

Особо подчеркивается, что для адекватного моделирования всего процесса горения кокса необходимо учитывать каждую из этих стадий и их взаимовлияние. Тем не менее многие исследователи используют упрощенные модели, не учитывающие изменение поверхности пор и внутреннюю диффузию. Авторы предложили воспользоваться современными версиями модели кинетики выгорания кокса (СВК) для окисления (СВК/Е) и для газификации (СВК/Г). После соответствующей калибровки данные модели показали хорошую сходимость с экспериментальными данными.

В заключение следует еще раз отметить, что универсальных моделей не существует. Даже самые подробные модели, которые были описаны выше, имеют свою область применения. При этом для калибровки всех моделей необходимо использовать экспериментальные данные.

Исследование выполнено в Уральском федеральном университете за счет гранта Российского научного фонда (проект № 14-19-00524).

#### Список литературы

1. Tennant J. B. Overview of DOE's gasification program, 2010 [Электронный ресурс]. URL: [http://www.netl.doe.gov/publications/proceedings/10/gfe/Jenny%20Tennant2\\_Gasification.pdf](http://www.netl.doe.gov/publications/proceedings/10/gfe/Jenny%20Tennant2_Gasification.pdf) (дата обращения: 21.11.2014).
2. О предпроектной проработке гибридной угольной ПГУ с воздухонагревателем / С. И. Гордеев [и др.] // Электрические станции. 2012. № 10. С. 17–21.
3. Разработка низкотемпературных реакторов термохимической конверсии для угольной энергетики / А.Ф. Рыжков [и др.] // Теплоэнергетика. 2013. № 12. С. 47–55.
4. Ma J., Zitney S. E. Computational Fluid Dynamic Modeling of Entrained-Flow Gasifiers with Improved Physical and Chemical Submodels // Energy Fuels. 2012. № 26. P. 7195–7219.
5. Abani N., Ghoniem A. F. Large eddy simulations of coal gasification in an entrained flow gasifier // Fuel. 2013. № 104. P. 664–680.
6. Simulation of entrained flow gasification with advanced coal conversion submodels. Part 1 : Pyrolysis / M. Vascellari [и др.] // Fuel. 2013. № 113. P. 654–669.
7. Vascellari M., Arora R., Hasse C. Simulation of entrained flow gasification with advanced coal conversion submodels. Part 2 : Char conversion // Fuel. 2014. № 118. P. 369–384.

УДК 536.65

Хайруллин И. А., Матвеев С. В., Картавец С. В.  
Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова  
hairullin-ildar@mail.ru

## **ОЦЕНКА МОЩНОСТИ ТЕПЛО ВЫДЕЛЕНИЙ ГОРЯЧЕКАТАННОГО ЛИСТА В ТЕПЛОТЕХНОЛОГИИ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ**

В настоящее время трудно представить жизнь человека без использования стальных изделий. Так в 2013 году в Российской Федерации производство сырой стали достигло 69,4 млн т в год [1]. Почти 90 % из этого стальной прокат. Для его производства в теплотехнологии горячей прокатки необходимо около 1,2 т у. т. [2]. При этом порядка 12 кг у. т. с каждой тонны стали отво-

даться в технологическом процессе горячей прокатки, в зоне душирующих установок (позиция 1 на рис. 1) и рассеиваться в окружающей среде в виде низкопотенциального тепла (не выше 100 °С) охлаждающих теплоносителей (охлаждающих воздуха и воды).

В данной работе ставится задача оценки мощности отвода теплоты от горячекатанного листа в теплотехнологии горячей прокатки.

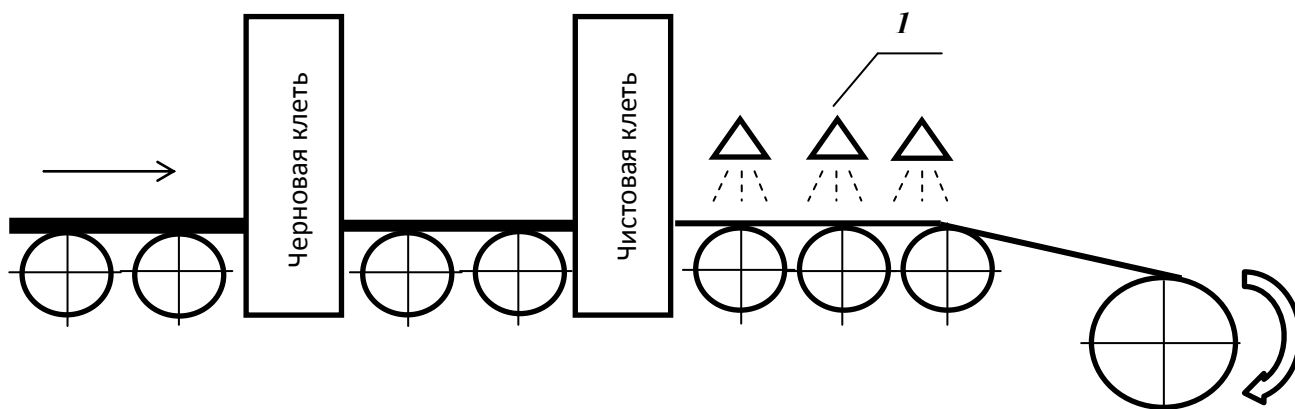


Рис. 1. Принципиальная схема теплотехнологии горячей прокатки

Для решения поставленной задачи были приняты теплофизические параметры, которые были занесены в таблицу.

Теплофизические параметры в теплотехнологии горячей прокатки

Теплофизический параметр	Единица измерения	Значение параметра
Температура листа, после чистовой клетки, $t_n$	°С	1000
Время охлаждения, $\tau$	с	1
Толщина листа, $\delta$	мм	1-3,5
Коэффициент теплоотдачи, $\alpha$	Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)	19000
Плотность стального листа, $\rho$	кг/м <sup>3</sup>	7800
Теплоемкость стали, $c$	Дж/(кг·°С)	678
Скорость прокатки, $w$	м/с	20

Так, для листа толщиной 2 мм мощность тепловыделений составила порядка 160 МВт, что сравнимо с мощностью небольшой электростанции. В работе были проведены исследования зависимости мощности тепловыделений от толщины пластины. В результате расчетов нестационарной теплопроводности в пластине был получен следующий результат при охлаждении 1 кг стали за 1 с (рис. 2).

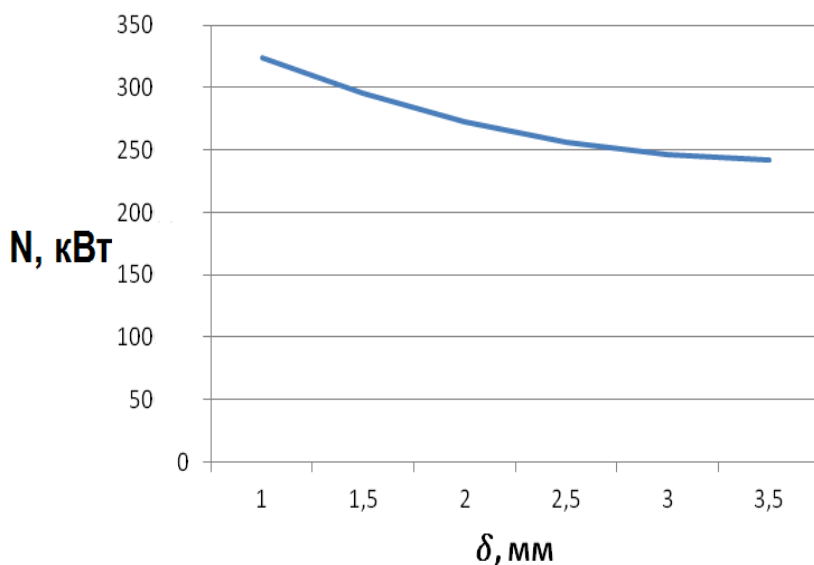


Рис. 2. График изменения мощности в зависимости тепловыделений листа от ее толщины

Как видно из графика, чем больше толщина листа, тем меньше становится мощность его тепловыделений.

Это связано прежде всего с тем, что при увеличении толщины листа увеличивается число Био, и тело из термически тонкого становится термически толстым, а для выравнивания температур в центре листа и на поверхности произойдет за более длительный промежуток времени. Итак одно и то же количество теплоты отводится за разные промежутки времени, что и влияет на мощность тепловыделений. Таким образом, раскаленный лист после горячей прокатки с уменьшением толщины является высокомоощным энергетическим ресурсом, использование теплоты которого в зависимости от направления (генерация электроэнергии или технологическая регенерация теплоты в теплотехнологию горячей прокатки) является актуальным [3] и может позволить экономить до 12 кг у.т. на каждую тонну выпускаемого проката.

#### Список литературы

1. World crude steel output [Электронный ресурс]. URL: <http://www.worldsteel.org/media-centre/press-releases/2014/World-crude-steel-output-increases-by-3-5-in-2013.html> (дата обращения: 12.10.2014).
2. Картавцев С. В. Интенсивное энергосбережение и технический прогресс черной металлургии. Магнитогорск : МГТУ, 2008. 312 с.
3. Хайруллин И. А., Матвеев С. В., Картавцев С. В. Повышение энергетической эффективности в теплотехнологии горячей прокатки // Энергосбережение – теория и практика : Труды Седьмой Международной школы-семинара молодых ученых и специалистов. В 2 т. Т. 1. М., 13-17 октября 2014 г. М. : Издательский дом МЭИ, 2014. С. 112–113

УДК 620.9

Харитонов О. Д.  
Томский государственный университет,  
9130415820@mail.ru

## **ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ РОССИИ**

Эффективное эксплуатирование месторождений нефти и газа устойчивое развитие и функционирование топливно-энергетического комплекса во многом определяют рост экономики страны и благополучие населения. Россия принадлежит к числу стран с высокими показателями энергоемкости ВВП. Так, энергоемкость ВВП России в 2,5 раза больше среднемирового уровня, поэтому направление эффективного использования энергии в России актуально в наши дни.

Энергоэффективностью называется вид деятельности, нацеленный на достижение экономически оправданной эффективности использования топливно-энергетических ресурсов с модернизацией существующих технологий и соблюдение требований к охране окружающей среды. Данное направление не являет-