

Я.Д. Василев, д-р техн. наук, профессор

Р.А. Замогильный, мл. науч. сотр., e-mail: rz90@i.ua

В.А. Гринкевич, д-р техн. наук, профессор

Национальная металлургическая академия Украины (НМетАУ), Днепр, Украина

Влияние технологических параметров процесса холодной полосовой прокатки на производительность двухклетевых реверсивных станов

Исследовано влияние технологических параметров при производстве холоднокатаного проката основного сортамента на среднечасовую производительность на двухклетевых реверсивных станах. Установлено, что при прокатке жести и тонких полос толщиной 0,16–1,0 мм, условной шириной 1000 мм, со скоростью 10–30 м/с из рулонов подката массой 15–35 т, среднечасовая производительность этих станов изменяется в диапазоне от 30 до 215 т.

Показано, что при прокатке жести и полос малой толщины из рулонов постоянной массы основное влияние на уровень среднечасовой производительности оказывает скорость прокатки, причем с уменьшением толщины полосы это влияние возрастает. Увеличение массы рулонов, особенно при прокатке жести и полос малой толщины, не относится к числу факторов, оказывающих решающее влияние на среднечасовую производительность. Поскольку наиболее интенсивный рост среднечасовой производительности двухклетевых реверсивных станов при производстве проката их основного сортамента наблюдается в диапазоне изменения скорости прокатки 20–25 м/с, максимальная проектная скорость в 22,5 м/с этих станов является обоснованной и целесообразной. При производстве жести и тонких полос масса рулонов на уровне 25–28 т обеспечивает приемлемо высокий уровень среднечасовой производительности при ведении процесса на скорости до 20–25 м/с и может рассматриваться как необходимая и достаточная. Увеличение массы рулонов до 30–36 т представляется целесообразным при проектировании двухклетевых реверсивных станов для выпуска продукции разнообразного сортамента объемом до 0,9–1 млн т в год.

Приведенная в статье методика расчета среднечасовой производительности на двухклетевых реверсивных станах и полученные с ее помощью материалы могут быть использованы при обосновании сортамента и определении параметров технологии и основного оборудования двухклетевых реверсивных станов холодной прокатки 1400 и 1750, сооружение которых актуально для Украины.

Ключевые слова: холодная прокатка, двухклетевой реверсивный стан, технология, производительность, параметр, скорость, масса.

Введение. Основным технико-экономическим показателем работы любого стана холодной полосовой прокатки является часовая производительность, величина которой определяется технологическими параметрами процесса (сортаментом, массой рулонов, скоростью прокатки) и возможностями установленного механического и электрического оборудования. Вопросы определения производительности непрерывных и одноклетевых реверсивных станов холодной полосовой прокатки рассмотрены подробно в литературе [1, 2]. Важным практическим результатом этих работ явились рекомендации по определению целесообразных значений массы рулонов и скорости холодной прокатки на многоклетевых (непрерывных) и одноклетевых реверсивных станах.

Двухклетевые реверсивные станы – это новый тип станов холодной полосовой прокатки, которые были созданы примерно четверть века тому назад [3]. Они представляют собой некий разумный компромисс между многоклетевыми (непрерывными) и одноклетевыми (реверсивными) станами, что позволило в значительной мере реализовать преимущества и минимизировать недостатки этих станов. Отличительной особенностью двухклетевых реверсивных станов

является высокая гибкость в работе, меньшие капитальные затраты на их сооружение, высокая скорость прокатки (до 20–22,5 м/с) и относительно низкая себестоимость выпускаемой продукции, несмотря на несколько завышенные отходы металла, что делает экономически выгодной их эксплуатацию для производства жести (0,10–0,20 мм) холоднокатаных полос толщиной 0,3–1,0 мм и менее из низкоуглеродистых и высокопрочных сталей объемом от 200–400 до 500–850 тыс. т в год и более. По этой причине двухклетевые реверсивные станы получили широкое распространение. В настоящее время в высокоразвитых и развивающихся странах мира успешно эксплуатируется более 30 двухклетевых реверсивных станов холодной прокатки. Имеются обоснованные предложения о целесообразности строительства таких станов и в Украине [4, 5]. Это весьма своевременно и актуально для отечественного металлургического комплекса, принимая во внимание, что последний стан холодной прокатки в стране был построен в 1963 году, то есть более 50 лет тому назад.

Сегодня, судя по материалам немецкой фирмы SMS Demag [6], разработчика и одного из крупнейших производителей двухклетевых реверсивных

станов холодной прокатки в мире, известных под названием Compact Cold Mills (CCM), можно констатировать, что основные технические характеристики этих станом для выпуска продукции указанного выше сортамента определены удачно и могут рассматриваться как обоснованные. В частности, в качестве рабочих клетей для производства жести и тонких полос из высокопрочных сталей, рекомендуется использовать шестивалковые клетки типа CVC -6, а для производства полос толщиной 0,3–1,0 мм из низкоуглеродистых сталей – клетки типа CVC -4 с уменьшенным диаметром рабочих валков, соответственно до 200 и 400 мм и длиной бочки 1200–1750 мм. Вместе с тем многие вопросы технологии, вытекающие из особенностей многопропускной реверсивной холодной прокатки в двух клетях при производстве продукции разного сортамента, требуют дополнительного изучения и оптимального решения. К числу таких вопросов относятся: распределение частных относительных обжатий по клетям и пропускам, обоснование и расчет оптимальных режимов обжатий и натяжений, определение часовой производительности стана, массы рулонов горячекатаного подката, целесообразной скорости прокатки и др.

Цель работы. Целью настоящей работы является исследование влияния технологических параметров холодной полосовой прокатки на среднечасовую производительность двухклетевых реверсивных станом для обоснования целесообразной скорости прокатки и массы рулонов исходного подката на этих станом.

Постановка задачи и методика исследования. Двухклетевые реверсивные станом холодной полосовой прокатки являются по существу непрерывными станом, которые работают в реверсивном режиме. В работе [1] приведены решения для определения среднечасовой производительности на одноклетевых реверсивных станом холодной прокатки и на традиционных многоклетевых (непрерывных) станом, где реверс не применяется. При этом было установлено, что зависимости $A = \varphi(V_{уст})$ (где A – среднечасовая производительность стана, т/час; $V_{уст}$ – установившаяся скорость прокатки, м/с) при постоянной массе рулона подката в условиях прокатки на одноклетевых реверсивных и на непрерывных станом холодной прокатки имеют одинаковый характер изменения, описываемый кривыми вида параболы. Было также выявлено, что максимум производительности в реальном диапазоне скоростей прокатки, применяемых на действующих станом, не достигается. Полученные в работе [1] уравнения $A = \varphi(V_{уст})$ были использованы для определения целесообразной массы рулонов подката и скорости прокатки на упомянутых станом. В частности, было установлено, что экономически целесообразная скорость при холодной прокатке тонких полос и жести на одноклетевом реверсивном станом с длиной бочки рабочих валков 1200 мм находится в диапазоне 18–23 м/с, а приемлемая масса рулонов подката, независимо от годовой производительности стана, составляет 20 т [1].

Используя общепринятые подходы при определении среднечасовой производительности A на поло-

совых одноклетевых реверсивных станом холодной прокатки [1], авторами статьи ранее была получена следующая формула для определения данного параметра на двухклетевых реверсивных станом, учитывающая особенности технологии реверсивной прокатки в двух последовательно расположенных клетях [7]:

$$A = \frac{3600m_p}{c_1m_p \sum_{i=1}^n \frac{1}{V_{устi} h_i} + c_2(1+k) \sum_{i=1}^n V_{устi}} + \frac{3600m_p}{(c_3 + c_4k) \sum_{i=1}^n \frac{1}{V_{устi}} + c_5 + n(c_6k + c_7) + c_8}, \text{ т/ч}; \quad (1)$$

где

$$\begin{aligned} c_1 &= \frac{1}{\rho_n b}, \text{ м}^2/\text{т}; \\ c_2 &= 0,5 \left(\frac{1}{a_p} + \frac{1}{a_t} \right), \text{ с}^2/\text{м}; \\ c_3 &= 0,5 \left(\frac{1}{a_p} + \frac{1}{a_t} \right) V_3^2 - l_3, \text{ м}; \\ c_4 &= 0,5 \left(\frac{1}{a_p} - \frac{1}{a_t} \right) V_{шуст}^2 - l_{шуст}, \text{ м}; \\ c_5 &= \tau_{3,0} - \left(\frac{1}{a_p} + \frac{1}{a_t} \right) V_3, \text{ с}; \\ c_6 &= \frac{l_{шуст}}{V_{шуст}} - \left(\frac{1}{a_p} + \frac{1}{a_t} \right) V_{шуст}; \\ c_7 &= \tau_{рев}, \text{ с}; \\ c_8 &= \frac{3600\tau_{нв}}{Q_{нм}}, \text{ ч/т}, \end{aligned}$$

где m_p – масса рулона, т; $V_{устi}$ – установившаяся скорость прокатки в данном пропуске, м/с; i, n – соответственно порядковый номер пропуска и число пропусков; k – число сварных швов в укрупненном рулоне ($k = m_p/m_{гкп} - 1$, где $m_{гкп}$ – масса одинарного рулона горячекатаного подката, т); h_i – толщина полосы в i -ом пропуске, мм; ρ_n – плотность материала полосы, т/м³; b – ширина прокатываемой полосы, м; a_p, a_t – ускорение при разгоне и торможении главного привода стана, м/с²; l_3 – длина концов рулона прокатанных на заправочной скорости V_3 – в начале и в конце цикла, и не прокатываемых во время i -того пропуска, м; $l_{шуст}$ – длина полосы, прокатанная на постоянной пониженной скорости $V_{шуст}$ при прохождении сварного шва, м; V_3 – заправочная скорость прокатки, м/с; $\tau_{3,0}$ – время неперекрываемых вспомогательных и заправочных операций, включая прокатку переднего и заднего конца рулона на заправочной скорости (обычно $\tau_{3,0} = 30\text{--}60$ с), с; $\tau_{ревi}$ – время необходимое для реверса при осуществлении следующего пропуска, с; $\tau_{нв}$ – норма времени на перевалку рабочих валков двух клетей, ч; $Q_{нм}$ – плановая норма металла, прокатываемого между двумя перевалками, т.

Анализ формулы (1) показал, что характер изменения зависимости $A = \varphi(V_{уст})$ на двухклетевых реверсивных станах не отличается от характера изменения аналогичных зависимостей на непрерывных и одноклетевых реверсивных станах.

Количественные данные о влиянии технологических параметров на производительность двухклетевых реверсивных станов получали расчетным путем. С этой целью по формуле (1) определяли среднечасовую производительность на двухклетевом реверсивном стане при холодной прокатке жести и тонких полосы из стали 08кп с условной шириной 1000 мм, толщиной 0,16; 0,2; 0,3; 0,5; 0,8; 1,0 мм. Толщина подката составляла соответственно: 1,6; 1,8; 2,0; 2,3; 2,7; 3,0 мм.

Расчет режимов деформации производили по методике, приведенной в работе [8]. Остальные исходные данные принимали такими же, как и в работе [1]. В ходе выполнения расчетов варьировали значениями скорости прокатки от 10 до 30 м/с с шагом 5 м/с и массой одинарных рулонов подката ($k = 0$) от 15 до 35 т с шагом 10 т, что позволило охватить весь возможный диапазон изменения скорости прокатки и массы рулонов горячекатаного подката на действующих двухклетевых реверсивных станах. Результаты расчетов представлены в таблице.

Анализ полученных данных. Из таблицы видно, что в зависимости от толщины прокатываемых полос, шириной 1000 мм, скорости прокатки и массы рулонов подката, расчетные значения среднечасовой производительности двухклетевых реверсивных станов изменяются в пределах от 30,4 до 215,8 т или более чем в 7 раз. Видно также, что абсолютные значения среднечасовой производительности увеличиваются с ростом скорости прокатки и массы рулонов, причем это увеличение происходит не всегда прямо пропорционально с ростом скорости прокатки и массы рулонов. При прокатке полос малой толщины увеличение скорости прокатки оказывает доминирующее влияние на среднечасовую производительность, поскольку в этом случае относительная продолжительность прокатки каждого рулона при $m_p = const$ на установившейся скорости увеличивается, а относительная продолжительность прокатки на пониженной скорости уменьшается. С увеличением толщины прокатываемых полос при постоянной массе рулонов наблюдается обратная картина. Сплошная ломаная линия на таблице свидетельствует о том, что в условиях прокатки выше и левее этой линии целесообразно вести процесс на более высокой скорости, в том числе при использовании рулонов меньшей массы, поскольку в этом случае достигается эквивалентная или более высокая производительность. В условиях прокатки полос большей толщины, то есть в области ниже и правее сплошной ломаной линии, превалирующее влияние на среднечасовую производительность стана оказывает масса рулонов подката и для достижения высокой производительности процесс прокатки можно вести на более низкой скорости, используя рулоны подката большей массы (в данном случае до 35 т), что логично.

Для дальнейшего анализа данных, приведенных в таблице, воспользовались относительным изме-

Результаты расчетов среднечасовой производительности на двухклетевых реверсивных станах при прокатке жести и тонких полос, шириной 1000 мм

Толщина прокатываемой полосы h , мм	Установившаяся скорость прокатки $V_{уст}$, м/с	Среднечасовая производительность стана A , т/ч при использовании рулонов массой m_p :		
		$m_p = 15$ т	$m_p = 25$ т	$m_p = 35$ т
0,16x1000	10	30,4	34,0	36,8
	15	42,8	48,3	52,3
	20	53,6	60,4	67,4
	25	64,0	72,5	80,6
	30	70,4	79,4	91,5
0,2x1000	10	34,2	37,3	39,7
	15	46,8	52,3	55,9
	20	58,3	65,8	71,1
	25	66,6	76,5	82,0
	30	74,0	86,1	94,3
0,3x1000	10	42,9	46,3	48,3
	15	57,3	63,3	66,6
	20	68,6	77,0	82,5
	25	77,1	87,9	96,7
	30	83,3	95,8	104,6
0,5x1000	10	61,2	66,4	69,0
	15	78,5	88,0	92,8
	20	90,9	104,5	111,8
	25	99,9	116,0	124,9
	30	103,3	124,1	135,2
0,8x1000	10	86,2	96,9	102,4
	15	107,0	125,2	135,1
	20	120,7	145,8	160,0
	25	128,8	157,1	175,2
	30	131,8	165,7	188,7
1,0x1000	10	99,2	113,6	121,1
	15	121,1	144,9	158,2
	20	134,9	166,8	185,6
	25	140,9	178,9	202,3
	30	145,8	188,1	215,8

нением среднечасовой производительности A/A_{15} , представляющим собой отношение среднечасовой производительности A при $m_p = Var$ и $V_{уст} = Var$ для разных толщин прокатываемых полос к среднечасовой производительности A_{15} при прокатке той же толщины полосы на той же скорости из рулонов массой 15 т. Зависимости параметра A/A_{15} от установившейся скорости прокатки и массы рулонов подката в виде гистограмм показаны соответственно на рис. 1 и 2.

Данные рис. 1 свидетельствуют о том, что с увеличением скорости прокатки значения параметра A/A_{15} увеличиваются и при $V = 20-25$ м/с в зависимости от сортамента прокатываемых полос, достигают 1,67–2,19, причем наибольшие значения A/A_{15} зафиксированы при прокатке жести толщиной 0,16 мм (рис. 1, а). Следует также отметить, что при прокатке жести толщиной 0,16–0,20 мм (рис. 1, а, б) и тонких полос толщиной 0,3–0,5 мм (рис. 1 в, г), относительное увеличение среднечасовой производи-

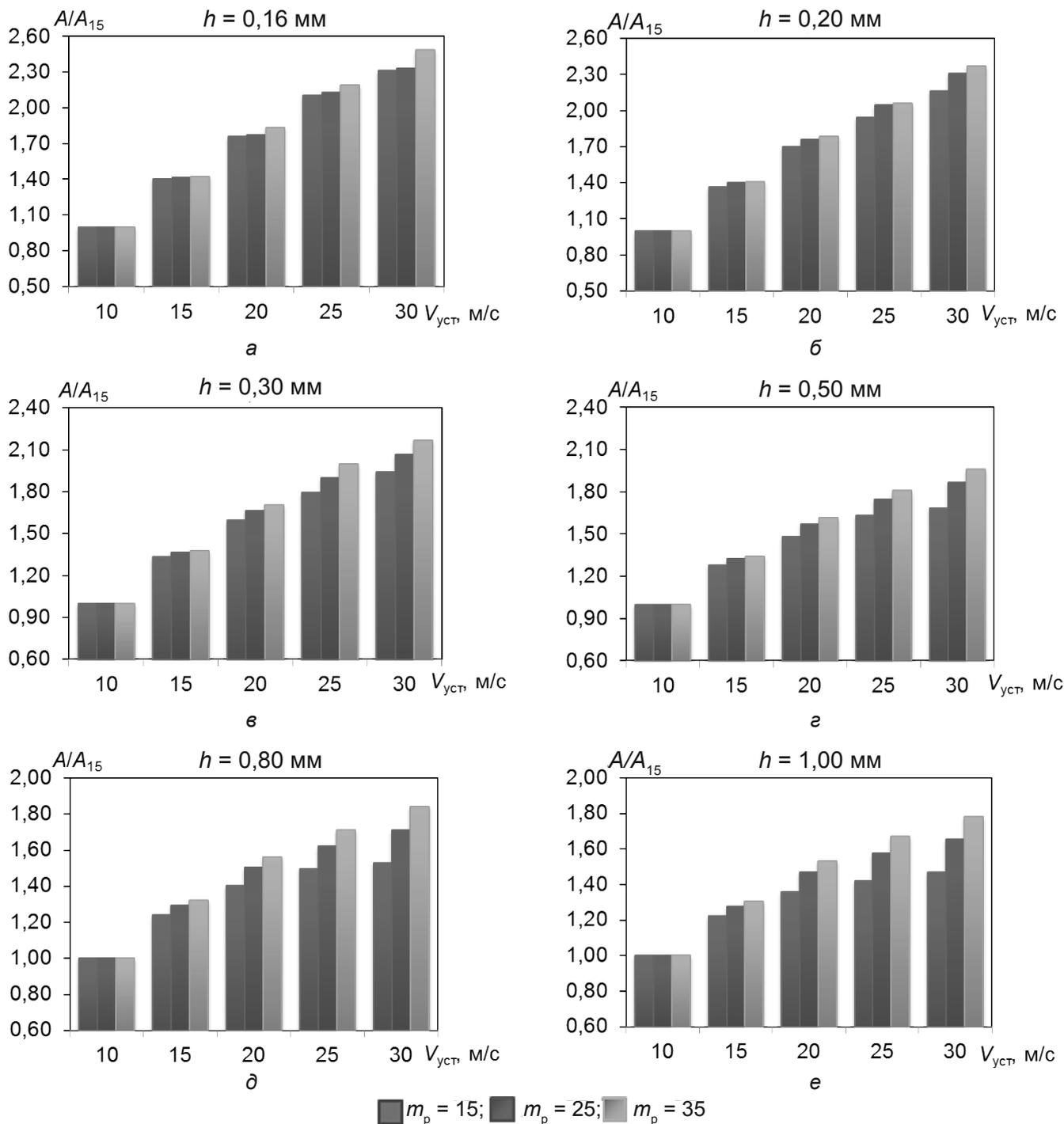


Рис. 1. Зависимости $A/A_{15} = \varphi(V_{уст})$ при производстве проката основного сортамента на двухклетевых реверсивных станах из рулонов подката разной массы

тельности от массы рулонов при $V_{уст} = const$ зависит незначительно. Это влияние наблюдается только при прокатке полос толщиной 0,8 и 1,0 мм (рис. 1, д, е), хотя в этом случае оно обычно не превышает 10–15 %. Поэтому можно считать, что основное влияние на относительное увеличение часовой производительности двухклетевых реверсивных станов, особенно при прокатке жести толщиной 0,16–0,20 мм, оказывает скорость прокатки.

Подтверждением сказанному служат гистограммы, представленные на рис. 2, устанавливающие взаимосвязь между параметром A/A_{15} , массой рулонов, скоростью прокатки и толщиной прокатываемых полос. Из рис. 2 видно, что при увеличении массы ру-

лонов с 15 до 25 т или в 1,67 раза значения параметра A/A_{15} при прокатке полос толщиной 0,16–0,50 мм (рис. 2, а-в) со скоростью до 25 м/с увеличиваются с 1,0 до 1,10–1,15, то есть незначительно, и от скорости прокатки зависят слабо. Более существенный рост параметра A/A_{15} наблюдается при увеличении массы рулонов до 35 т и толщины прокатываемых полос до 0,8–1,0 мм (рис. 2, д-е). В этих условиях прокатки значения параметра A/A_{15} в зависимости от скорости прокатки увеличиваются до 1,20–1,40.

Таким образом, анализ данных, приведенных в таблице и на рис. 1, 2, показал, что наиболее интенсивный рост среднечасовой производительности двухклетевых реверсивных станов наблюдается

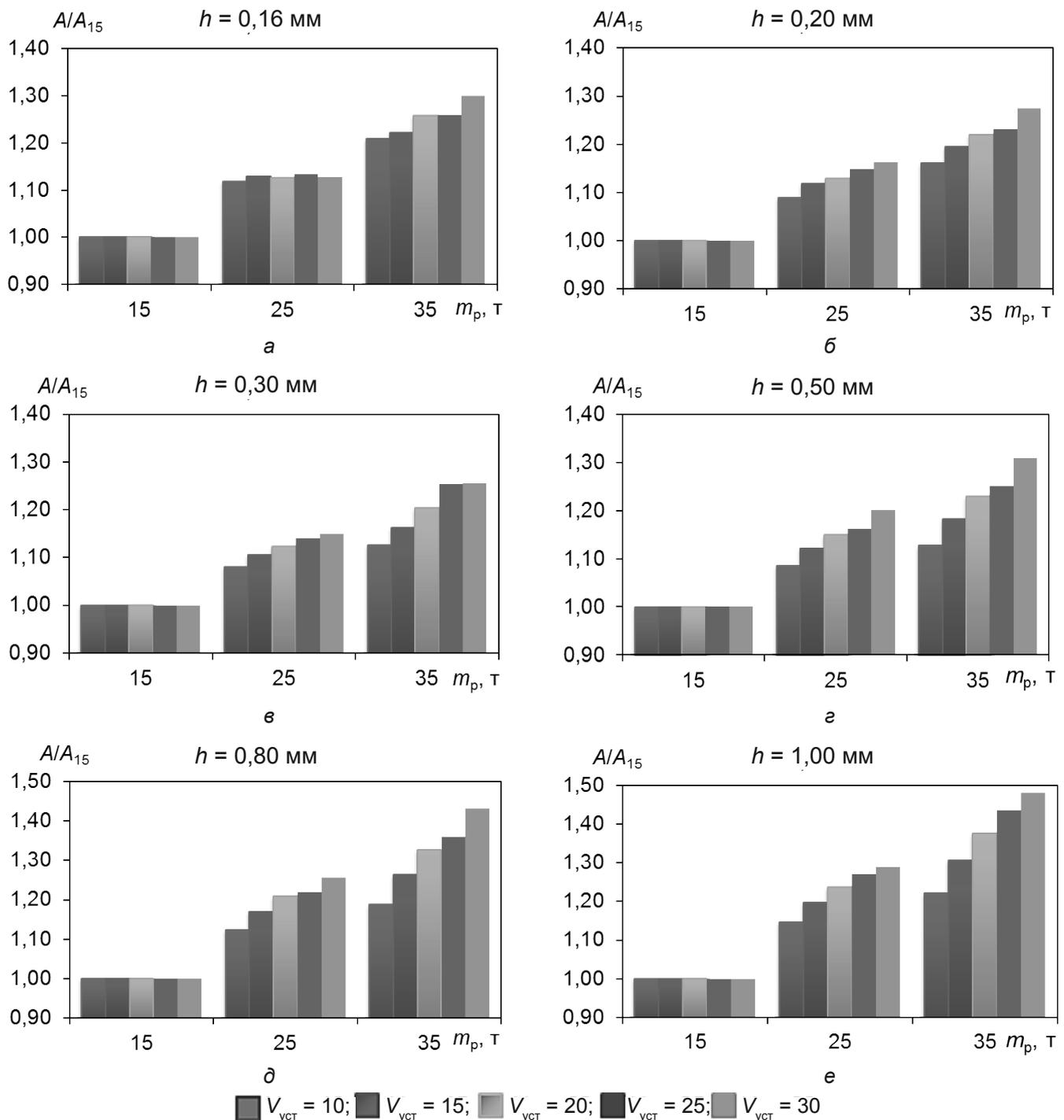


Рис. 2. Зависимости $A/A_{15} = \varphi(m_p)$ при производстве проката основного сортамента на двухклетевых реверсивных станах на разной скорости прокатки

в диапазоне изменения скорости прокатки от 20 до 25 м/с. Поэтому максимальная проектная скорость прокатки этих станов 22,5 м/с может рассматриваться как обоснованная.

Результаты выполненного исследования подтвердили, что среднечасовая производительность двухклетевых реверсивных станов определяется совместным влиянием скорости прокатки и массы рулонов подката. Приведенные в таблице и на рисунках данные свидетельствуют о том, что основное влияние на среднечасовую производительность оказывает скорость прокатки. Увеличение массы рулонов с 15 до 35 т или в 2,33 раза при прокатке полос толщиной 0,16–0,50 мм в диапазоне изменения скорости про-

катки с 10 до 20 м/с приводит к увеличению среднечасовой производительности не более чем на 15–20 %, что не очень существенно. При увеличении толщины прокатываемых полос до 0,8–1,0 мм это влияние возрастает, но, учитывая, что скорость прокатки полос данного сортамента не превышает 10–12 м/с, возможное относительное увеличение среднечасовой производительности при увеличении массы рулонов с 15 до 35 т остается практически на том же уровне. Это означает, что целесообразность увеличения производительности двухклетевых реверсивных станов путем увеличения массы рулонов с 15 до 35 т не является очевидной и остро необходимой. В этом смысле увеличение массы рулонов с 15 до 25–28 т

представляется более обоснованным и вполне приемлемым. Здесь уместно отметить, что увеличение массы рулонов способствует уменьшению отходов металла и может быть оправданным только при необходимости существенного увеличения годовой производительности двухклетевых реверсивных станков. Однако это будет сопровождаться увеличением капитальных затрат на приобретение главных электродвигателей рабочих клетей, а также двигателей моталок и разматывателя большей мощности. С увеличением массы рулонов увеличатся и капитальные затраты на механическое оборудование, установленное в головной и хвостовой части станков, из-за необходимости увеличения его прочностных характеристик. Таким образом, при использовании двухклетевых реверсивных станков для производства жести и тонких полос, масса рулонов горячекатаного подката на уровне до 25–28 т представляется достаточно обоснованной и целесообразной. Использование рулонов большей массы (до 30–36 т) может быть оправданным при необходимости увеличения годового объема производства до 0,9–1,0 млн т проката разнообразного сортамента.

Выводы

Исследовано влияние технологических параметров при производстве холоднокатаного проката основного сортамента на среднечасовую производительность на двухклетевых реверсивных станах. Установлено, что при прокатке жести и тонких полос толщиной 0,16–1,0 мм, условной шириной 1000 мм, со скоростью 10–30 м/с из рулонов подката массой 15–35 т, среднечасовая производительность этих станков изменяется в диапазоне от 30 до 215 т.

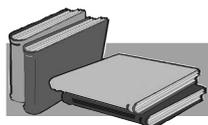
Подтверждено, что среднечасовая производительность на двухклетевых реверсивных станах, как

и на остальных полосовых станах холодной прокатки, формируется в результате совместного влияния толщины полосы, скорости прокатки и массы рулонов подката. При прокатке жести и полос малой толщины из рулонов постоянной массы основное влияние на уровень среднечасовой производительности оказывает скорость прокатки, причем с уменьшением толщины полосы это влияние возрастает. Увеличение массы рулонов, особенно при прокатке жести и полос малой толщины, не относится к числу факторов, оказывающих решающее влияние на среднечасовую производительность.

Результаты выполненного исследования показали, что наиболее интенсивный рост среднечасовой производительности двухклетевых реверсивных станков при производстве проката их основного сортамента наблюдается в диапазоне изменения скорости прокатки 20–25 м/с. Поэтому максимальная проектная скорость в 22,5 м/с этих станков является обоснованной и целесообразной.

При производстве жести и тонких полос масса рулонов на уровне 25–28 т обеспечивает приемлемо высокий уровень среднечасовой производительности при ведении процесса на скорости до 20–25 м/с и может рассматриваться как необходимая и достаточная. Увеличение массы рулонов до 30–36 т представляется целесообразным при проектировании двухклетевых реверсивных станков для выпуска продукции разнообразного сортамента объемом до 0,9–1,0 млн т в год.

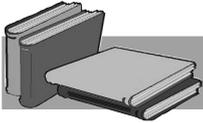
Представленные в статье материалы могут быть использованы при обосновании сортамента и определении параметров оборудования и технологии двухклетевых реверсивных станков холодной прокатки 1400 и 1750, сооружение которых актуально для Украины.



ЛИТЕРАТУРА

1. Химич Г.Л., Третьяков А.В., Гарбер Э.А., Макарова М.А. Оптимальная производительность станков холодной прокатки. – М.: Металлургия, 1970. – 270 с.
2. Белосевич В.К., Нетесов Н.П. Совершенствование процесса холодной прокатки. – М.: Металлургия, 1971. – 272 с.
3. Хекуэт Р. Новый двухклетевый реверсивный стан холодной прокатки на металлургическом заводе фирмы «Heartland Steel» // *Черные металлы*. – 2000. – сентябрь. – С. 84–88.
4. Василев Я.Д., Путники А.Ю., Симененко О.В. Современный стан холодной прокатки для комбината «Запорожсталь» // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2007. – № 1. – С. 37–40.
5. Василев Я.Д., Замогильный Р.А. О создании собственного комплекса для производства жести и тонких холоднокатаных полос высокого качества в Украине // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2018. – № 2 – С. 42–47.
6. Reversing Cold Mills by SMS group – flexible plant concepts tailored to the demands of emerging markets [Электронный ресурс] / Torsten Seeger, Flat Rolling Plants Division // 2nd Cold Rolling & Processing Technology Day, 22.11.2016, Chittagong. – URL: http://steelgroup.co.in/wp-content/uploads/2016/12/S1P2_SMS-Reversing_Cold_Mill_V5.3.pdf
7. Василев Я.Д. Определение производительности двухклетевых реверсивных станков холодной прокатки // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2012. – № 5. – С. 40–43.
8. Василев Я.Д., Самокиш Д.Н., Дементиенко А.В., Завгородний М.И. Единая методика расчета энергосиловых и температурно-скоростных параметров процесса холодной полосовой прокатки // *Бюллетень «Черная металлургия»*. – 2014. – № 1. – С. 50–58.

Поступила 04.01.2019



REFERENCES

1. Khimich, G.L., Tretyakov, A.V., Garber, E.A., Makarova, M.A. (1970). Optimum productivity of cold rolling mills. Moscow: Metallurgiya, 270 p. [in Russian].
2. Belosevich, V.K., Netesov, N.P. (1971). Improving the cold rolling process. Moscow: Metallurgiya, 272 p. [in Russian].
3. Khekuet, R. (2000). A new two-stand reversing cold rolling mill at the metallurgical plant of the HeartlandSteel company. *Cherneye metally. Black metals*, September, pp. 84–88 [in Russian].
4. Vasilev, Ya.D., Putnoki, A.Yu., Simenenko, O.V. (2007). Modern cold rolling mill for the plant Zaporizhstal. *Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost'. Metallurgical and mining industry*, no. 1. pp. 37–40 [in Russian].
5. Vasilev, Ya.D., Zamogil'nyj, R.A. (2018). On the creation of its own complex for the production of tinsplate and thin cold rolled strips of high quality in Ukraine. *Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost'. Metallurgical and mining industry*, no. 2. pp. 42–47 [in Russian].
6. Reversing Cold Mills by SMS group – flexible plant concepts tailored to the demands of emerging markets. URL: http://steelgroup.co.in/wp-content/uploads/2016/12/S1P2_SMS-Reversing_Cold_Mill_V5.3.pdf [in English].
7. Vasilev, Ya.D. (2012). Determination of the productivity of double-stand reversing cold rolling mills. *Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost'. Metallurgical and mining industry*. no. 5. pp. 40–43 [in Russian].
8. Vasilev, Ya.D., Samokish, D.N., Dementienko, A.V., Zavgorodnij, M.I. (2014). Unified method of calculating energy and temperature-speed parameters of the process of cold strip rolling. *Chernaya metallurgiya: Biuleten' Instituta "Chermetinformatsiya". Ferrous metallurgy: Bulletin of the Institute "Chermetinformatsiya"*, no. 1, pp. 50–58 [in Russian].

Received 04.01.2019

Анотація

Я.Д. Василев, д-р техн. наук, професор; **Р.О. Замогильний**, мол. наук. співр., e-mail: rz90@i.ua; **В.О. Гринкевич**, д-р техн. наук, професор

Національна металургійна академія України (НМетАУ), Дніпро, Україна

Вплив технологічних параметрів процесу холодної штабової прокатки на продуктивність двохкільцевих реверсивних станів

Досліджено вплив технологічних параметрів при виробництві холоднокатаного прокату основного сортаменту на середньогодинну продуктивність на двохкільцевих реверсивних станах. Встановлено, що при прокатці жерсті і тонких штаб товщиною 0,16–1,0 мм, умовною шириною 1000 мм, зі швидкістю 10–30 м/с з рулонів підкату масою 15–35 т, середньогодинна продуктивність цих станів змінюється в діапазоні від 30 до 215 т.

Показано, що при прокатці жерсті і штаб малої товщини з рулонів постійної маси основний вплив на рівень середньогодинної продуктивності надає швидкість прокатки, причому зі зменшенням товщини штаби цей вплив зростає. Збільшення маси рулонів, особливо при прокатці жерсті і штаб малої товщини, не відноситься до числа факторів, що значно впливають на середньогодинну продуктивність. Оскільки найбільш інтенсивне зростання середньогодинної продуктивності двохкільцевих реверсивних станів при виробництві прокату їх основного сортаменту спостерігається в діапазоні зміни швидкості прокатки 20–25 м/с, максимальна проектна швидкість в 22,5 м/с цих станів є обґрунтованою і доцільною. При виробництві жерсті і тонких штаб маса рулонів на рівні 25–28 т забезпечує прийнятно високий рівень середньогодинної продуктивності при веденні процесу на швидкості до 20–25 м/с і може розглядатися як необхідна і достатня. Збільшення маси рулонів до 30–36 т доцільне при проектуванні двохкільцевих реверсивних станів для випуску продукції різноманітного сортаменту об'ємом до 0,9–1 млн т на рік.

Наведена в статті методика розрахунку середньогодинної продуктивності на двохкільцевих реверсивних станах і отримані з її допомогою матеріали можуть бути використані при обґрунтуванні сортаменту і визначенні параметрів технології і основного обладнання двохкільцевих реверсивних станів холодної прокатки 1400 і 1750, спорудження яких актуально для України.

Ключові слова

Холодна прокатка, двохкільцевий реверсивний стан, технологія, продуктивність, параметр, швидкість, маса.

Summary

Ya.D. Vasilev, Doctor of Engineering Sciences, Professor
R.A. Zamogilny, Junior Researcher, e-mail: rz90@i.ua
V.A. Grinkevich, Doctor of Engineering Sciences, Professor

National Metallurgical Academy of Ukraine (NMetAU), Dnipro, Ukraine

Influence of technological parameters of the cold striping process on the productivity of two-stand reversible mills

The influence of technological parameters in the production of cold-rolled steel of the main assortment on the average hourly productivity on two-stand reversing mills is investigated. It was established that when rolling tinplate and thin strips of 0.16-1.0 mm thick with a conditional width of 1000 mm at a speed of 10-30 m/s from rolls of a 15-35 ton bale, the average hourly productivity of these mills varies in the range from 30 to 215 tons .

It is shown that during rolling of tinplate and strips of small thickness from coils of constant weight, the main influence on the level of average hourly productivity is rendered by the speed of rolling, and this effect increases with decreasing strip thickness. Increasing the mass of coils, especially when rolling tinplate and thin strips, is not one of the factors that have a decisive influence on the average hourly productivity. Since the most intensive growth of the average hourly productivity of two-stand reversible mills in the production of rolled products of their main assortment is observed in the range of rolling speeds of 20-25 m/s, the maximum design speed of 22.5 m/s of these mills is reasonable and expedient. In the production of tinplate and thin strips, the mass of coils at the level of 25-28 tons provides an acceptably high level of average hourly productivity when the process is conducted at a speed of up to 20-25 m/s and can be considered necessary and sufficient. Increasing the mass of coils to 30-36 tons seems reasonable when designing two-section reversing mills for the production of products of various sizes up to 0.9-1 million tons per year.

The method for calculating the average hourly productivity on two-stand reversing mills and the materials obtained with it can be used to justify the assortment and determine the parameters of the technology and the main equipment of the two-stand cold rolling mills 1400 and 1750, the construction of which is important for Ukraine.

Keywords

Cold rolling, two-stand reversing mill, technology, productivity, parameter, velocity, mass.