płaskich z zamontowanym zestawem pomiarowym do realizacji sposobu według wynalazku. Rura osłonowa 1 układu pomiarowego jest zamocowana na mobilnym statywie 5 w pozycji prostopadłej do powierzchni odlewanego pasma.

Na fig. 3 uwidoczniony jest schematyczny przekrój komory wtórnego chłodzenia maszyny COS do odlewania wlewków płaskich z zaznaczonym rozmieszczeniem punktów pomiarowych dla poszczególnych sekwencji odlewniczych S1, S2, S3, S4, w których przeprowadzono pomiar sposobem według wynalazku, oraz dla sekwencji S5, w ramach której przeprowadzono pomiar porównawczy dla innych parametrów niż według wynalazku.

Na fig. 4 do 7 zamieszczone są wykresy ilustrujące 5 zmiany temperatury powierzchni odlewanego pasma w czasie poszczególnych sekwencji odlewniczych S1–S4 z fig. 3, dla różnych parametrów sposobu pomiaru według wynalazku, podanych w przykładach 1–4.

Pomiary temperatury przeprowadzono przy użyciu pirometru dwubarwnego Raytek serii MR1S, umieszczonego w obudowie ThermoJacket z chłodzeniem wodą i przedmuchem soczewki sprężonym powietrzem. Do pomiarów zastosowano rurę osłonową o długości 1700 mm, grubości ścianki 3,5 mm i średnicy wewnętrznej 50 mm. Zestaw pomiarowy złożony z pirometru, obudowy 2 i rury osłonowej 1 został zamontowany na wybranych segmentach w komorze wtórnego chłodzenia maszyny COS za pomocą specjalnie skonstruowanego statywu 5. Natężenie przepływu powietrza przedmuchującego rurę osłonową mierzono za pomocą rotametru o zakresie 0 ÷ 2000 l/h.

Zestaw pomiarowy został zamontowany w komorze wtórnego chłodzenia maszyny COS stabilnie, bez możliwości zmiany położenia w trakcie sekwencyjnego odlewania stali.

W trakcie prowadzonych badań stwierdzono, że przy niedostatecznym natężeniu przepływu powietrza w rurze osłonowej występowało zaparowanie przestrzeni pomiarowej co w konsekwencji prowadziło do dokonywania błędnego pomiaru. Także przy nadmiernym natężeniu przepływu powietrza w rurze osłonowej występowało zjawisko przechłodzenia powierzchni odlewanego pasma, co powodowało powstawanie warstwy tlenków 30 iw konsekwencji błędny odczyt temperatury. Na podstawie szeregu prób określono przepływ powietrza, który zapewniał brak powstawania efektu zaparowania soczewki oraz nie powodował zmian temperatury powierzchni odlewanego pasma. Sposób prowadzenia pomiarów według wynalazku przedstawiono na następujących przykładach wykonania:

P r z y k ł a d 1

– długość rury	1700 mm
– grubość ścianki	3,5 mm
– średnica rury	50 mm
– odległość rury od powierzchni pasma	30 mm
– natężenie przepływu powietrza	800 l/min

P r z y k ł a d 2

– długość rury	1700 mm
– grubość ścianki	3,5 mm
– średnica rury	50 mm
– odległość rury od powierzchni pasma	25 mm
– natężenie przepływu powietrza	800 l/min

P r z y k ł a d 3

– długość rury	1700 mm
– grubość ścianki	3,5 mm
– średnica rury	50 mm
– odległość rury od powierzchni pasma	30 mm
– natężenie przepływu powietrza	700 l/min

P r z y k ł a d 4

– długość rury	1700 mm
– grubość ścianki	3,5 mm
– średnica rury	50 mm
– odległość rury od powierzchni pasma	25 mm
– natężenie przepływu powietrza	900 l/min

Podane w przykładach 1–4 parametry sposobu pomiaru według wynalazku zostały dobrane na podstawie szeregu eksperymentów w warunkach przemysłowych. Przekraczanie któregokolwiek z podanych zakresów powoduje dokonanie błędnego pomiaru temperatury w czasie sekwencji odlewniczej, co przedstawiono w przykładzie 5 oraz na fig. 8.

P r z y k ł a d 5

– długość rury	1700 mm
– grubość ścianki	3,5 mm
– średnica rury	50 mm
– odległość rury od powierzchni pasma	25 mm
– natężenie przepływu powietrza	10 l/min

Na fig. 8 przedstawiony jest wykres ilustrujący zmiany temperatury powierzchni odlewanego pasma w czasie sekwencji odlewniczej 5 z zastosowaniem parametrów pomiaru podanych w przykładzie porównawczym 5.

Główną przyczyną widocznych przerw w rejestracji temperatury powierzchni pasma i jednocześnie dużej amplitudy otrzymanych wyników jest zakłócające oddziaływanie pary wodnej przy zbyt niskim natężeniu przepływu powietrza w rurze osłonowej.

W trakcie prowadzenia badań stwierdzono, że wykorzystanie rury osłonowej o długości mniejszej niż 1200 mm powoduje wystawienie obudowy pirometru na zbyt duże oddziaływanie termiczne pochodzące od pasma. Wykorzystanie rury osłonowej o długości przekraczającej 2000 mm uniemożliwia przeprowadzenie pomiaru z uwagi na zbyt dużą średnicę plamki pirometru, tj. większą niż średnica wewnętrzna rury możliwej do zamontowania pomiędzy rolkami maszyny COS. Przeprowadzone eksperymenty wykazały, że rura osłonowa o długości wynoszącej 1700 mm pozwala na umieszczenie obudowy pirometru w bezpiecznej odległości od odlewanego pasma, przy jednoczesnym zachowaniu możliwości prowadzenia pomiaru temperatury powierzchni pasma.

W trakcie prowadzenia pomiarów w środowisku przemysłowym stwierdzono, że rura osłonowa o grubości ścianek wynoszącej mniej niż 2 mm charakteryzowała się zbyt małą wytrzymałością mechaniczną i ulegała odkształceniu w trakcie sekwencji odlewniczej. Z przeprowadzonych eksperymentów wynika, że zastosowanie rury osłonowej o grubości ścianek równej 3,5 mm pozwala na przeprowadzenie wielokrotnych pomiarów w różnych punktach komory wtórnego chłodzenia przy jednoczesnym braku występowania odkształceń rury osłonowej.

W wyniku przeprowadzonych eksperymentów stwierdzono, że wewnętrzna średnica rury osłonowej musi być większa lub równa średnicy plamki pirometru, w przeciwnym wypadku dokonanie wiarygodnego pomiaru temperatury powierzchni pasma nie jest możliwe. W trakcie prowadzenia pomiarów zaobserwowano, że w przypadku długości rury wynoszącej 1700 mm, średnica wewnętrzna rury równa 50 mm pozwala na swobodne wycentrowanie plamki pirometru.

Koniec rury osłonowej powinien znajdować się jak najbliżej powierzchni pasma, aby zminimalizować ilość pary wodnej obecnej pomiędzy pasmem a rurą osłonową. Na drodze eksperymentalnej stwierdzono, że odległość ta powinna wynosić co najmniej 20 mm, w przeciwnym wypadku może dojść do wygięcia rury osłonowej spowodowanego kolizją z wyciąganym drągiem startowym. Umieszczenie rury osłonowej w odległości większej niż 150 mm od powierzchni pasma skutkowało dokonaniem nieprawidłowego pomiaru temperatury z uwagi na obecność dużej ilości pary wodnej pomiędzy końcem rury a powierzchnią pasma. W takim przypadku zastosowanie intensywnego dmuchu powietrza w celu usunięcia pary wodnej z obszaru pomiędzy pasmem a rurą osłonową skutkowało miejscowym przechłodzeniem pasma i powstaniem warstwy tlenków żelaza na jego powierzchni. W trakcie prowadzenia badań stwierdzono, że umieszczenie rury osłonowej w odległości 30 mm od powierzchni pasma i jednoczesne ustalenie natężenia przepływu powietrza w rurze na poziomie 800 l/h pozwala na przeprowadzenie prawidłowego pomiaru temperatury powierzchni pasma.

W celu zapobiegania gromadzeniu się pary wodnej w rurze osłonowej należy stosować przedmuchiwanie rury powietrzem. W trakcie prowadzenia badań zaobserwowano, że natężenie przepływu poniżej 50 l/h jest niewystarczające do 10 usunięcia pary wodnej z rury osłonowej. Zastosowanie przepływu powietrza o natężeniu przekraczającym 2000 l/h skutkowało miejscowym przechłodzeniem powierzchni pasma i powstawaniem warstwy tlenków. Zastosowanie przepływu powietrza na poziomie 800 l/h przy jednoczesnym umieszczeniu rury osłonowej w odległości 30 mm od pasma pozwoliło na przeprowadzenie prawidłowego pomiaru temperatury powierzchni pasma.

Zastrzeżenie patentowe

Sposób prowadzenia ciągłego pomiaru temperatury w dowolnym miejscu szerokiej powierzchni pasma po odpadnięciu zakrzepniętego żużla krystalizatorowego w komorze wtórnego chłodzenia maszyny COS do odlewania wlewków płaskich w czasie całej sekwencji odlewniczej, w którym to sposobie na mobilnym statywie montuje się rurę osłonową z umieszczonym na jej końcu pirometrem, który chłodzi się wodą, przy czym rurę osłonową ze stali nierdzewnej wraz z pirometrem wprowadza się do komory wtórnego chłodzenia, a w trakcie prowadzenia pomiaru przedmuchuje się w sposób ciągły rurę osłonową i soczewkę pirometru powietrzem, **znamienny tym**, że rurę osłonową (1) o długości 1200–2000 mm, korzystnie 1700 mm, grubości ścianek minimum 2 mm, korzystnie 3,5 mm i minimalnej średnicy wewnętrznej większej lub równej średnicy plamki pomiarowej pirometru, korzystnie 50 mm, umieszcza się w odległości wynoszącej 20–150 mm od powierzchni wyciąganego pasma, korzystnie 30 mm, a natężenie przepływu powietrza w rurze wynosi 50–2000 l/h, korzystnie 800 l/h.

Rysunki

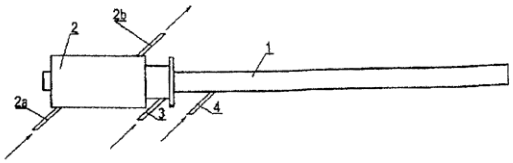


fig. 1

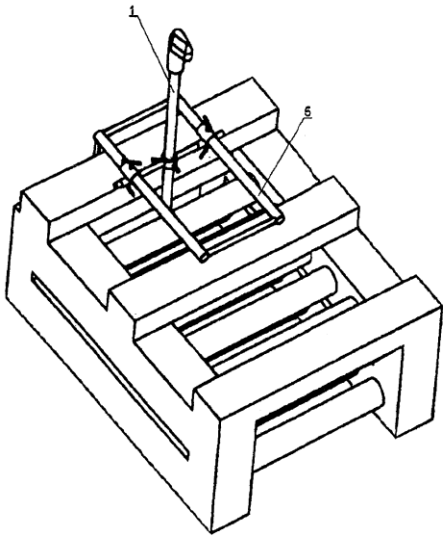


fig. 2

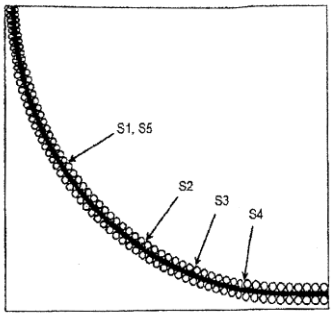


fig. 3

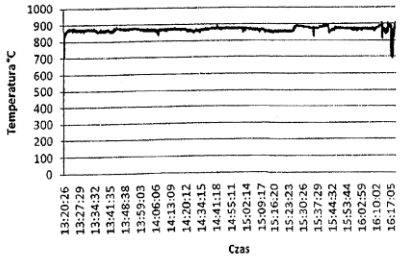


fig. 4

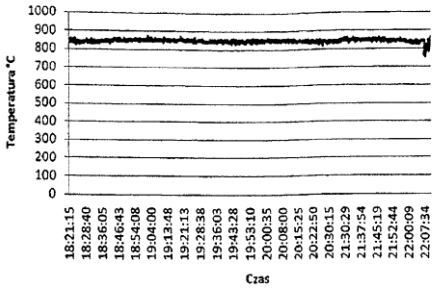


fig. 5

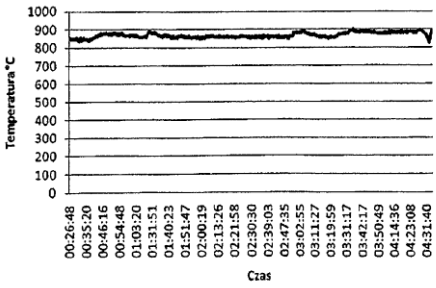


fig. 6

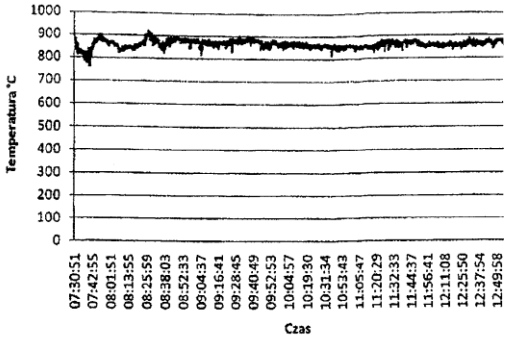


fig. 7

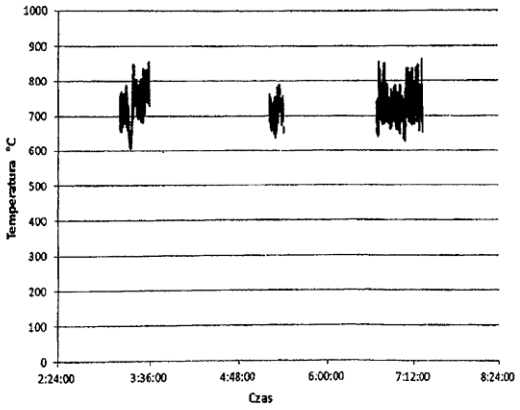


fig. 8

Departament Wydawnictw UPRP
Cena 2,46 zł (w tym 23% VAT)