



There is analysed the influence of distribution of metal density within width of transporter on uniformity of rolled wire chilling. The ways of increasing of uniformity of structure and characteristics of rolled wire by length of hanks are offered.

С. М. ЖУЧКОВ, Институт черной металлургии НАН Украины,
В. В. ФИЛИППОВ, РУП "БМЗ",
А. А. ГОРБАНЕВ, Институт черной металлургии НАН Украины,
В. А. ТИЩЕНКО, А. Б. СТЕБЛОВ, РУП "БМЗ"

ВЛИЯНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ МЕТАЛЛА ПО ШИРИНЕ РОЛИКОВОГО ТРАНСПОРТЕРА НА РАВНОМЕРНОСТЬ ОХЛАЖДЕНИЯ ВИТКОВ КАТАНКИ

УДК 621.771.25.04.001.5

Равномерность структуры и свойств по длине мотков катанки является важным показателем качества и определяется распределением расхода подаваемого воздуха по ширине роликового транспортера.

Для обеспечения однородности структуры и свойств катанки по длине мотков общий расход воздуха на охлаждение спиральной ленты витков должен распределяться по ширине роликового транспортера таким образом, чтобы в каждой точке спиральной ленты обеспечивалось постоянство температуры металла.

Из условия теплового баланса известно, что общий расход воздуха q_b на охлаждение определенного количества металла c пропорционален массе этого металла:

$$q_b = \frac{c_m \Delta t_m}{c_b \Delta t_b}, \quad (1)$$

где c_m и c_b — соответственно теплоемкость металла и воздуха при определенных условиях; Δt_m и Δt_b — разность температур металла и воздуха до и после охлаждения.

Если температура подаваемого на охлаждение воздуха не изменяется по ширине спиральной ленты, то для равномерного охлаждения необходимо, чтобы расход воздуха в i -й зоне по ширине транспортера q_i , составляя часть общего расхода q_b , был равен:

$$q_i = q_b \frac{C_i}{C} = q_b K_i, \quad (2)$$

где C_i — количество металла, проходящее в единицу времени через одну из зон охлаждения (рис. 1); K_i — коэффициент пропорциональности, численно равный относительному количеству металла, охлаждаемого в i -й зоне.

Коэффициент пропорциональности K_i можно определить исходя из особенностей формирования спиральной ленты при укладке витков катанки на транспортер, часть которой, как показано на рисунке, разделен на ряд равномерных по ширине продольных зон охлаждения. Важной особенностью укладки витков в спиральную ленту является то, что в один шаг, численно равный a , укладывается только один виток катанки независимо от диаметра, величины шага и скоростей прокатки и перемещения витков по транспортеру.

Поэтому абсолютная длина и эквивалентная ей масса катанки, находящаяся в каждой продольной зоне охлаждения, постоянны. Тогда, как видно из расчетной схемы (рис. 2), относительная длина катанки, находящаяся в одной из зон охлаждения, численно равная коэффициенту K_i , будет:

$$K_i = \frac{2L_i}{2\pi R} \cdot 100\%, \quad (3)$$

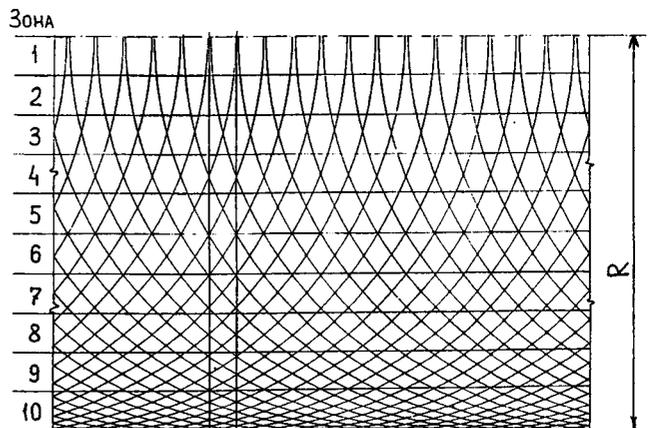


Рис. 1. Расположение витков катанки по ширине роликового транспортера

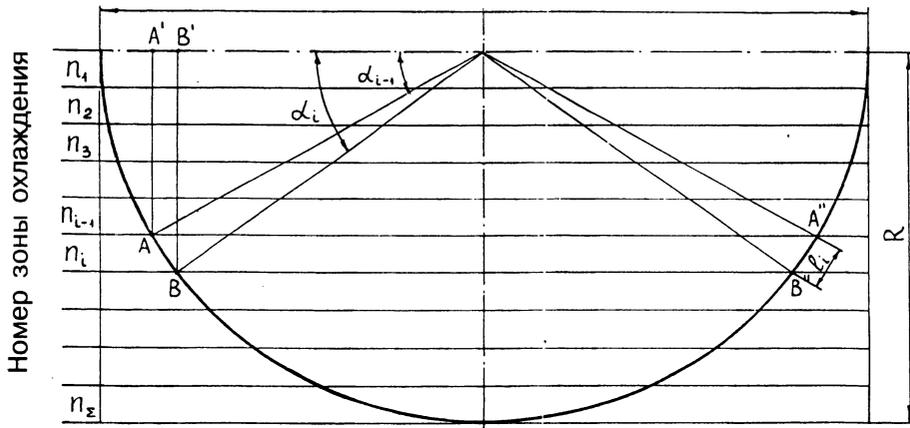


Рис. 2. Схема к определению плотности витков катанки по ширине роликового транспортера

где R — радиус витка; L_i — абсолютная длина дуги катанки в i -й зоне охлаждения определяется как: $L_i = R(\alpha_i - \alpha_{i-1})$.

Так как на основании рисунка

$$\sin \alpha_i = \frac{BB'}{R} = \frac{n_i}{n_\Sigma} \text{ и } \sin \alpha_{i-1} = \frac{AA'}{R} = \frac{n_{i-1}}{n_\Sigma},$$

то выражение для расчета коэффициента пропорциональности K_i имеет вид:

$$K_i = 0,637 \left(\arcsin \frac{\sum_{n=1}^i n}{n_\Sigma} - \arcsin \frac{\sum_{n=1}^{i-1} n}{n_\Sigma} \right) \% \quad (4)$$

где n_Σ — общее количество продольных зон на половине диаметра катанки. Тогда расход воздуха в i -й зоне охлаждения при постоянном коэффициенте теплоотдачи конвекцией по ширине спиральной ленты, равном среднему его значению α_{kc} , для равномерного охлаждения витков катанки должен составлять:

$$q_i = 0,00637 \left(\arcsin \frac{\sum_{n=1}^i n}{n_\Sigma} - \arcsin \frac{\sum_{n=1}^{i-1} n}{n_\Sigma} \right) q_B \quad (5)$$

Если же в i -й зоне коэффициент теплоотдачи конвекцией α_{ki} отличается от среднего значения, то при неизменном расходе воздуха в этой зоне может быть отобрано большее или меньшее количество тепла и температура в этой части витка будет отличаться от заданной.

Разность количества тепла, отбираемого воздухом, в этом случае можно найти из условия теплового баланса:

$$\Delta Q_i = Q_i \left(1 - \frac{\alpha_{ki}}{\alpha_{kc}} \right) \quad (6)$$

Для того чтобы выдержать заданную температуру охлаждения, одинаковую по длине витков,

необходимо скорректировать расход воздуха в i -й зоне охлаждения на величину

$$\Delta q_i = \frac{Q_i \left(1 - \frac{\alpha_{ki}}{\alpha_{kc}} \right)}{C_B \Delta t_B}$$

Тогда расход воздуха в этой зоне после корректировки будет равен:

$$q_{ik} = q_i + \frac{Q_i \left(1 - \frac{\alpha_{ki}}{\alpha_{kc}} \right)}{C_B \Delta t_B} \quad (7)$$

Разделив в уравнении (7) левую и правую части на $q_i = q_B K_i$, получим

$$\frac{q_{ik}}{q_i} = 1 + \frac{Q_i \left(1 - \frac{\alpha_{ki}}{\alpha_{kc}} \right)}{q_B K_i C_B \Delta t_B}$$

Учитывая, что произведение $q_B C_B \Delta t_B$ равно общему количеству тепла Q_Σ , отбираемого от спиральной ленты при охлаждении ее до заданной температуры, а количество тепла, отбираемого воздухом в i -й зоне охлаждения, составляет $Q_i = Q_\Sigma K_i$, можно записать:

$$\frac{q_{ik}}{q_i} = 2 - \frac{\alpha_{ki}}{\alpha_{kc}}$$

Откуда скорректированный расход воздуха в i -й зоне в зависимости от коэффициентов теплоотдачи будет равен

$$q_{ik} = \left(2 - \frac{\alpha_{ki}}{\alpha_{kc}} \right) q_i \quad (8)$$

Коэффициент теплоотдачи конвекцией α_{ki} зависит от плотности взаимного расположения витков и по ширине спиральной ленты катанки является переменной величиной и зависит от шага укладки витков. В первой зоне охлаждения (в центральной части транспортера, зона I, рис. 1) плотность укладки минимальная и при шаге 40–80 мм коэффициент теплоотдачи можно определить по формуле для одиночного прутка при поперечном обдуве как [1]:

$$\alpha_{K1} \rightarrow \alpha_{K1} = 0,245 \frac{\lambda_B}{\alpha_K} Re^{0,6}, \quad (9)$$

где λ_B — теплопроводность воздуха; α_K — диаметр катанки; Re — число Рейнольдса, равное: $Re = \frac{\omega d_K}{\nu_B}$ (ω — скорость воздушного потока; ν_B — вязкость воздуха).

По мере приближения к краю спиральной ленты плотность укладки витков возрастает, при этом увеличивается и коэффициент теплоотдачи α_{Ki} . В зоне 10 (крайняя зона по ширине транспортера) можно условно рассматривать шахматное расположение витков 3 слоя [2]. Для этого случая средний для трех слоев коэффициент теплоотдачи для катанки диаметром 6,5 мм будет равен [1]:

$$\bar{\alpha}_{K10} \rightarrow \bar{\alpha}_{K10} = 0,283 \frac{\lambda_B}{\alpha_K} = 1,15 \alpha_{K1}. \quad (10)$$

В остальных зонах коэффициент теплоотдачи определяется как: $\alpha_{Ki} \rightarrow \alpha_{Ki} = K'_i \alpha_1$, где коэффициент K'_i , учитывающий влияние плотности укладки витков на коэффициент теплоотдачи конвекцией, предположительно распределяется по зонам охлаждения пропорционально количеству металла в этих зонах, считая от оси спиральной ленты, следующим образом (табл. 1):

Таблица 1.

Зона	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K'_i	1,000	1,000	1,001	1,003	1,005	1,008	1,015	1,021	1,040	1,155

Таким образом, для обеспечения равномерного охлаждения витков катанки в спиральной ленте распределение общего расхода воздуха по зонам охлаждения следует, учитывая неравномерное распределение по ширине спиральной ленты массы охлаждаемого металла и коэффициента теплоотдачи конвекцией, производить по обобщенному уравнению:

$$q_{ik} = 0,00637 \left(2 - \frac{\alpha_{Ki}}{\alpha_{Kc}} \right) \left(\arcsin \frac{\sum_1^i n}{n_\Sigma} - \arcsin \frac{\sum_1^{i-1} n}{n_\Sigma} \right) q_B. \quad (11)$$

Если принимать средний по ширине коэффициент теплоотдачи, то уравнение (11) принимает вид выражения (5). Для этого случая, разделив половину ширины спиральной ленты на 10 равных частей, распределение воздуха по зонам, необходимое для равномерного охлаждения витков катанки, должно быть следующим (табл. 2):

Таблица 2.

Зона	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Сумма
K'_i	0,031	0,032	0,033	0,034	0,035	0,038	0,041	0,048	0,031	0,143	0,5
q_B	8	2	1	0	7	2	6	4	8	6	

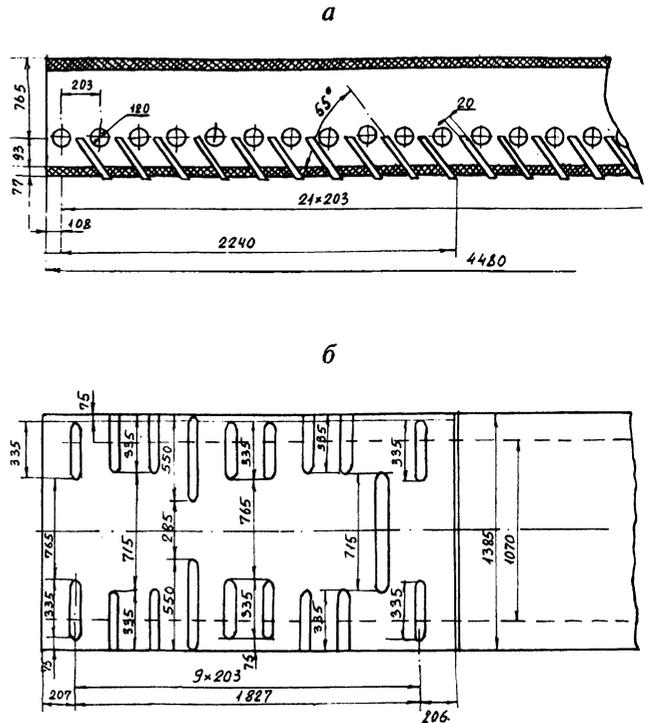


Рис. 3. Конструкция роликового транспортера стана 150 БМЗ (а), расположение и размеры отверстий для подвода воздуха к виткам катанки (б)

На рис. 3 показаны конструкция транспортера, установленного фирмой СМС на стане 150 РУП "БМЗ", расположение и размеры отверстий для подвода воздуха к спиральной ленте витков катанки. Для данной конструкции было рассчитано относительное распределение воздуха по ширине спиральной ленты по пяти зонам, начиная от оси транспортера. Расчеты выполнены для витков катанки диаметром 1070 и 1385 мм, т.е. для диаметра, равного ширине транспортера. Витки диаметром 1385 мм получают при укладке с окружной скоростью трубки виткообразователя со скоростью, несколько меньшей, чем скорость прокатки. Результаты расчетов приведены в табл. 3.

Как видно из таблицы, применяемое в данной конструкции распределение воздуха по ширине транспортера непропорционально массе металла. Так, в центральных и крайних зонах подается воздуха меньше, а в зонах 3 и 4 — больше, чем требуется для равномерного охлаждения. В результате структура и механические свойства имеют

Таблица 3.

Диаметр спирали, мм	Номер зоны					Сумма
	1	2	3	4	5	
1070	0,0187	0,0436	0,0830	0,1678	0,1869	0,5
1385	0,0193	0,0381	0,1370	0,1737	0,1319	0,5
Расчетное по уравнению (4)	0,0640	0,0672	0,0738	0,0900	0,2050	0,5

различия по длине витков и в целом по длине мотков. На современных станах применяют разные системы для регулирования количества воздуха по ширине транспортера, однако большинство этих систем дают возможность изменить количество воздуха только в центральной и крайних зонах, т.е. осуществляется грубая регулировка с малым числом зон, что недостаточно для создания условий для равномерного охлаждения. Поэтому некоторые фирмы принимают дополнительные меры для снижения неравномерности свойств. Например, в Японии применяют способ ККР [3], заключающийся в том, что в крайних зонах транспортера устанавливают дополнительную систему заслонок, что позволяет более дифференцированно изменять воздушный поток, подаваемый в места с наиболее плотной укладкой. Используют также смещение витков при движении их по секциям рольганга. Для повышения равномерности структуры и свойств по длине мотков распределение отверстий для подвода воздуха по ширине целесообразно осуществлять

в соответствии с массой металла, т.е. более дифференцированно, а системы заслонок, установленных на пути движения воздуха от вентиляторов, использовать для окончательной корректировки распределения воздуха в соответствии с фактическими данными по качеству катанки.

На основании расчетов, приведенных выше, при модернизации участков воздушного охлаждения на станах 150 БМЗ и БМК были скорректированы размеры и расположение отверстий для подачи воздуха в сопловых досках, в результате уменьшился разброс свойств и структуры по длине витков и мотков катанки.

Литература

1. Справочник конструктора печей прокатного производства / Под ред. В. М. Тымчака. М.: Металлургия, 1970.
2. Sannomiya A., Mukoshi K. Kobe Steel wire red and bar prodaktion. Wire industri. 1980. Vol. 47, N562, oct. 10. P. 899—904.
3. Nakamura Y., Sannomiya A., Takahashi. The manufacture of high quality steel wire rods using the newly developed controlled rolling process (ККР) // Conference Proceeding, 50-th Annual Convention. Ohio. 1980. Okt. 5—9. P. 118—123.