



Investigations of energy-power parameters of rolling of reinforcing rolled metal of slugs of increased section are carried out. Some measures on energy-saving at production of bar on mill 320 of RUP «BMZ» are given.

*В. Г. РАЗДОБРЕЕВ, П. В. ТОКМАКОВ, В. А. ЛУЦЕНКО, ИЧМ НАН Украины,
А. А. СОТНИКОВ, П. А. БОБКОВ, М. И. ТИТОВ, РУП «БМЗ»*

УДК 620.9:621.771

К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ АРМАТУРНОГО ПРОКАТА НА СТАНЕ 320 РУП «БМЗ»

В нынешних условиях мирового кризиса вопрос об экономном использовании энергоресурсов при производстве качественного сортового проката стоит особенно остро. Поэтому при разработке новых технологий производства готовой продукции сортопрокатных станов или новых видов сортового проката особое внимание уделяется именно возможности наиболее рационального, т. е. с минимальными потерями, использования энергетических ресурсов. Тем более, что за последние годы в мире наблюдается уменьшение запасов твердого, жидкого и газообразного топлива, необходимых для производства металлопродукции с одновременным ростом стоимости этих энергоносителей.

Основными мероприятиями по вопросам энергосбережения в области сортопрокатного производства являются.

1. Использование непрерывнолитых заготовок с улучшенными свойствами путем внепечной обработки металла и одновременным повышением массы исходных заготовок за счет увеличения размеров их поперечного сечения и длины. Увеличение размеров поперечного сечения и массы исходных заготовок благоприятно влияет на качество готовой продукции (улучшается проработка металла), а также уменьшается расходный коэффициент металла.

2. Осуществление прокатки с горячего посада, т. е. совмещение непрерывной разливки стали и последующей ее деформационной обработки. Это способствует значительному энергосбережению и улучшению качества готового металлопроката.

3. Применение полностью непрерывной или полунепрерывной прокатки с использованием ре-

сурсосберегающих технологий производства проката (многоручьева прокатка разделение (МНР), низкотемпературная прокатка, контролируемая прокатка и т. д.), что позволяет снизить расход энергии, увеличить выход годного, улучшить механические и служебные свойства готового проката. При этом необходимо учитывать, что низкотемпературная и контролируемая прокатки при всех их достоинствах могут быть невозможными из-за превышения допустимых нагрузок на основное оборудование существующего стана.

4. Увеличение скорости прокатки на высокопроизводительных станах.

5. Использование горячей калибровки для повышения точности проката и улучшения его механических свойств.

Для РУП «БМЗ» вопросы энергосбережения имеют приоритетное значение.

В частности, процесс МНР позволяет повысить производительность сортопрокатного стана, снизить удельный расход электроэнергии и прокатных валков, уменьшить капиталовложения при строительстве новых станов. В связи с этим металлургическими предприятиями активно прорабатываются стратегические направления технического перевооружения [1,2].

На непрерывном мелкосортном стане 320 РУП «БМЗ» успешно развивается процесс МНР арматурных профилей № 10 в пять ниток, № 12 – в четыре нитки; № 14, 16 – в три нитки и № 18, 20 – в две нитки в соответствии с требованиями современного рынка по международным и национальным стандартам Финляндии, Германии, Нидерландов и др. Новая система калибров черновой группы стана 320, разработанная на уровне охранный

собного объекта интеллектуальной собственности [3], предназначена для производства всех профилей сортамента стана из заготовки сечением 140×140 мм.

В связи с использованием на стане 320 РУП «БМЗ» исходной заготовки сечением 140×140 мм (проектное сечение заготовок 125×125 мм) возникла необходимость в выполнении расчетно-аналитических исследований энергосиловых параметров прокатки предпочтительных арматурных профилей (№ 10, 12, 14, 16 и 20) и экономии общих расходов на производство проката.

С целью оценки нагрузок на валки и главные линии приводов клетей при переходе на исходную заготовку увеличенного сечения выполнены расчеты параметров деформации и энергосиловых параметров прокатки по фактическим данным. Расчеты выполнены по программе автоматизированного расчета технологических параметров прокатки на непрерывном сортовом стане, разработанной в Институте черной металлургии НАН Украины [4–6]. Язык программирования C++, среда *сiBuilder 5.0*. Аналитические исследования проводили в диапазоне температур начала прокатки 1050–1200 °С.

Результаты расчета изменения энергосиловых параметров по клетям стана 320 РУП «БМЗ» при прокатке арматурного профиля № 10 из заготовки сечением 140×140 мм способом МПР на пять ниток приведены на рис. 1.

Повышение температуры начала прокатки, как видно из рисунка, приводит к снижению энергосиловых параметров.

Понижение температуры нагрева исходных заготовок перед прокаткой может быть эффективным лишь в том случае, когда основное технологическое оборудование прокатного стана имеет достаточный запас прочности, а также мощные электродвигатели главных приводов рабочих клетей. Однако, как показал анализ фактических значений нагрузок в рабочих клетях линии мелко-сортного стана 320 РУП «БМЗ», в частности приводные клетки № 1, 2, 3, 5 и 20 при температуре начала прокатки 1050 °С, имеют превышение фактических значений над предельно допустимыми значениями, установленные фирмой-изготовителем данного оборудования.

В связи с этим понижение температуры нагрева и последующей прокатки потребует усиления узлов основного технологического оборудования по прочности, а также установки более мощных электродвигателей главных приводов рабочих клетей, что в свою очередь, повлечет дополнительные капитальные затраты.

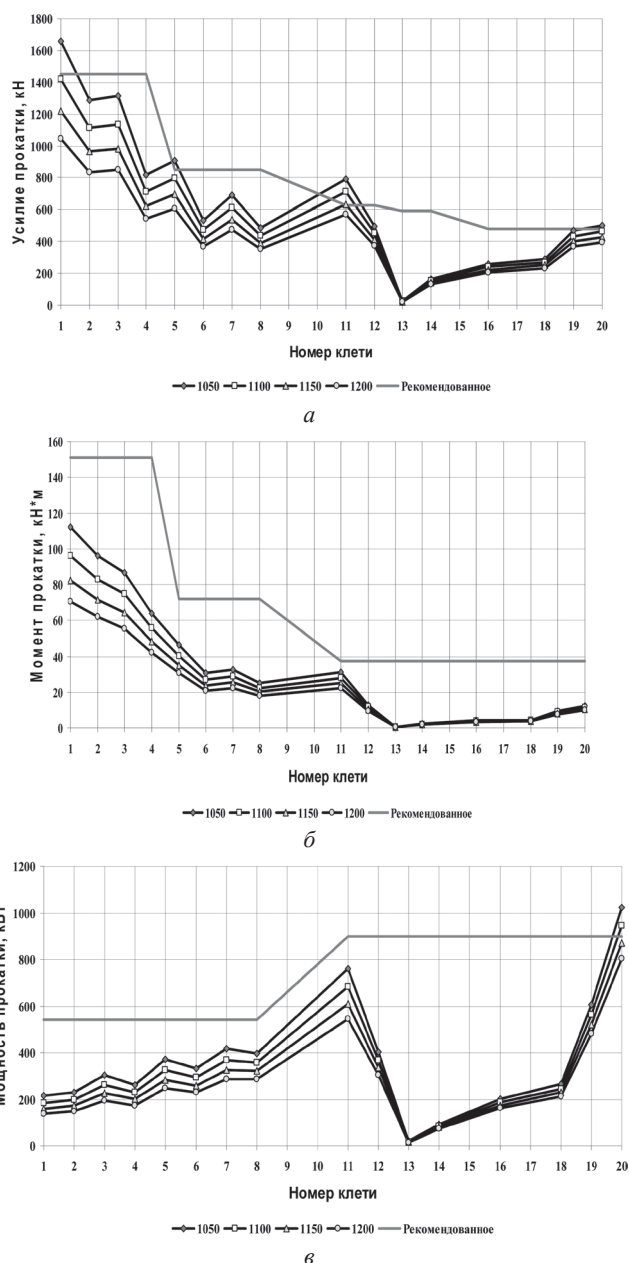


Рис. 1. Изменение энергосиловых параметров по клетям стана 320 РУП «БМЗ» при прокатке арматурного профиля № 10 из заготовки сечением 140×140 мм способом МПР на пять ниток: а – сила прокатки; б – момент прокатки; в – мощность прокатки

Альтернативным решением проблемы снижения нагрузок может служить перераспределение деформации по клетям стана. Для этого необходима детальная проработка с целью получения требуемых технологией многоручьевого прокатки-разделения размеров и формы сечения промежуточных раскатов в линии стана и с учетом установившейся на заводе унификации калибровок валков для прокатки всех профилей фактического сортамента стана.

Для определения оптимального соотношения стоимости газа и электроэнергии при производстве арматурных профилей № 10, 12, 14, 16 и 20 для

различных температур начала прокатки (1050 °С, 1100, 1150 и 1200 °С) были проведены расчеты по общим затратам при различной температуре нагрева заготовок и определены соотношения цены газа и электроэнергии, при котором целесообразно использовать определенную температуру нагрева. Для этого был выбран диапазон соотношения цены газа и цены электроэнергии (коэффициент K) в соответствии с действующими на предприятии ценами на энергоносители. Диапазон значений коэффициента K составляет 0,25–3,00 с шагом 0,25.

Для анализа производственных затрат при прокатке арматурных профилей № 10, 12, 14, 16 и 20 на стане 320 РУП «БМЗ» при различных темпера-

турах начала прокатки и разным значении коэффициента K для каждого профиля были рассчитаны затраты на нагрев заготовок с холодного и горячего посада, а также затраты электроэнергии на прокатку. В качестве примера на рис. 2 приведены результаты расчетов для арматурного профиля № 10.

Из рисунка видно, что повышение температуры нагрева заготовок как с холодного, так и горячего посада приводит к значительному увеличению затрат на нагрев исходных заготовок, что связано с сегодняшними затратами на газообразное топливо. Повышение температуры нагрева заготовок под прокатку приводит к закономерному снижению затрат на собственно процесс непрерывной

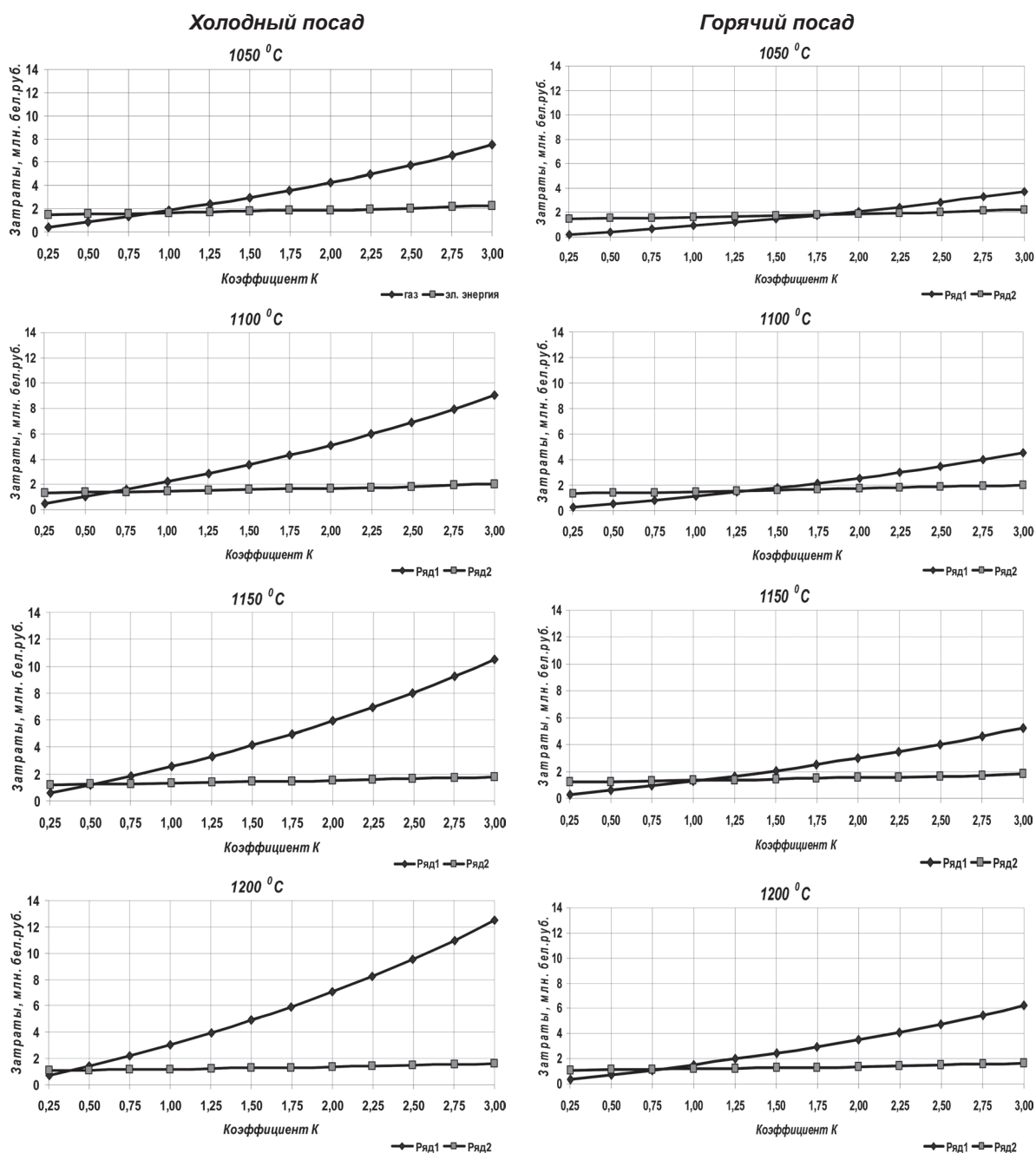


Рис. 2. Затраты на нагрев заготовок с холодного посада и электроэнергии на процесс прокатки арматурного профиля № 10 для различных температур начала прокатки в зависимости от изменения коэффициента K

прокатки. При этом необходимо отметить, что даже в условиях изменившихся затрат на газ и электроэнергию горячий посад заготовок имеет меньшую разницу между затратами на производство арматурных профилей по сравнению с холодным посадом заготовок.

Для процесса прокатки каждого арматурного профиля построены графики изменения соотношения затрат на нагрев заготовок и электроэнергии на прокатку как с холодного, так и горячего посада в зависимости от изменения значений коэффициента K .

Для арматурного профиля № 10 оптимальным значением коэффициента K является то, при котором отношение затрат на нагрев заготовок к затратам электроэнергии на прокатку (коэффициент N) равно или меньше 1.

Для оценки затрат процесса прокатки арматурного профиля № 10 на рис. 2 приведено изменение отношения затрат на нагрев заготовок с холодного и горячего посада к затратам электроэнергии на прокатку при различных температурах начала прокатки [7]. Изменение отношения затрат на нагрев заготовок к затратам электроэнергии на прокатку арматурного профиля № 10 показывает значительный рост затрат на нагрев заготовок при прокатке с холодного посада при увеличении значения коэффициента K в отличии от прокатки с горячего посада.

Анализ изменения затрат при прокатке арматурного профиля № 10 с холодного посада показал, что оптимальный диапазон значений коэффициента K для температуры начала прокатки 1050 °C находится в пределах 0,25–1,00, для температуры начала прокатки 1100 °C – 0,25–0,75, для температуры начала прокатки 1150 °C – 0,25–0,50, для температуры начала прокатки 1200 °C – 0,25, при прокатке арматурного профиля № 10 с горячего посада для температуры начала прокатки 1050 °C оптимальный диапазон значений коэффициента находится в пределах 0,25–1,75, для температу-

ры начала прокатки 1100 °C – 0,25–1,25, для температуры начала прокатки 1150 °C – 0,25–1,00, для температуры начала прокатки 1200 °C – 0,25–0,75.

При изменении стоимости на энергоносители для предприятия РУП «БМЗ» необходимо определить, насколько изменится соотношение затрат на нагрев заготовки к затратам электроэнергии на прокатку при различных температурах начала прокатки.

Для оценки соотношения затрат на нагрев заготовок и электроэнергии на прокатку был введен коэффициент N , который характеризует отношение затрат на нагрев заготовок к затратам электроэнергии на прокатку:

$$N = \frac{W_{\text{газ}}}{W_{\text{эл.энергия}}}, \quad (1)$$

где $W_{\text{газ}}$ – затраты на нагрев заготовок, бел. руб.; $W_{\text{эл.энергия}}$ – затраты электроэнергии на осуществление процесса прокатки, бел. руб.

На рис. 3 показано соотношение затрат на производство арматурного профиля № 10 с холодного и горячего посада при различной стоимости энергоносителей.

Также был проведен анализ изменения общих затрат на прокатку арматурных профилей № 10, 12, 14, 16 и 20 на стане 320 РУП «БМЗ». Результаты анализа изменения общих затрат на примере производства арматурного профиля № 10 приведены на рис. 4.

Проведенный анализ изменения общих затрат на прокатку арматурных профилей № 10, 12, 14, 16 и 20 с холодного и горячего посада на стане 320 РУП «БМЗ» при различных температурах начала прокатки и разном значении коэффициента K (отношение цены газа к цене электроэнергии) показал следующее.

1. Оптимальным диапазоном значений коэффициента K с точки зрения изменения общих затрат на прокатку арматурных профилей № 10, 12, 14, 16 и 20 с холодного посада является интервал 0,25–0,75. При этом с увеличением температуры

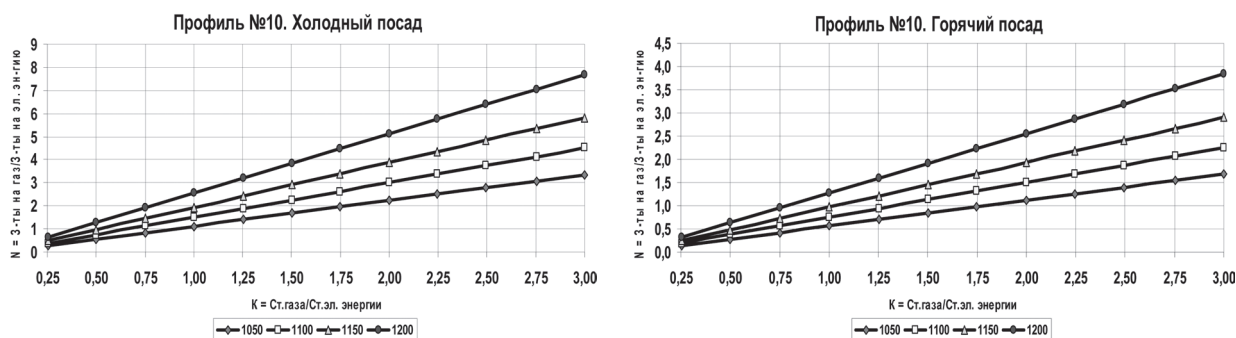


Рис. 3. Соотношение затрат на производство арматурного профиля № 10 в условиях стана 320 РУП «БМЗ» при различной стоимости энергоносителей

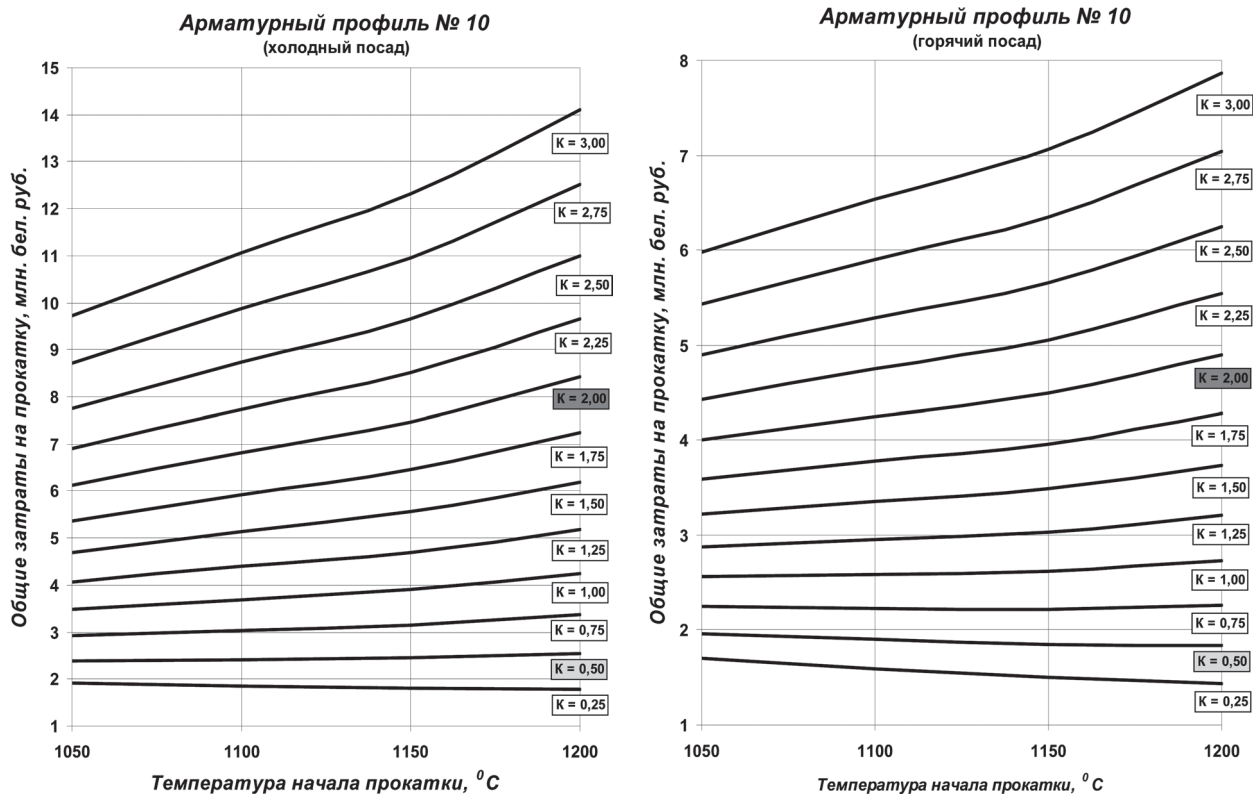


Рис. 4. Изменение общих затрат на процесс прокатки арматурного профиля № 10 для различных температур начала прокатки в зависимости от изменения коэффициента K

начала прокатки от 1050 до 1200 °C наблюдается снижение общих затрат на прокатку.

2. Оптимальным диапазоном значений коэффициента K с точки зрения изменения общих затрат на прокатку арматурных профилей № 10, 12, 14, 16 и 20 с горячего посада является интервал 0,25–1,00. При этом с увеличением температуры начала прокатки от 1050 до 1200 °C также наблюдается снижение общих затрат на прокатку.

3. Переход производства арматурных профилей № 10, 12, 14, 16 и 20 с применением холодного посада исходных заготовок к производству указанного проката с использованием горячего посада исходных заготовок приводит к существенному снижению общих затрат на прокатку. Так, например, при прокатке арматурного профиля № 10 с холодного посада заготовок с температурой начала прокатки 1050 °C по уровню цен на энергоносители 2010 г. ($K = 2$) общие затраты на прокатку составляют 6,113 млн. бел. руб. При прокатке этого же профиля с горячего посада заготовок общие затраты составляют 4,001 млн. бел. руб. Разница между общими затратами при переходе производства арматурного профиля № 10 с холодного на горячий посад составит 2,112 млн. бел. руб. Также следует отметить, что общие затраты при увеличении температуры начала прокатки арматурного профиля № 10 до 1200 °C с горячего посада не превышают общих затрат при

прокатке этого же профиля с холодного посада с температурой начала прокатки 1050 °C. Так, общие затраты на прокатку арматурного профиля № 10 с холодного посада заготовок и температурой начала прокатки 1050 °C составляют 6,113 млн. бел. руб., а общие затраты на прокатку арматурного профиля № 10 с горячего посада заготовок и температурой начала прокатки 1200 °C – 4,898 млн. бел. руб. Такая же ситуация наблюдается при прокатке остальных арматурных профилей (№ 12, 14, 16 и 20).

Можно сделать вывод о том, что, несмотря на увеличение цен на энергоносители, в частности газ, имеет смысл перевода стана 320 РУП «БМЗ» при прокатке арматурных профилей № 10, 12, 14, 16 и 20 с холодного посада на горячий даже с увеличенной до 1200 °C температурой начала прокатки.

В связи с тем что приводные рабочие клетки № 1–3 во всех случаях прокатки по существующей калибровке перегружены по значениям усилия прокатки, целесообразно рассмотреть предложение по применению в черновой группе неприводного деформационного устройства с целью перераспределения усилий по клетям. Это в перспективе позволит скорректировать режим нагрева в зоне выдачи металла из печи с целью снижения энергозатрат на производство проката на стане 320.

Выполненный анализ энергосиловых параметров показал, что при производстве предпочтитель-

ных профилей сортамента мелкосортного стана 320 значительную экономию энергозатрат обеспечивает повышение температуры начала прокатки до 1150 °С при холодном посаде исходных заготовок и до 1200 °С – при горячем посаде заготовок. При таких температурах в структуре металла образуется более однородный аустенит, который после деформации обеспечивает мелкое зерно и при прерванной закалке с самоотпуском на поверхности арматурного проката формирует мелкодисперсную структуру отпущенного мартенсита. Формирование такой структуры позволяет повысить как прочностные, так и пластические свойства готового проката.

При значительном повышении цены на газообразное топливо, необходимого для нагрева исходных заготовок (в 4,8 раза) по сравнению с повышением цены на электроэнергию, необходимого на прокатку (в 1,2 раза), можно рекомендовать с целью уменьшения общих затрат на производство арматурного проката осуществлять горячий посад исходных заготовок. В случае изменения цены на газ в сторону уменьшения (например, в 3 раза) с целью снижения нагрузок в линии рабочих клетей стана 320 следует повысить температуру начала прокатки.

Одним из вариантов уменьшения расхода электроэнергии и увеличения стабильности процесса прокатки при производстве арматурных профилей является перераспределение деформации по клетям стана при сохранении размеров поперечного сечения раската.

Выводы

1. Выполнены исследования энергосиловых параметров прокатки предпочтительных профи-

лей фактического сортамента стана 320 РУП «БМЗ» при использовании заготовок сечением 140×140 мм.

2. Повышение температуры начала прокатки до 1150 °С при холодном посаде заготовок в нагревательную печь обеспечивает снижение нагрузок на приводные рабочие клетки черновой группы на 19,2–26,6%, клетей промежуточной группы – на 14,5–19,8, а клетей чистовой группы – на 19,6–21,6% по сравнению с существующими значениями нагрузок клетей стана 320 при температуре начала прокатки 1050 °С. Повышение температуры начала прокатки до 1200 °С при горячем посаде заготовок в нагревательную печь позволит снизить нагрузки на приводные рабочие клетки черновой группы на 31,2–37%, клетей промежуточной группы – на 21,1–28,3, а клетей чистовой группы – на 19,6–21,6% по сравнению с существующими значениями нагрузок клетей стана 320 при температуре начала прокатки 1050 °С.

3. Исходя из уровня цен на газ и электроэнергию 2009 г., следует отметить, что при производстве предпочтительных профилей сортамента мелкосортного стана 320 значительную экономию энергозатрат обеспечивает повышение температуры начала прокатки до 1150 °С при холодном посаде и до 1200 °С – при горячем посаде.

4. При нынешнем уровне затрат на нагрев и прокатку исходных заготовок сечением 140×140 мм при производстве предпочтительных профилей сортамента мелкосортного стана 320 наиболее рациональной является температура прокатки 1050 °С при горячем посаде заготовок.

Литература

1. Большаков В. И., Тубольцев Л. Г. Состояние и перспективы развития черной металлургии Украины в условиях кризиса // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии: Сб. науч. тр. ИЧМ НАН Украины. Киев: Наукова думка, 2009. Вып. 19. С. 3–13.
2. Освоение технологии прокатки-разделения арматурной стали на непрерывном мелкосортно-проволочном стане 320/150. / А. П. Лохматов, С. М. Жучков, Л. В. Кулаков и др. // Черная металлургия: Бюл. ин-та «Черметинформация». М., 1989. Вып. 1. С. 66–68.
3. Заявка № а20070112 от 05.02.07 г. Система калибров валков черновой группы клетей непрерывного сортопрокатного стана.
4. Автоматизированный расчет технологических параметров прокатки на непрерывном сортовом стане / С. М. Жучков, Л. В. Кулаков, К. Ю. Ключников, А. П. Иванов // Металлургическая и горнорудная промышленность. 2003. № 6. С. 40–44.
5. Особенности математической модели и программы расчета параметров непрерывной сортовой прокатки / С. М. Жучков, Л. В. Кулаков, К. Ю. Ключников, А. П. Иванов // Литье и металлургия. 2003. № 3. С. 157–164.
6. Особенности математической модели и программы расчета параметров непрерывной сортовой прокатки / С. М. Жучков, Л. В. Кулаков, К. Ю. Ключников, А. П. Иванов // Литье и металлургия. 2003. № 3. С. 157–164.
7. Жучков С. М., Кулаков Л. В., Лохматов А. П. Оптимизация энергопотребления при непрерывной сортовой прокатке // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии: Сб. науч. тр. ИЧМ НАН Украины. Киев: Наукова думка, 2005. Вып. 11. С. 110–118.