Seria: ENERGETYKA z. 68

Nr kol. 564

Lech SZECÓWKA Zbigniew WERNICKI

Politechnika Częstochowska

DOŚWIADCZALNE I OBLICZENIOWE OKREŚLENIE WARUNKÓW GRZANIA STALI W PIECACH PRZEPYCHOWYCH

Streszczenie. Badania w doświadczalnym piecu wykazały że istnieje oprócz pionowego również osiowy przepływ ciepła w kęsach. Udział dopływu ciepła do spodu kęsów nad belkami wynosi przy ślizgach wysokich 40,5% i niskich 18,6%. Wykonano obliczenie rozkładu temperatur i wydajności pieców dla stali węglowej i austenitycznej,z uwzględnieniem zależności współczynnika a od temperatury.

1. Wstęp

W rozwoju pieców przeciwprądowych przemysłu metalowego, po powszechnym wprowadzeniu pieców trójstrefowych z górnym i dolnym ogrzewaniem wsadu,daje się zauważyć w ostatnich latach tendencja stosowania układów wielostrefowych. Powstają piece o płaskim poziomym trzonie i stropie, zaopatrzone w części górnej nad wsadem w palniki stropowe płaskopłomienne oraz zaporowe boczne o dużej szybkości wypływu spalin, zaś w części dolnej w palniki boczne o regulowanej długości płomienia (rys. 1) [7]. Piece te pozwalają na ukształtowanie dowolnego grzania.



Rys. 1. Piec przepychowy

1 - strefa I podgrzewcza, 2 - strefa II grzewcza, 3 - strefa III wygrzewcza, 4 - wead, 5 - szyny wysokie, 6 - szyny niskia. 7 - palniki stropowe płaskopłomienne, 8 - palniki dolne boczne, o regulowanej długości płomicnia, 9 - palniki tunelowo zaporowe, 10 - odciąg spalin, 11 - okno wsadowe, 12 - okno do wyjmowenia Spośród wielu możliwych przebiegów grzania wydają się najkorzystniejsze: obejmujący początkowe ogrzewanie do 1170 K przy niezmiennej różnicy między temperaturą powierzchni i wnętrza wsadu oraz dalsze końcowe, przy wyrównanej temperaturze spalin w wygrzewczej strefie pieca [6].

Wsad w piecach przepychowych opiera się na belkach chłodzonych wodą, pokrytych warstwą izolacji. Żebra belek odprowadzają ciepło ze wsadu, a poza tym powłoki izolacyjne osłaniają część wiadu przed promieniowaniem od dołu. Nad belkami występują niższe temperatury we wsadzie, powodujące spływ ciepła wzdłuż grzanych kęsów.

Określenie warunków grzania w piecach przepychowych przy różnych gatunkach stali stanowi zadanie niniejszej pracy.

Badanie rozkładu temperatur przy uwzględnieniu strumieni ciepła płynących wzdłuż kęsów

W celu określenia przebiegu temperatur we wsadzie w czasie grzania, przeprowadzono badania w periodycznym piecu komorowym przystosowanym do grzania kęsów opartych na izolowanych belkach chłodzonych wodą (rys. 2) [2]. Konstrukcja pieca umożliwiała pionowe przemieszczanie belek w obrębie osłon izolacyjnych. Uzięki temu można było w czasie pracy pieców zmieniać wysokość ułożenia wsadu nad osłonami.



Rys. 2. Piec doświadczalny

a) przekrój poprzeczny, b) zestaw kęsów, c) przekrój przez belkę nośną, 1 - palnik, 2 - belka nośna, 3 - ślizg, 4 - osłona, 5 - kęsy, 5.1 położenie początkowe, 5.2 - przesunięte, 5.3 - opuszczone, 6 - termoelementy, 6.1 - położenie początkowe, 6.2 - przesunięte, 7 - mechanizm podnoszenia belek, 8 - mechanizm podnoszenia zasłony, 9 - mechanizm załadowczy, t₁źt₁₃ - punkty pomiarowe, 10 - przestrzeń na przewody termoelementów

68

Wsad składał się z trzech zespawanych kęsów wysokości 225 mm i szerokości 176 mm ze stali St3A. W kęsie środkowym umieszczono 17 termoelementów z tego w przekroju nad belką 11 i 6 w przekroju między belkami.

Grzanie przeprowadzono w dwóch okresach: początkowym do 1170 K.przy jednakowym rozrzucie temperatur we wsadzie oraz końcowym bez zachowania tego rozrzutu. W serii 1 i 2 kęsy leżały na szynach opuszczonych, jednak w serii 2 przesunięto kęsy po osiągnięciu temperatury 1170 o 150 mm. tak by zestaw termoelementów znalazł się poza wpływem osłony belki. W serii 3 i 4 belki w pierwszym okresie były podniesione a w drugim opuszczone. W serii 4 po okresie pierwszym kęsy przesunięto. Rozkład temperatur w kęsach przedstawiono na rys. 3 [3].



Rys. 3. Przebiegi temperatury kęsa w piecu doświadczalnym; grzanie nad ślizgami niskimi

a) bez przesuwania, b) z przesuwaniem wsadu; do 1170 K nad wysokimi.potem nad niskimi ślizgami, c) bez przesuwania, d) z przesuwaniem; temperatury 1,3 między ślizgami, 13, 8, 7, 6 nad ślizgami

3. Analityczna teoria grzania

Przepływ ciepła w kęsach w piecu przeciwprędowym jest w zasadzie trójwymiarowy. Jednak przepływ wzdłuż osi pieca jako mały jest w obliczeniach pomijany. Wyrażny przepływ wzdłuż osi kęsa w pobliżu jego podparcia wywołał w czasie badań doświadczalnych zmniejszenie rozrzutu temperatur w stosunku do grzania jednostronnego. Opierając się na wynikach doświadczeń można warstwę kęsów nad belkami traktować jako płytę grzaną przez ośrodek o jednakowej temperaturze przy różnych oporach wnikania ciepła od góry i od dołu kęsów.

Pole temperatur w płaskiej płycie określa równanie Fouriera (1)

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}.$$
 (1)

Spośród rozwiązań równania różniczkowego (1) wykorzystano równanie dla grzania w ośrodku o stałej temperaturze i niezmiennych wartościach a i og oraz równanie dla grzania przy stałej różnicy temperatur we wsadzie. Równanie dla grzania przy stałej temperaturze otoczenia posiada postać (2)

 $T - T_{g} = (T_{p_{o}} - T_{g}) \cdot \Phi_{1} - \Delta T_{o} \cdot \Phi_{2}.$ (2)

gdzie jest

$$\Phi_1 = \sum_{l=1}^{\infty} \frac{2 \sin \eta_l}{\eta_1 + \sin \eta_1 \cdot \cos \eta_l} \cdot \cos \eta_l \frac{x}{z} \cdot e^{-\eta_1^2 \frac{a \cdot t}{z^2}}$$

$$\Phi_{2} = \sum_{l=1}^{\infty} \frac{4}{\eta_{1}^{2}} \cdot \frac{\sin \eta_{1} - \cos \eta_{1}}{\eta_{1} + \sin \eta_{1} \cdot \cos \eta_{1}} \cdot \cos \eta_{1} \frac{x}{z} \cdot e^{-\eta_{1}^{2} \frac{a_{1}}{z^{2}}}$$

 η_1 = Bi . ctg η_1 oraz ΔT_0 różnica temperatury powierzchni i wnętrza wsadu przy parabolicznym rozkładzie tmperatur. Wartość funkcji Φ_1 i Φ_2 podał na wykresach Taic [4].

3.1. Grzanie przy stałej różnicy temperatur we wsadzie

W czasie grzanie przy stałej różnicy temperatur we wsedzie równenic (1) przyjmuje postać

$$\frac{\partial T}{\partial U} \cdot \frac{1}{a} = \frac{M}{a} = \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}.$$
 (3)

Równanie (3) obowiązuje, gdy prędkość podgrzewania całego przekroju kęsów zależy od temperatury według tej samej funkcji co współczynnik a. Można więc analitycznie określić pole temperatur także przy występującej zależności a od temperatury.

Równanie (3) w ogólnym przypadku różnych oporów wnikania ciepła na obu powierzchniach płyty lecz jednakowej chwilowej temperaturze otoczenia prowadzi do równania (4)

$$T - T_{0} = f(T) + \frac{M_{*}s^{2}}{2a} \left(\frac{x^{2}}{s^{2}} - \frac{x}{s}\right) - \left(T_{x=0} - T_{x=5}\right) - \frac{x}{5}$$
(4)

gdzie f(1) jest określoną funkcją czasu oraz $T_{x=0} - T_{x=0} = constans.$ Równanie (4) jest przybliżone, gdyż na początku grzania temperatury we wcadzie są wyrównane a nie określone równaniem drugiego stopnia [3]. Jednak wpływ początkowego rozkładu szybko zanika tak, że po okresie odpowiadającym. Fo ≥ 0.25 , pole określone równaniem (4) mało różni się od rzeczywistego.

Funkcja (4) posiada minimum dla wartości (5)

$$\frac{x}{s} = \frac{1}{2} + \frac{a}{M \cdot s^2} (T_{x=0} - T_{x=s}).$$
(5)

Gdy obie temperatury powierzchni są wzajemnie równe, minimum występuje w połowie grubości płyty, a maksymalna różnica temperatur wynosi (6)

$$T_{x=0} - T_{x=0.5} = \frac{M_{.5} s^2}{8.8}$$
 (6)

Równanie (6) pozwala na określenie strumieni ciepła dopływających do obu powierzchni. Iloczyn pochodnej $\frac{\partial T}{\partial x} \underset{x=s}{\underset{x=s}{x=s}}$ i współczynnika przewodzonia ciepła λ określa gęstość strumienia ciepła

$$\overset{\bullet}{\mathsf{q}}_{\mathsf{x}=\mathsf{o}} = -\lambda \cdot \frac{\partial \mathsf{T}}{\partial \mathsf{x}_{\mathsf{x}=\mathsf{o}}} = \frac{\mathsf{M} \cdot \mathsf{s} \cdot \mathsf{c} \cdot \mathcal{Q}}{2} + (\mathsf{T}_{\mathsf{x}=\mathsf{o}} - \mathsf{T}_{\mathsf{x}=\mathsf{s}}) \cdot \frac{\lambda}{\mathsf{s}}$$
(7)

oraz

$$\dot{q}_{x=s} = -\frac{M.s.c.Q}{2} + (T_{x=0} - T_{x=s}) \cdot \frac{\lambda}{s}$$
 (8)

Gdy dolna powierzchnia kęsów jest doskonale izolowana a ą́_{x=s} = O równanie (8) określa maksymalną różnicę temperatur we wsadzie (9)

 $T_{x=0} - T_{x=8} = \frac{M \cdot s^2}{2 \cdot a}$ (9)

Iloraz równania (7) i (8) daje stosunek strumieni ciepła dopływającego do wsedu od góry i od dołu

$$\frac{\dot{q}_{x=0}}{\dot{q}_{x=s}} = D = \frac{M \cdot s^2 + 2 \cdot a(T_{x=0} - T_{x=s})}{M \cdot s^2 - 2 \cdot a(T_{x=0} - T_{x=s})}$$
(10)

przekształcone równanie (10) pozwala obliczyć różnicę temperatur gdy znany jeststosunek D

$$T_{x=0} - T_{x=8} = \frac{M \cdot s^2}{2 \cdot a} \cdot \frac{D - 1}{D + 1}.$$
 (11)

3.2. Czas grzania przy zależności współczynnika a od temperatury

Przy założeniu, że Majest wielkością stałą oraz że współczynnik a jest liniową funkcją temperatury

 $\mathbf{a}_{\mathcal{N}} = \mathbf{a}_{\mathcal{O}} \left(\mathbf{1} + \mathbf{A}_{\mathcal{O}} \cdot \boldsymbol{\vartheta}^{^{n}} \right),$

gdzie

√ = Т - Т_о

można ułożyć równanie różniczkowe pozwalające na określenie czasu grzania. Pochodną równania (4) względem czasu na mocy przyjętych założeń przedstawia równanie (12)

$$\frac{d\vartheta}{d\tau} = M = M_{0} (1 + A \cdot \vartheta)$$
(12)

Rozwiązaniem równania (12) jest

$$\vartheta' = \frac{1}{A} (e^{M_0 \cdot A \cdot C} - 1)$$
 (13)

a czas ໃ potrzebny do osiągnięcia temperatury ປ້

$$T = \frac{\ln(A \cdot \vec{v} + 1)}{M_0 \cdot A} = s^2 \frac{\vec{v}}{8 \cdot a_0 \Delta T} \cdot \frac{\ln \frac{a_0}{a_0}}{\frac{a_0}{a_0} - 1}.$$
 (14)

4. Numeryczna analiza grzania kęsów w piecu przepychowym

W czasie badań w doświadczalnym piecu stwierdzono, że można uzyskać wystarczające wyrównanie temperatur w kęsach przy grzaniu wstępnym do 1170 K, utrzymując stałą różnicę temperatur we wsadzie opartym na podniesionych belkach a następnie grzaniu przy belkach opuszczonych po przesunięciu kęsów.

Pomiary temperatur w okresie wstępnym pozwoliły na określenie stosunku D strumieni ciepła płynącego od góry i od dołu do wsadu.

Wykorzystując wyniki doświadczeń przeprowadzono obliczenia wybranego pieca przepychowego. Obliczenia przeprowadzono przy następujących założeniach:

1. W strefie I podgrzewczej wsad opiera się na bełkach o wysokich ślizgach.

2. Po osiągnięciu temperatury 1173 K na górnej powierzchni wsadu, kęsy przechodzą do strefy II grzewczej o wyrównanej temperaturze spalin, przesuwając się po niskich ślizgach.

3. W miejscu, gdzie wnętrze kęsów w przekroju między belkami osiąga temperaturę 1453 K, kęsy przechodzą w strefie III wyrównawczej na ślizgi niskie o osiach przesuniętych.

4. Kres grzania określa osiągnięcie wewnątrz kęsów temperatury 1473 K.

Rozpatrzono trzy przekroje kęsów: przekrój 1 leży między ślizgami na całej długości pieca, przekrój 2 jest bez ograniczeń opromieniowany w strefie I podgrzewczej i II grzewczej, natomiast w strefie III wyrównawczej leży nad ślizgami, przekrój 3 w strefie I i II leży nad ślizgami, zaś w strefie III znajduje się między ślizgami.

Obliczenia dla przekroju 1 oparto w zakresie strefy I na równaniach (6) i (14), w strefie II i III na równaniu (2). W przekroju 2 pole temperatur w strefie I i II jest identyczne z polem w przekroju 1. W strefie III wsad wchodzi nad niskie ślizgi belek. Zmianę pola temperatur wyznaczono wykreślnie.

Przekrój 3 leży w strefie I na ślizgach wysokich i w II na niskich,a w III jest swobodnie opromieniowany od góry i dołu. Dla strefy I zastosowano równanie (4) i (11). Natomiast dla przejścia kęsów ze ślizgów wysokich na niskie w strefie II, a następnie dla wyjścia z zasięgu belek podpierających wsad, pole temperatur określono wykreślnie [1]. Obliczenia przebiegów w strefie I przeprowadzono oddzielnie dla stali miękkiej węglowej i dla stali austenitycznej, ze względu na wybitnie różne własności cieplne [7].

Ponieważ przy temperaturach wyższych od 1170 K współczynnik a jest jednakowy dla wszystkich gatunków stali, wykonano wspólne obliczenia dla obu wypadków.

Dane i wyniki obliczeń analitycznych dla strefy I ujęto w tablicy 1. zaś dla strefy II i III dla przekroju 2 i 3 w tablicy 2. Podstawy i wyniki obliczeń graficznych dla strefy II i III przekroju 2 i 3 umieszczono na rys. 4. Obliczenie dla przekroju 3 w strefie II opiera się na analitycznym obliczeniu dla strefy I. Uwzględniono stosunek dopływu promieniowania dla ślizgów niskich D = 4.44. Początkowy rozkład temperatur w przekroju 2 został obliczony analitycznie jako końcowy strefy II.

Tablica 1

Gatunek	10 ⁶ . a ₂₉₃	10 ⁶ . a ₁₁₇₃	τ	s=0,25 m, T _o = 293 K, T _K = 1173 K
stali	m ² /s	m ² /s	s	$ $
St. węglowa	17,93	4,73	6244	$\Delta T_{0} = 83.4 \text{ K}$
St. austen.	4,68	4,86	13 560	





Rys. 4. Dane i wyniki obliczeń graficznych dla strefy II i III przekroju 2 i 3

74

N
-
44
- Ē
0
<u> </u>
-×
Ň
6
a
Ξ.
H.
-ef
Ξ.
\geq
4-
0
1
0)
B
Ξ.
0
`□
0
N
Ξ.
4
0
0
-
V.
Ę
~
×
0
5
ő

Δ^{\top}_{2} K		131	51	15
T w T	I	1309	1452	1531
d ¥	I	1440	1503	1546
$\Phi^{2}_{2}_{-w}$	0,26	0,26	0,19	
$\Phi_{1_{w}} \Phi_{1_{w}}$	0,26	0,29	0,24	
м Ш	1,34	1,47	1,47	
0 L I	0,820	0,850	1,090	
ه ج	2714	2368	3200	
ΔT ₁ K	110	131	27	
d y	1173	1440	1503	
10 ⁶ a m ² /a	4,72	5,31	5,31	
ی ۲ (m . K)	27	28	28	
o ^{cr} z W/(m ² .K)	289	329	350	
∞r W/(m ² . K)	269	309	350	350
° ⊳ ⊻	1173	1373	1510	1550

- temperatura początkowa powierzchni, 1 T Po
- temperatura końcowa powierzchni założona, ł
- temperatura końcowa powierzchni obliczona. ı TPz
 - TP1
 - temperatura końcowa wewnętrzna obliczona. ı Twit
- początkowa różnica temperatur we wsadzie, 1 AT1
- temperatura poczętkowa powierzchni. i AT2

5. Zależność wydajności pieca od wymiarów i rodzaju wsadu

Jednostkową wydajność pieca określa stosunek ilości substancji wsadu, przypadającej na 1 m² powierzchni trzonu, do całkowitego czasu grzania, w myśl równania (15)

$$g = \frac{Q}{\tau_1 + \tau_2 + \tau_3}$$
 (15)

Czas grzania w strefie I zależy od rodzaju stali i drugiej potęgi grubości (14) zaś w strefie II i III przy stałej temperaturze spalin od funkcji Φ_1 i Φ_2 oraz liczb Fo i Bi. Terlecki [5] określił dla tego rodzaju grzania funkcję potęgową wymiarów o wykładniku 1,465. Uwzględniając powyższe otrzymuje się równanie (16)

$$g_{1} = \frac{Q \cdot s}{\tau_{1,1} + \tau_{(2+3),1}} = \frac{Q}{\frac{\tau_{1,0}}{s_{0}^{2}} \cdot s_{1} + \frac{\tau_{(2+3),0}}{s_{0}^{1,465} \cdot s_{1}^{0,465}}}.$$
 (16)

Równanie dla stali węglowej posiada postać (16.1) i austenitycznej (16.2)

$$\dot{g}_1 = \frac{1}{12.84 \cdot s_1 + 8.11 \cdot s_1^{0.465}}$$
 (16.1)

$$g'_1 = \frac{1}{27,98 \cdot s_1 + 8.11 \cdot s_1^{0.465}}$$
 (16.2)

Jednostkowę wydajność pieca podaje tablica 3

Tablica 3

Zależność wydajności pieca od grubości wsadu

Grubość wsadu m	0,100	0,200	0 , 300	0,400	0,500
Stal węglowa kg/(m ² .s)/kg/(m ² .godz.) Stal austen. kg/(m ² .s)/kg/(m ² .godz.)	0,240/886 0,180/646	0,150/680 0,133/477	0,156/562 0,103/352	0,134/484 0,089/321	0,118/424 0,077 /2 72

Wnioski

Przeprowadzone badania na piecu doświadczalnym i oparte na nich obliczenia wykazały, że:

 Grzanie w zakresie do 1170 K, przy stałej różnicy temperatur we wsadzie, pozwala na uwzględnienie zależności współczynnika a od temperatury, przy różnych gatunkach stali.

2. Zastosowanie belek nośnych z wysokimi ślizgami w strefie podgrzewczej umożliwia doprowadzenie do kęsów od spodu 68,2% promieniowania dopływającego od góry, co pozwala na grzanie w strefie grzewczej kęsów na niskich ślizgach, pod warunkiem przesunięcia belek w końcowej strefie wygrzewczej.

 3. Przepływ ciepła wzdłuż osi kęsów doprowadza do przekrojów nad niskimi ślizgami 22,8% promieniowania dopływającego od góry.

4. Grzanie od góry i dołu w strefie grzewczej i wygrzewczej, przy temperaturze spalin 1573 K, umożliwia uzyskanie następujących temperatur

Nr	przekroju	1	2	3
	góra	1546	1541	1519
	oś	1531	1507	1513
	spód	1546	1513	1473

5. Jednostkową wydajność pieca można określać za pomocą równań typu (16)

$$g = \frac{1}{as_1 + bs_1^{0,465}}$$

Oznaczenia

A – współczynnik, 1/K

a – współczynnik przewodzenia temperatury, m²/s, a_o przy temperaturze T_o C_e – stała czasowa, s

c - ciepło właściwe. J/(kg.K)

D - stosunek dopływu ciepła D = $\frac{q_{x=0}}{q_{x=8}}$.

F – powierzchnia wymiany ciepła, m²

g – jednostkowa wydajność pieca, kg/(m². s)

M – prędkość podnoszenia temperatury, K/s. M_o przy temperaturze T_o

Q - ciepło, J

- . q – gęstość strumienia ciepła. W/m², q_{x=0} na górnej, q_{x=s} na dolnej powierzchni kęsa
- s grubość kęsa, $z = \frac{s}{2}$, m
- x głębokość od górnej powierzchni kęsów, m
- T temperatura bezwzględna, K, T_o na początku grzania, T_{x=0} na górnej. T_{x=8} na dolnej, T_{x=0,5} w połowie kęsa, T_{po}początkowa powierzchni. T_o początkowa różnica temperatur, T_o spalin w piecu
- 🔨 temperatura względna ponad T_, K
- α, współczynnik wnikania ciepła, W/(m².Κ)
- λ współczynnik przewodzenia ciepła, W/(m.K)
- ♀ gęstość, kg/m³
- Φ_1 funkcja Φ_1 (Fo, Bi, $rac{x}{2}$), -
- ϕ_{\circ} funkcja $\tilde{\phi}_{\circ}$ (Fo, Bi, $\frac{x}{2}$), -
- o liczba Fouriera, -
- Bi liczba Biota, –

LITERATURA

- Gaj H., Wernicki Z.: Przybliżone metody rozwiązywania zagadnień w zakresie nieustalonego przepływu ciepła, Hutnik nr 5, Śląsk. Katowice 1976.
- [2] Szecówka L.: Przemysłowe badanie wpływu szyn ślizgowych na przebieg grzania kęsów w piecach przepychowych, Hutnik nr 7, Śląsk, Katowice 1973.
- Szecówka L.: Podstawy programowego grzania stali w piecach przeciwprądowych, praca doktorska, Politechnika Częstochowska 1977.
- [4] Taic H.J.: Technologia nagrewa stali. Metałłurgizdat, Moskwa 1950.
- [5] Terlecki E., Wernicki Z.: Technologia szybkiego negrzewania wlewków stalowych, ZN Pol. Częstochowskiej, Hutnictwo 3/17. Częstochowa 1969.
- [6] Wernicki Z., Szecówka L., Michalczyk I.. Wpływ osłon szyn ślizgowych w piecach przepychowych na przebieg grzenia kęsów, Hutnik nr 5. Śląsk Katowice 1973.
- [7] Wernicki Z., Krężołek I.: Dynamikh procesów cieplnych. Politochnika Częstochowska 1976.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ НАГРЕВА СТАЛИ В ТОЛКАТЕЛЬНЫХ ПЕЧАХ

Резюме

Исследования, проведённые в экспериментальной печи, доказали, что в слябах существует кроме вертикального также осевое течение тепла. Участие притока тепла к нижней части слябов над балками составляет при высоких рёбрах 40,5%, а низких - 18,6%. Были проведены расчёты распределения температур и производительности печей для углеродистой и аустенитной сталей с учётом зависимости коэфициента а от температуры.

EXPERIMENTAL AND CALCULATED DETERMINING OF STEEL HEATING IN PUSHER FURNACES

Summary

Investigations in an experimental furnace have proved that there also is an axial heat flow in billets besides the vertical flow. The participation of heat inflow to the billets bottom above the beams equals 40.5% with high rails and 18.6% with low rails.

Temperature calculations and capacity distributions for carbon and austenitic steel was carried into effect by taking into account the "a" coefficient and temperature interdependence.