

Jerzy Słociński, Tadeusz Wiśniewski

## KOMORY-TERMOSY DLA PRZECHOWYWANIA GORĄCYCH WLEWKÓW

Streszczenie. W pracy przedstawiono propozycję magazynowania nadmiaru wlewków gorących w tzw. "termosach". Szczególnie w warunkach panujących w starych hutach, zastosowanie termosu stwarza realne możliwości zwiększenia wydajności pieców wgłębnych oraz poprawienie rytmiczności pracy walcowni.

### Wstęp

Podgrzewanie wsadu w piecach grzewczych przed przeróbką plastyczną wymaga znacznego zużycia paliw. Największą ilość paliw zużywają piece wgłębne, służące do podgrzewania wlewków stalowych. Sprawność termiczna i egzergijna tych pieców jest stosunkowo mała i wynosi 10-30%.

Istnieje wiele sposobów zmniejszenia jednostkowego zużycia ciepła. Jednym z najefektywniejszych sposobów zmniejszenia jednostkowego zużycia ciepła jest obsadzanie pieców grzewczych gorącym wsadem o możliwie najwyższej do osiągnięcia w danych warunkach entalpii. Stąd więc decydujący wpływ na zwiększenie wydajności piecowi zgniatacza ma rytmiczna praca stalowni. W wielu hutach zwłaszcza starych, stalownie pracują nierytmicznie. Skutkiem takiej pracy stalowni jest nierównomierne dostarczanie gorących wlewków na walcownię. Nadmiar wlewków z konieczności musi stygnąć na hali pieców. Mając do dyspozycji wsad gorący i zimny oraz planowane czasy ich nagrzewania trudno zdecydować, jakim wsadem obsadzić piece, aby zachować rytmiczność zgniatacza. Z analizy harmonogramów pracy pieców wynika duża rozbieżność między planowanymi a rzeczywistymi czasami nagrzewania wlewków. Dla utrzymania rytmicznej pracy zgniatacza walcuje się wlewki o temperaturze dolnych wartości granicy walcowania. Zbyt niska temperatura walcowanych wlewków powodu-

je przedwczesne zużywanie się walców, częste przestoje, co pociąga za sobą wzrost kosztów konserwacji i napraw urządzeń.

W celu zmniejszenia strat ciepła i utrzymania wysokiej temperatury gorących wlewków dostarczanych w nadmiarze z odlewni stalowni można je magazynować w komorach nazwanych termosami. Komory te wykonane są z materiałów izolacyjnych i zainstalowane poniżej poziomu roboczego. Załadunek i wyładunek wlewków odbywa się za pomocą suwnicy, przez ruchome pokrywy. W termosie tym umieszcza się wlewki, które nie mogą być załadowane do komór pieców grzewczych z powodu braku miejsc. Spadek temperatury gorących wlewków w termosie jest o wiele mniejszy od spadku temperatury wlewków pozostawionych w otoczeniu. W ten to sposób można będzie utrzymać wysoką wydajność pieców grzewczych przy nierytmicznej pracy stalowni. Przy tym można również precyzyjniej planować czasy wyładowywania poszczególnych komór piecowych a tym samym utrzymywać rytmiczną pracę pieców i wysoką wydajność zgniatacza. Dzięki niedopuszczeniu do tak znacznego spadku entalpii załadowywanych wlewków uzyskuje się znaczne zmniejszenie jednostkowego zużycia ciepła.

### Analiza ekonomiczna

Analizę efektów ekonomicznych przeprowadzono w oparciu o pomiary dokonane w hucie "Florian", jako typowej reprezentantce starego zakładu hutniczego. Z dokonanych pomiarów wynika, że średni czas przebywania wlewków we wlewnicach wynosił 145 minut, natomiast czas jaki upłynął od momentu zdjęcia wlewnicy do momentu dostarczenia wlewka do hali pieców wgłębnych wynosił 32 minuty. Przebieg zjawisk termicznych zachodzących w termosie analizowano po ustaleniu się wymiany ciepła między termosem a otoczeniem. Ponieważ termos zagłębiony jest w gruncie, założono, że po zakończeniu procesu akumulacji ciepła przez termos i otaczający go grunt, odpływ przez ściany boczne jest znikomy. Zatem strata ciepła do otoczenia odbywa się zasadniczo przez wymurówkę pokrywy termosu, a w chwilach otwarcia pokrywy następuje przez wypromieniowanie do otoczenia. Cykl magazynowania wsadu w termosie rozpoczyna się od obsadzenia termosu gorącymi wlewkami. Otwarcie pokrywy termosu podczas wyładunku i załadunku spowoduje spadek jego temperatury. Ponieważ gorące

wlewki mają temperaturę wyższą aniżeli temperatura ich otoczenia, w termosie nastąpi odpływ ciepła z wlewków.

W przypadku gdy ilość ciepła oddana przez wlewki przewyższa sumaryczne straty ciepła do otoczenia, temperatura termosu będzie wzrastać. Różnica temperatur między wlewkiem a jego otoczeniem ulegać będzie zmniejszaniu.

Proces stygnięcia wlewka w termosie odbywa się zgodnie z równaniem Fauriera

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \left( \frac{\partial^2 t}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial t}{\partial r} \right) \left[ \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{h}} \right] \quad (1)$$

spadek temperatury wlewka jest funkcją

$$t = f(r, \tau).$$

Aby rozwiązać powyższe równanie należy przyjąć warunki brzegowe.

Temperatura otoczenia wlewka ulegać będzie zmianie. Ponieważ szybkość tych zmian będzie niewielka, to dla pewnych odcinków czasu można przyjąć ją jako stałą.

Zakładając więc, że temperatura otoczenia wlewka jest określona oraz że występuje równowaga między ciepłem wnikałym do otoczenia wlewka a ciepłem przewodzonym z wnętrza wlewka do jego powierzchni, czyli

$$-\lambda \left( \frac{\partial t}{\partial x} \right) = \alpha (t_{\text{pm}} - t_{\text{ot}}).$$

Rozwiązanie równania (1) dla przyjętych warunków brzegowych można wyrazić funkcją ogólną

$$Y = f(F_0, B_i \frac{r}{R}) \quad (2)$$

Funkcję (2) stygnięcia wlewka przedstawiono na wykresach półlogarytmicznych [4] (rys. 2-46):

$$\frac{1}{B_1} = m$$

$$\frac{r}{R} = m.$$

Funkcja (2) przybierze postać

$$Y = \frac{t_{ot} - t}{t_{ot} - \bar{t}_p} = f(m, Fo, n)$$

oznaczenia

$\tau$  - czas stygnięcia [h]

$t_{pm}$  - temperatura powierzchni wlewka [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$t_{ot}$  - temperatura otoczenia wlewka [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$t$  - temperatura szukana panująca w miejscu opisanym przez  $\frac{r}{R}$  oraz w czasie ( $\tau$ ) [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$\bar{t}_p$  - średnia temperatura początkowa wlewka dla  $\tau = 0$

$\lambda$  - współczynnik przewodnictwa cieplnego [ $\text{W/m}\cdot\text{deg}$ ]

$\alpha$  - współczynnik wnikania ciepła [ $\text{W/m}^2\cdot\text{deg}$ ]

$a$  - współczynnik przewodnictwa temperaturowego [ $\text{m}^2/\text{s}$ ]

$R$  - promień wlewka

$n = \frac{r}{R}$  - względna odległość rozpatrywanego punktu od osi wlewka [m]

$B_1$  - liczba Biota  $B_1 = \frac{\alpha \cdot R}{\lambda}$

$Fo$  = liczba Fauriera  $Fo = \frac{a \cdot \tau}{R^2}$ .

W rozpatrywanym przypadku stygnięcia wlewka temperatura początkowa wlewka nie jest wyrównana. (Wlewek stygnął od momentu odlania we wlewnicy a później bez wlewnicy w temperaturze otoczenia) rys. 1. W przypadku gdy czas przebywania wlewka w termosie będzie dostatecznie długi (gdy  $Fo > 0,3$ ), odstępstwa od założenia wyrównanej temperatury wlewka, minimalnie wpływają na wyniki obliczeń, jeśli jako temperaturę początkową przyjmiemy temperaturę przeciętną wlewka.

Przyjmując dane:

$$\bar{t}_p = 1000^{\circ}\text{C} \text{ (średnia początkowa temp. wlewka)}$$

$\bar{t}_{ot} = (900 - 800)^{\circ}\text{C}$  (średnia dla danego okresu czasu stała temperatura otoczenia wlewka) dokonano obliczeń średniej temperatury wlewka. Wg opisanej wyżej metody, dla poszczególnych okresów czasowych, na które podzielono czas stygnięcia wlewka w termosie. Wyniki obliczeń przedstawiono w formie wykresu (rys. 1).

W przypadku dłuższego czasu przebywania wsadu w termosie wewnętrzny rozkład temperatur we wlewkach coraz bardziej się wyrównuje. Średnia temperatura wlewka spada coraz wolniej, zbliżając się asymptotycznie do temperatury otoczenia wlewka.

Istotą obliczeń było wykazanie małej szybkości stygnięcia wlewków w porównaniu ze stygnięciem na otwartej hali pieców, otrzymane wartości temperatur wlewka należy traktować jedynie jako orientacyjne (przy innych temperaturach termosu będą one kształtowały się inaczej), a do dalszych obliczeń przyjęto wartość średnią temperatury wlewka:

$$t \approx 800^{\circ}\text{C}.$$

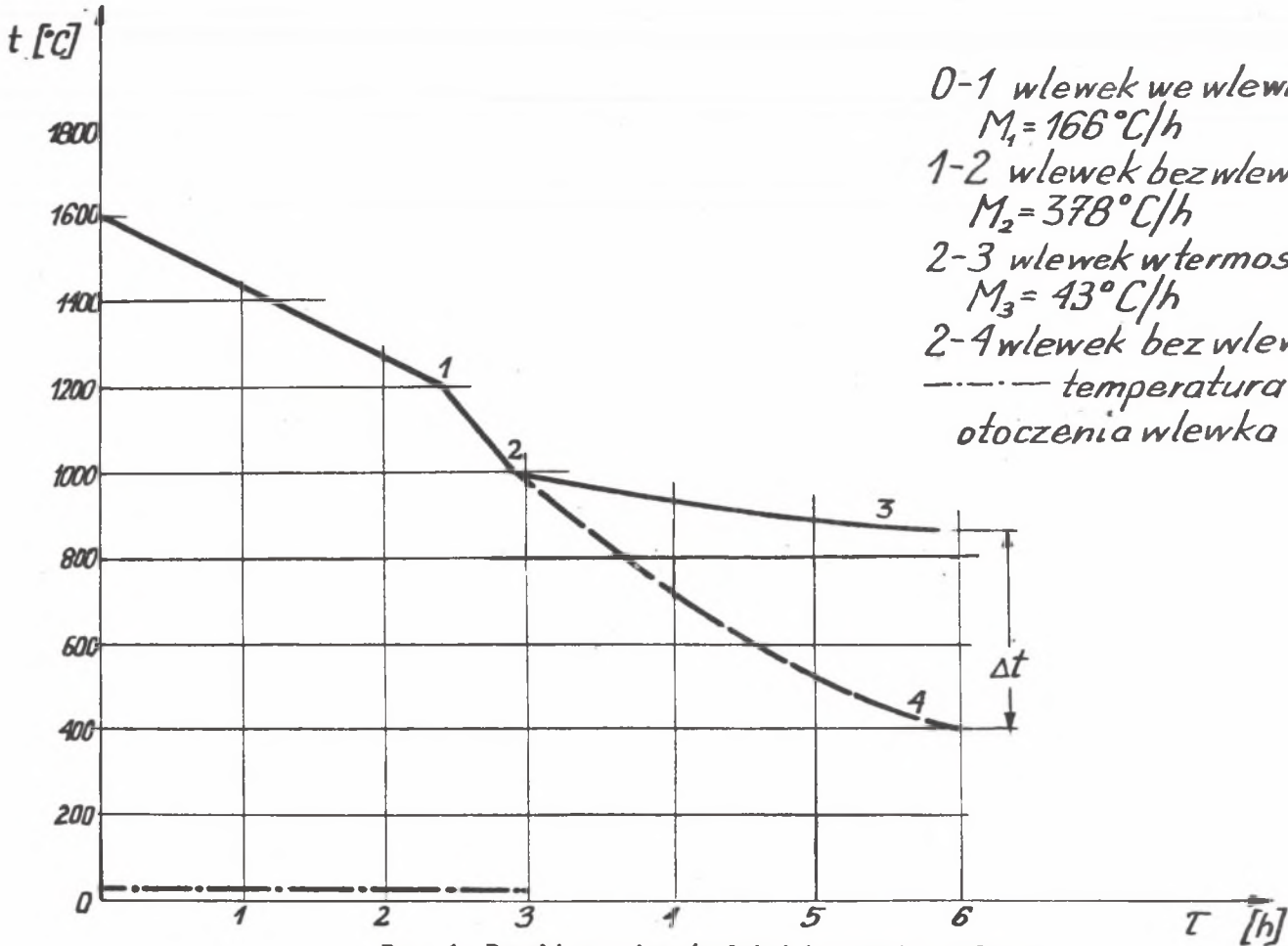
Z rys. 1 wynika, że szybkość chłodzenia wlewka  $M_3$  w termosie jest wiele razy mniejsza niż w temperaturze otoczenia. Przebieg zmian średniej temperatury wlewka, w przypadku chłodzenia go w temperaturze otoczenia, zaznaczono linią przerywaną.

Analizę efektów zastosowania termosu przeprowadzono dla jednej z hut krajowych, gdzie 48% wsadu pieców wgłębnych stanowi wsad zimny, który grzeje się 5,75 godzin, a 52% stanowi wsad gorący grzejący się 3 godziny.

Zakładając pełne obsadzenie wlewkami wszystkich komór pieców wgłębnych jednocześnie nagrzewa się około 500 ton stali.

Uzysk dobowy wsadu gorącego wynosi

$$U_g = \frac{G \cdot \xi \cdot 24}{\tau_g} = 2080 \text{ t/24 h}$$



Rys. 1. Przebieg zmian średniej temperatury wlewka

zimnego

$$U_z = \frac{G \cdot z \cdot 24}{\tau_z} = 1000 \text{ t/24 h,}$$

gdzie

$$z = 48\%$$

$$g = 52\%$$

$$G = 500 \text{ t}$$

$$\tau_g = 3 \text{ h}$$

$$\tau_z = 5,75 \text{ h.}$$

Zatem całkowity uzysk dobowy  $U_c$  wyniesie

$$U_c = U_g + U_z = 3080 \text{ t/24 h.}$$

W przypadku, gdy piece obsadzone będą wlewkami gorącymi pochodzącymi z termosu, 48% wsadu stanowić będzie wsad gorący, który nagrzewał się będzie 3,5 godziny. Uzysk dobowy w nowych warunkach  $U_c$  wyniesie

$$U_t = \frac{G_1 \cdot z \cdot 25}{\tau_g} = 1650 \text{ t,}$$

$U_t$  = uzysk wlewków pochodzących z termosu.

Zatem dzięki zastosowaniu termosu wlewków można będzie uzyskać wzrost wydajności piecowni wynoszący

$$U_{c_1} = U_g + U_t = 2080 + 1650 = 3730 \text{ t}$$

$$\Delta U = \frac{U_{c_1} - U_c}{U_c} = 0,21$$

$$\Delta U = 21\%.$$

W hucie tej zastosowano do opalania niektórych pieców wglębną paliwo bogate (gaz ziemny). Z analizy termicznej pracy tych pieców wynika, że istnieją realne możliwości skrócenia czasu nagrzewania wlewków gorących. Ma to znaczny wpływ na zwiększenie efektów ekonomicznych pracy piecowni.

### Wnioski

Na podstawie powyższych rozważań można stwierdzić, że zastosowanie termosu wlewków daje następujące efekty:

- przyczyni się do obniżenia jednostkowego zużycia ciepła (ok. 15%), a tym samym do zmniejszenia zużycia paliwa,
- stwarza realne możliwości zwiększenia wydajności piecowni zgniatacza,
- zmniejsza do minimum zaburzenia w pracy walcowni przy nierytmicznej dostawie wsadu gorącego ze stalowni.

### LITERATURA

1. J. Szargut - Energetyka cieplna w hutnictwie, "Śląsk", Katowice 1971.
2. M. Michałowski - Przeprowadzenia analizy wpływu istniejących warunków mechanicznych i technologicznych na pracę pieców grzewczych (nie publikowana), Instytut Metalurgii Politechniki Śląskiej.
3. W. Heiligenstaedt - Obliczenia cieplne pieców przemysłowych, PWT Katowice 1952.
4. T. Hobler - Ruch ciepła i wymienniki.
5. N.J. Tajc - Technologia nagriewa stali.



## КОМЕРЫ-ТЕРМОСЫ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ГОРЯЧИХ СЛИТКОВ

## Р е з ю м е

В статье представлен способ магазинирования избытка горячих слитков в "термосах" (топильные колодцы).

Особенно в условиях старых металлургических заводов применение "термосов" создает реальные возможности увеличения производительности нагревательных колодцев совместно с улучшением ритмичности работы прокатного стана.

## THERMOS-CHAMBERS TO STORE HOT INGOTS

## S u m m a r y

It has been suggested to store excess of hot ingots in insulated "thermos" chambers. The use of "thermos" chambers, especially in old steel mills should increase the output of soaking pits and improve the regularity of rolling mill operations.