

Roman WOŹNIACKI

Instytut Metalurgii
Akademia Górniczo-Hutnicza

Zbigniew T. BULGA

Instytut Szkła i Ceramiki
Filia w Krakowie

KONWEKCYJNE ROZMRAŻALNIE SUROWCÓW HUTNICZYCH I MOŻLIWOŚCI USPRAWNINIENIA ICH PRACY

Streszczenie. W pracy poruszono zagadnienie rozmrażania surowców hutniczych dostarczanych w okresie zimowym. Przedstawiono przegląd metod utrzymania lub przywracania zdolności wyładowczych surowców transportowanych koleją. Podano krótką charakterystykę surowców hutniczych ulegających zamarzaniu.

W dalszym ciągu przedstawiono opis aktualnych konstrukcji rozmrażalni konwekcyjnych i omówiono pewne możliwości usprawnienia ich pracy cieplnej.

Transport surowców, niezbędnych w produkcji polskiego przemysłu, opiera się głównie o masowe przewozy kolejowe. W większości przypadków są to materiały sypkie, zawierające znaczne ilości wilgoci, która w niskich temperaturach może zamarzać, uniemożliwiając wyładunek. W związku z różnorodnością przewożonych materiałów sypkich z problemem przywracania zdolności wyładowczych można spotkać się w wielu gałęziach przemysłu. Proces ten wymaga znacznych nakładów finansowych i zużycia energii, co w dużym stopniu obciąża koszty produkcji finalnej. Dlatego rozwiązanie problemu intensyfikacji procesu rozmrażania posiada ważne znaczenie dla gospodarki narodowej.

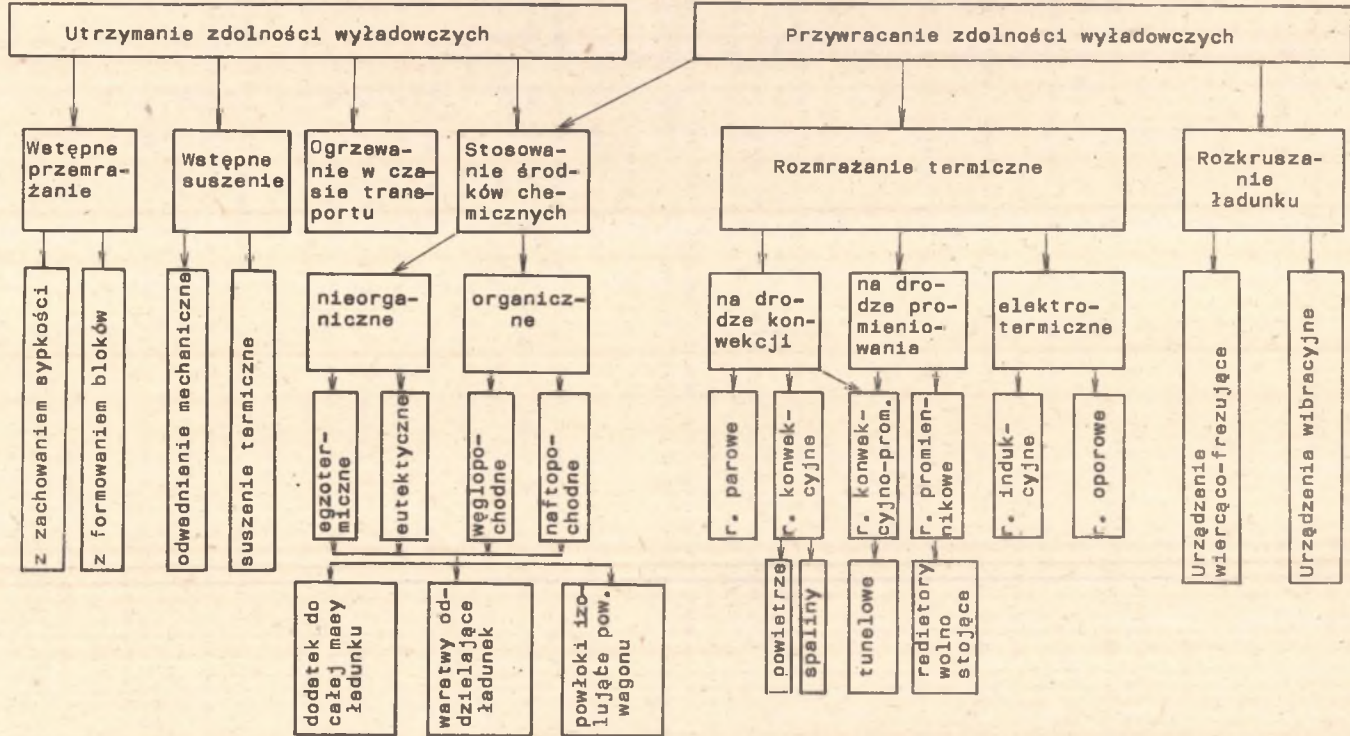
Bardzo istotny, problem z zamarzaniem surowców transportowanych w okresie zimowym występuje w przemyśle hutniczym. O randze zagadnienia świadczy wielkość masy przewożonych do hut materiałów sypkich oraz konieczność systematycznych dostaw surowców niezbędnych dla ciągłej produkcji.

METODY UTRZYMANIA LUB PRZYWRACANIA ZDOLNOŚCI WYŁADOWCZYCH, SUROWCÓW HUTNICZYCH TRANSPORTOWANYCH KOLEJĄ W OKRESIE ZIMOWYM

Stosowane w praktyce metody utrzymania zdolności wyładowczych ładunków sypkich przewożonych wagonami kolejowymi lub ich przywracanie w przypadku zamarznięcia materiału w wagonie przedstawia tablica 1.

Sposoby utrzymania zdolności wyładowniczych lub ich przywrócenia w przypadku zamrożenia wilgotnych materiałów sypkich transportowanych wagonami kolejowymi w okresie zimowym

Sposoby utrzymania zdolności wyładowniczych lub ich przywracania



W przypadku przemysłu metalurgicznego, podstawowym sposobem przygotowania zamrożonych surowców do wyładunku jest rozmrażanie, odbywające się w rozmrażalniach konwekcyjnych spalinowych. Ten sposób rozmrażania posiada szereg zalet ruchowych, decydujących o jego szerokim zastosowaniu, takich jak:

- prostota obsługi urządzeń rozmrażalni,
- możliwość automatycznego sterowania procesem, eliminującego pracę człowieka,
- wykorzystanie odpadowego nośnika ciepła (gazu wielkopiecowego) do ogrzewania zamrożonych ładunków.

Ponadto procesowi rozmrażania poddawane są równocześnie całe składy wagonów, wtaczane do tunelu bez konieczności manewrowania pojedynczymi wagonami.

SUROWCE HUTNICZE ULEGAJĄCE ZAMARZANIU

Dynamiczny rozwój polskiego hutnictwa żelaza jest przyczyną nieustannego wzrostu masy transportowanych przez kolej surowców. Powoduje to zwiększenie ilości materiałów sypkich, przewożonych w okresie zimowym, a więc mogących zamarzać. Można szacunkowo określić masę surowców hutniczych, które muszą być rozmrażane przed wyładunkiem na 10-12 mln ton w skali rocznej, przy czym wielkość ta jest uzależniona w głównej mierze od warunków klimatycznych.

Podstawowymi surowcami hutniczymi, ulegającymi zamarzaniu, są: ruda żelaza i koncentraty rudne, węgiel - szczególnie płukany wodą i czasami topniki. Najsilniej proces zamarzania przebiega w surowcach rudnych, szczególnie w koncentratkach, dlatego najbardziej długotrwały jest proces ich rozmrażania. Tablica 2 przedstawia średnie czasy rozmrażania wagonów z różnymi rodzajami surowców, określonymi na podstawie wieloletnich doświadczeń.

Tablica 2

Czas rozmrażania wagonów z zamrożonym ładunkiem dla maksymalnych dopuszczalnych temperatur w tunelu rozmrażalniczym

Rodzaj surowca	Czas rozmrażania (h)
Agloruda A lub AM	4
Koncentrat Jugok	6
Koncentrat Jugok w wagonach SZD komunikacji przestawczej	20
Koncentraty szwedzkie	4
Dolomit	4
Koksik	3

cd. tablicy 2

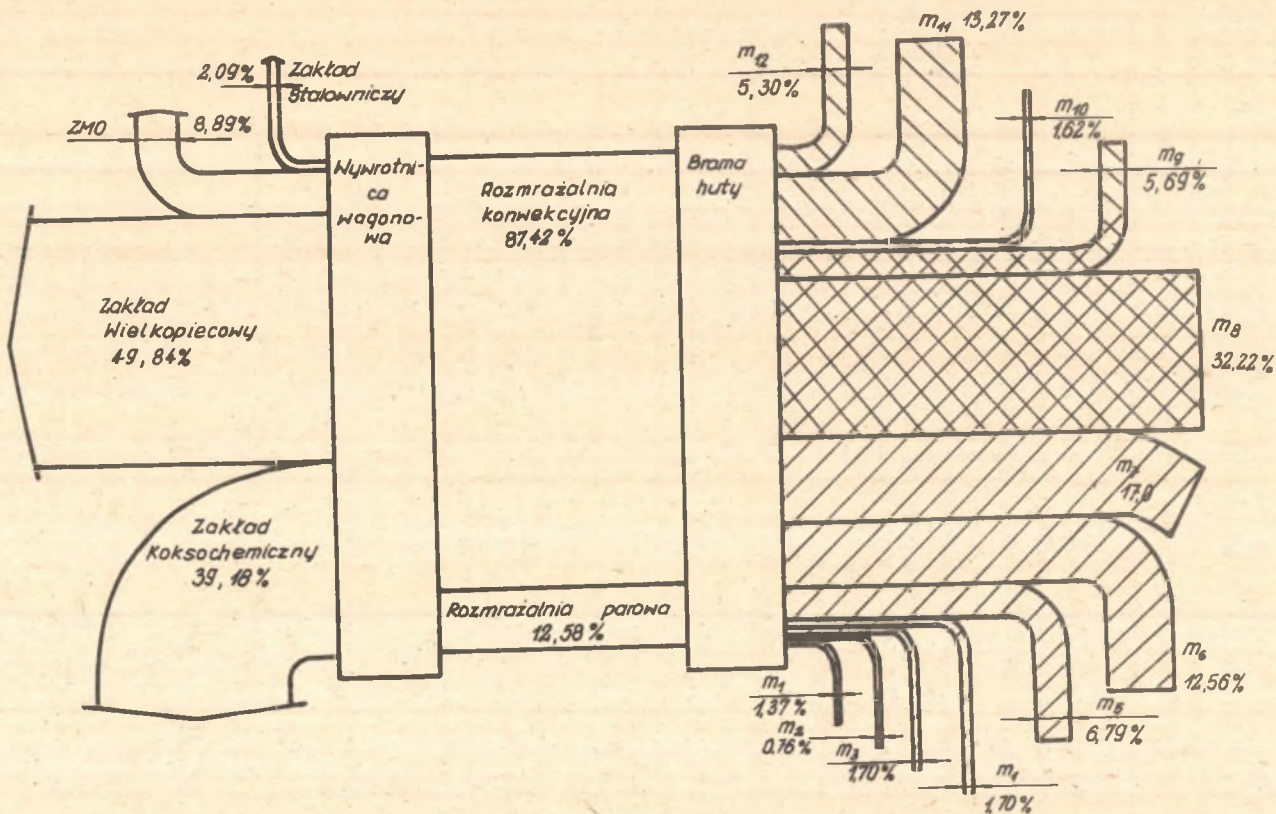
Rodzaj surowca	Czas rozmrażania (h)
Węgiel energetyczny	3
Węgla koksujące:	
"Anna" i "Marcel"	4
"1 Maj"	4
"Wałbrzych"	4
"Import"	5

Skład ilościowy surowców, dostarczanych do huty o pełnym cyklu produkcyjnym przy rocznej produkcji 7 mln ton stali, obrazuje tablica 3 i rysunek 1.

Tablica 3

Dobowe dostawy surowców ulegających zamrożeniu do huty o pełnym cyklu produkcyjnym, na podstawie danych kombinatu metalurgicznego o rocznej produkcji 7 mln ton stali

Grupa surowców	Surowiec	Symbol	Masa (t)	Udział procentowy (%)
R u d n e	Ruda stalowniana	m ₁	650	1,37
	Ruda manganowa	m ₂	360	0,76
	Koncentrat nisko- krzemowy	m ₃	806	1,70
	Rudy niskokrzemowe	m ₄	806	1,70
	Rudy kawałkowe	m ₅	3224	6,79
	Agloruda A i AB	m ₆	5970	12,58
	Koncentrat Jugok	m ₇	8070	17,00
E n e r g e - t y c z n e	Węgiel koksujący	m ₈	15288	32,22
	Węgiel "Import"	m ₉	2700	5,69
	Koksik	m ₁₀	768	1,62
T o p n i k i	Kamień wapienny	m ₁₁	6294	13,27
	Dolomit	m ₁₂	2516	5,30
Ł ą c z n i e			47452	100,00



Rys. 1. Wykres Sankeya dobowych dostaw surowców do huty o pełnym cyklu produkcyjnym, przy rocznej produkcji 7 mln ton

ROZMRAŻANIE KONWEKCYJNE SUROWCÓW HUTNICZYCH

Konwekcyjne rozmrażalnie przeznaczone są do rozmrażania surowców hutniczych, dostarczanych do huty w okresie zimowym w wagonach kolejowych. Rozmrażalnia dysponuje w tym celu jednym do kilku tunelami, w których włożone składy wagonów ogrzewane są schłodzonymi spalinami wielkopieczowymi o temperaturze poniżej 200°C , dostarczonymi z pieców ustawionych w hali przyległej do tuneli rozmrażania, zwanej piecownią. Do każdego tunelu jednocześnie wtaczany jest skład liczący kilkanaście wagonów. W górnej części tunelu umieszczone są kolektory rozprowadzające medium grzewcze. Spaliny gazu wielkopieczowego kierowane są częściowo do środka wagonu, a częściowo na boczne ściany lub dna wagonu. Oddają w czasie przepływu wokół wagonu ciepło, a następnie kanałami odciągającymi kierowane są do mieszalnika. Medium grzewcze jest mieszaniną 5% spalin świeżych gazu wielkopieczowego o temperaturze około 950°C oraz 95% spalin recyrkulujących o temperaturze około 60°C .

Proces rozmrażania prowadzi się w taki sposób, aby przy optymalnym obciążeniu wentylatorów recyrkulacyjnych temperatura spalin wlotowych do tunelu nie przekraczała 200°C , natomiast w strefie burt wagonów wynosiła do 140°C oraz w rejonie hamulców i łożysk do 80°C . Dla uniknięcia przegrzania wrażliwych na wysoką temperaturę elementów wagonów, na ścianach i podłodze tunelu zainstalowany jest chłodzący natrysk wodny, działający tylko wówczas, gdy temperatura medium przekroczy dopuszczalne wielkości. W celu oceny pracy dotychczasowych konstrukcji został przeprowadzony bilans cieplny tradycyjnej rozmrażalni konwekcyjnej, trójtunelowej o długości 204 (m) z chłodzącym natryskiem wodnym. Bilans sporządzono dla procesu rozmrażania koncentratu Jugok dostarczonego w 13 wagonach typu Eamos, które zostały umieszczone w jednym z tuneli rozmrażalni. Tablica 4 przedstawia zestawienie bilansowe, przy czym sporządzone jest ono oddzielnie dla układu palenisk, a oddzielnie dla tunelu rozmrażalniczego i układów chłodzącego oraz recyrkulacyjnego. Natomiast rys. 2 przedstawia wykres Sankeya bilansu cieplnego rozmrażalni konwekcyjnej.

STREFOWE OGRZEWANIE W ROZMRAŻALNI KONWEKCYJNEJ

Dotychczasowe konstrukcje rozmrażalni konwekcyjnych posiadają nadmuch medium grzewczego od góry, natomiast odpływ schłodzonych spalin przez kolektor zbiorczy umieszczony pod wagonami. Przy takim obiegu spalin niezbędne jest chłodzenie wodą podwozia i burt wagonów. Pomijając straty ciepła związane z chłodzeniem, następuje intensywne niszczenie wagonów kolejowych przez opalenie malatury, wytapianie smarów i niszczenie uszczelnień w układzie hamulcowym. W związku z tym Międzynarodowy Związek Kolei (UIC) określił maksymalne dopuszczalne temperatury dla poszczególnych części wa-

Tablica 4

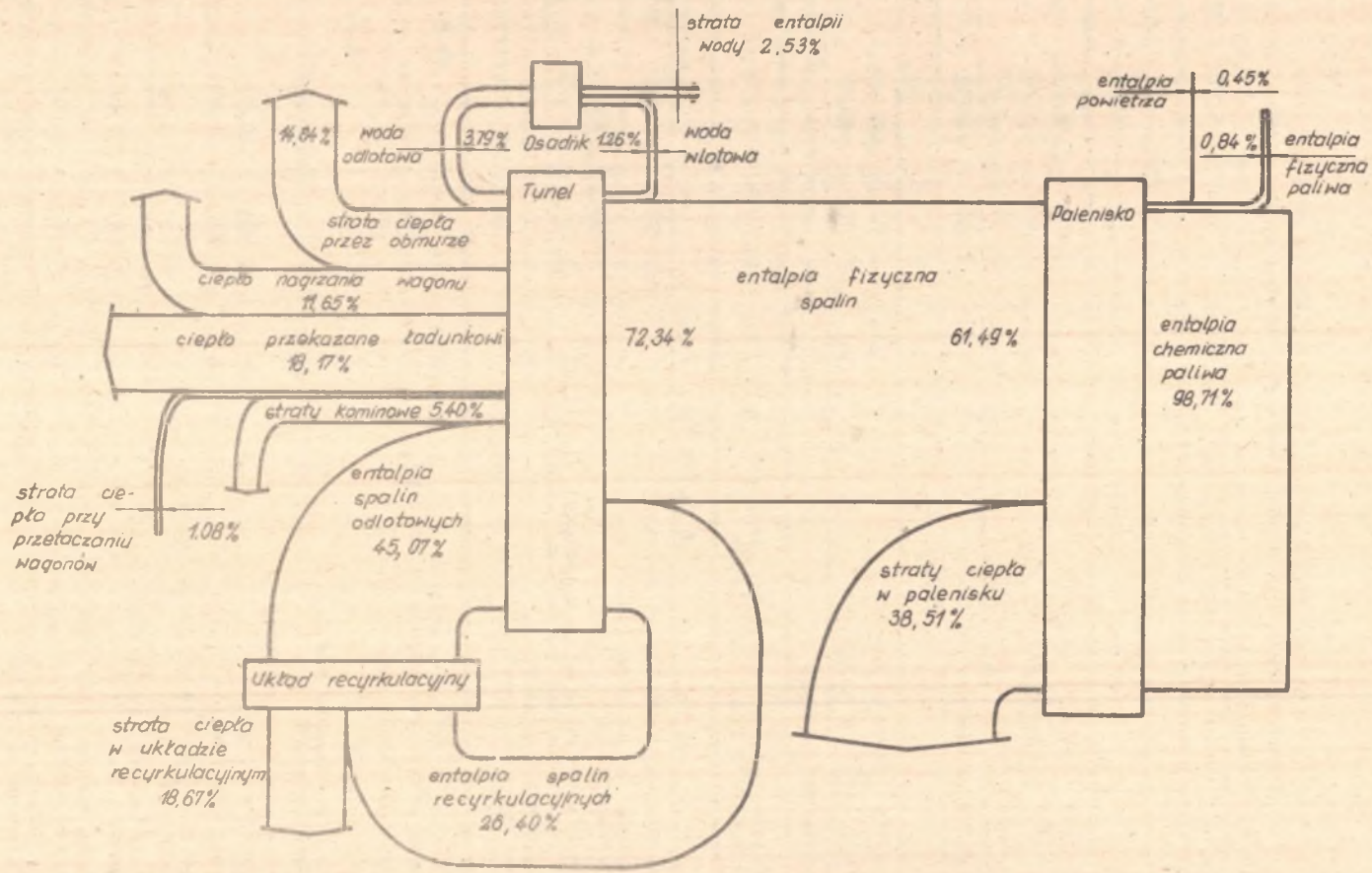
Bilans cieplny rozmrażalni konwekcyjnej
przeprowadzony dla procesu rozmrażania aglorudy A i AM

A. Bilans paleniska

P R Z Y C H Ó D			
P o z y c j a	Symbol	Ciepło	
		($10^6 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}$)	(%)
Entalpia chemiczna paliwa	Q_1	19,300	98,71
Entalpia fizyczna paliwa	Q_2	0,165	0,84
Entalpia fizyczna powietrza	Q_3	0,088	0,45
Ciepło doprowadzone	Q_{d_1}	19,553	100,00
R O Z C H Ó D			
Entalpia fizyczna spalin	Q_4	12,023	61,49
Straty ciepła w palenisku	Q_{s_1}	7,530	38,51
Ciepło odprowadzone	Q_{od_1}	19,553	100,00

B. Bilans tunelu rozmrażalniczego wraz z układem recyrkulującym spalin i wodnym układem chłodzącym

P R Z Y C H Ó D			
Entalpia fizyczna spalin świeżych	Q_4	12,023	72,34
Entalpia fizyczna spalin recyrkulujących	Q_5	4,388	26,40
Entalpia fizyczna wody chłodzącej	Q_6	0,210	1,26
Ciepło doprowadzone	Q_{d_2}	16,621	100,00
R O Z C H Ó D			
CIEPŁO UŻYTECZNE	Q_u	4,975	29,82
Ciepło przekazane ładunkowi (netto)	Q_n	3,021	18,17
Ciepło nagrzania wagonu (tara)	Q_t	1,936	11,65
STRATY CIEPŁA	Q_{str}	12,221	70,18
Entalpia fizyczna spalin recyrkulujących	Q_5	4,388	26,40
Strata ciepła w układzie recyrkulacyjnym	Q_7	3,104	18,67
Straty kominowe	Q_8	0,897	5,40
Entalpia fizyczna odlotowej wody chłodzącej	Q_9	0,630	3,79
Strata ciepła przy przetaczaniu wagonów	Q_{10}	0,179	1,08
Strata ciepła przez obmurze i bramy tunelu	Q_{11}	2,466	14,84
Ciepło odprowadzone	Q_{od2}	16,621	100,00 100,00



Rys. 2. Wykres Sankeya bilansu cieplnego rozmrażalni konwekcyjnej

gonu w procesie rozmrażania. Dotrzymanie warunków UIC jest możliwe w przypadku obniżenia temperatury medium do 90°C w strefie burt i 55°C w strefie urządzeń hamulcowych. Obniżenie temperatury medium spowodowałoby obniżenie o 30-50% wydajności rozmrażalni. Metoda strefowego ogrzewania 10 pozwala na podwyższenie wydajności rozmrażalni przy równoczesnym zachowaniu wszystkich warunków UIC oraz obniżeniu zużycia paliwa. Istotą tego sposobu ogrzewania jest wymuszenie maksymalnie dużej wymiany ciepła między medium a powierzchnią odkrytą materiału rozmrażanego, natomiast pozostałe części wagonu nagrzewane są tylko do maksymalnych dopuszczalnych temperatur.

Ze względu na wymianę ciepła wagon można podzielić na trzy strefy:

- 1 - odkryta powierzchnia materiału rozmrażanego,
- 2 - boczne ściany wagonów,
- 3 - podwozie wagonów.

Srednie strumienie ciepła q_i wymieniane między medium, a powierzchnią i -tej strefy F_i wagonu określa wzór Newtona:

$$q_i = \alpha_i F_i \Delta t_i,$$

gdzie:

α_i - współczynnik wnikania ciepła dla i -tej strefy,

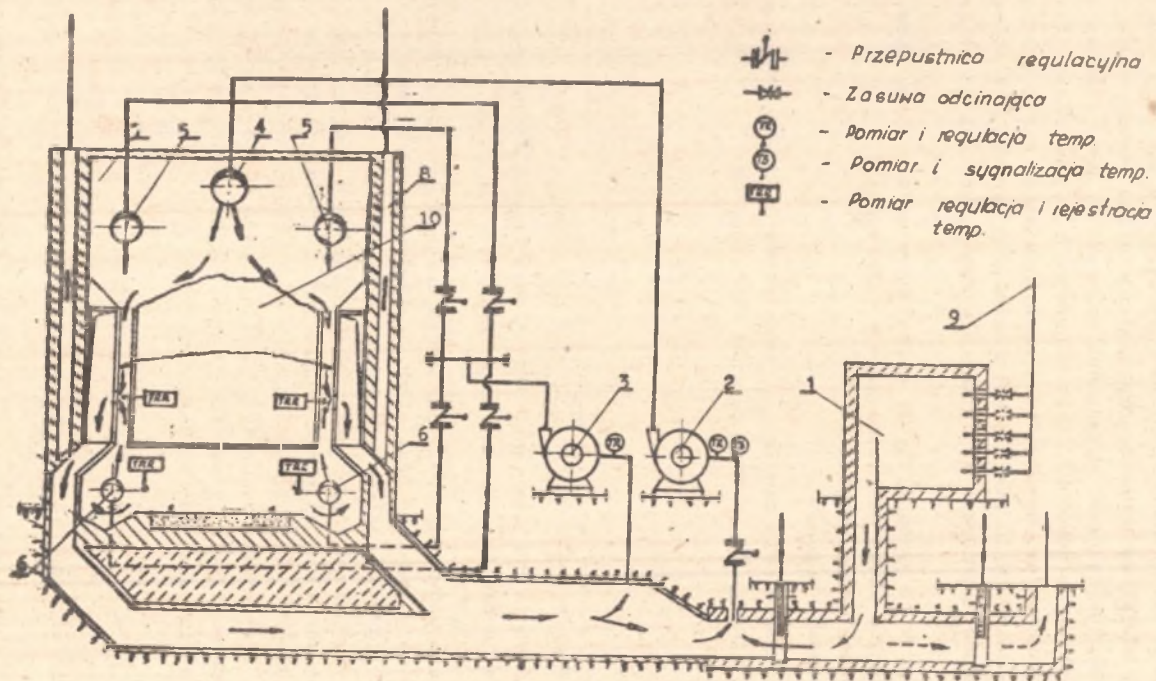
Δt_i - średnia różnica temperatur między czynną strugą medium grzewczego a powierzchnią w i -tej strefie.

Stosując odpowiednie rozmieszczenie kolektorów i otworów wylotowych strumieni medium grzewczego oraz otwór odciągowych częściowo wykorzystanych (recyrkulujących) i całkowicie wykorzystanych (odprowadzanych do komina) spalin, a tym samym odpowiedni rozkład ciśnień w poszczególnych strefach i kolektorach, można osiągnąć stosunkowo duże wielkości współczynników wnikania ciepła α_i w poszczególnych strefach. Celem uzyskania strefowego nagrzewania zastosowano dwa obiegi spalin. Jeden o możliwie maksymalnym dmuchu i temperaturze t_1 , zaś drugi o temperaturach t_2, t_3 . Między temperaturami medium musi być spełniana zależność:

$$t_1 \gg t_2 \gg t_3.$$

Układ strefowego nagrzewania w rozmrażalni konwekcyjnej przedstawia rysunek 3.

Spaliny o temperaturze t_1 kierowane są bezpośrednio na rozmrażany materiał (10), gdzie oddają część swego ciepła i są zasysane z powrotem do obiegu. Po uzupełnieniu spalinami świeżymi z pieca (1) wentylator gorącego dmuchu (2) tłoczy je powtórnie do kolektora gorącego dmuchu (4). Układ automatycznej regulacji, sterujący przepustnicami, reguluje stosunek ilo-



Rys. 3. Układ strefowego nagrzewania w rozmrzałni konwekcyjnej

ści spalin i temperaturę tak, aby dopuszczalne temperatury nie zostały przekroczone. Wentylator (3) recyrkułujących spalin zasysa spaliny zużyte w strefie 1 i 2 i tłoczy je do kolektorów (5, 6) strefy 2 i 3. Kolektory te umieszczone są w taki sposób, aby dwa z nich dawały nadmuch od góry, równoległe do burt wagonu i schładzały spaliny gorące, natomiast druga para kolektorów daje nadmuch od dołu i tworzy uszczelnienie pneumatyczne, zamykające drogę gorącym spalinom w rejon podwozia wagonu. Zużyte spaliny ze strefy 3 odprowadzane są z tunelu rozmrażalniczego [7] na zewnątrz.

Charakterystyczną cechą układu jest stała ilość spalin znajdujących się w obiegu, przy czym ich entalpia fizyczna regulowana jest w czasie za pomocą zmian ilości dopływających spalin świeżych. Straty ciepła w układzie strefowego rozmrażania są niższe niż w tradycyjnych konstrukcjach rozmrażalni konwekcyjnych.

PODSUMOWANIE

Stosowana dotychczas metoda konwekcyjnego rozmrażania wykazuje szereg wad, z których najistotniejsze to:

- możliwość uszkodzenia termicznego niektórych elementów wagonów, takich jak: hamulce, części gumowe, malatura,
- nieuzasadnione duże zużycie ciepła w procesie rozmrażania, spowodowane przez niepełne wykorzystanie ciepła fizycznego medium grzewczego;
- niekorzystny obieg spalin, powodujący uzyskiwanie niskich współczynników wnikania ciepła,
- stosowanie chłodzenia wodnego, powodującego straty ciepła oraz znaczne przyspieszenie procesu korozji wagonów.

Zastosowanie strefowego nagrzewania wagonów w tunelu rozmrażalni pozwoli na znacznie lepsze wykorzystanie ciepła wnoszonego do procesu, co zwiększy jej sprawność cieplną. Ponadto wyeliminowanie chłodzenia wodnego uchroni konstrukcję wagonu od przyspieszonej korozji. Należy nadmienić, że metoda strefowego nagrzewania może być wykorzystywana z powodzeniem tylko w przypadku, gdy do tunelu rozmrażalniczego wtaczane są wagony tego samego typu.

LITERATURA

- [1] Węgierski J.: Bocznice kolejowe kopalni węgla kamiennego. Śląsk, Katowice 1968.
- [2] Matiasow T., Noskow J.: Pieriewozki smierzajuszczichsja gruzow. Moskwa 1964.
- [3] Władimirow A.: Miechanizacja wygruzki smierzajuszczichsija w zeleznodarożnych wagonach nierudnych materiałów. Promyszennoje Stroitelstwo, Moskwa 1960.

- [4] Padnja V.: Pogruzoczno - rozgruzaznyje maszyny na żeleznodorożnom transporcie. Transżelezoizdat. Moskwa 1956.
- [5] Grinszpak W.: Urządzenia do spulchniania zamrażniętych materiałów sypkich. Patent ZSRR nr 361956.
- [6] Dobrachółow A.: Urządzenie do czyszczenia węglarek z resztek zamrażniętych i przyklejonych materiałów sypkich. Patent ZSRR nr 379497.
- [7] Winogradow G.: Urządzenie do spulchniania i wyładunku zamrażniętych materiałów sypkich. Patent ZSRR nr 357133.
- [8] Bam W.: Urządzenie do kruszenia zamrażniętych i zbrylonych materiałów przy ich wyładunku. Patent ZSRR nr 382568.
- [9] Mazanek Ł., Janowski J., Bewesch R.: Przygotowanie wsadu wielkopiecowego. "Śląsk", Katowice 1968.
- [10] Woźniacki R., Węgrzyn, Buczek A.: Konwekcyjna rozmrażalnia materiałów sypkich przewożonych w wagonach kolejowych. Wniosek patentowy.

КОНВЕКЦИОННЫЕ ОТДЕЛЫ РАЗМОРАЖИВАНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО
СЫРЬЯ И ВОЗМОЖНОСТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИХ РАБОТЫ

Р е з ю м е

В статье рассматривается вопрос размораживания металлургического сырья зимой. Приводится просмотр методов удерживания или восстанавливать разгрузочные способности металлургического сырья транспортированного железной дорогой. Дается краткая характеристика металлургического сырья подвергаемого замораживанию.

Рассматривается конструкция отдела размораживания конвекционного и приводятся некоторые возможности усовершенствования их тепловой работы.

THE CONVECTIONAL DEFROSTING OF MATERIALS IN METALLURGY
AND THE POSSIBILITIES OF AMENDMENT OF THEIR OPERATION

S u m m a r y

The paper tackles the problem of defrosting the metallurgic raw-materials shipped in winter time. The review of methods of upholding and bringing back the unloading capabilities of the raw materials transported by railway was made. The short characteristics of metallurgic raw materials susceptible to frosting was performed.

Then, the description of the actual constructions and designs of defrosting rooms (convection) was presented, and the possibilities of abetting their heat operation were pointed out.