

## **ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ТОЛСТОЛИСТОВОГО ПРОКАТА И ПУТИ ЕЕ СНИЖЕНИЯ**

Егоров Н.Т., Комарова Н.А.

Донецкий национальный технический университет

Интенсивное развитие промышленности приводит к постоянному возрастанию спроса на энергию. В настоящее время более 12% всего топлива и свыше 20% вырабатываемой электроэнергии расходуется на нужды черной и цветной металлургии [1].

Прогноз рынка черных металлов показывает, что в новом тысячелетии сохранится высокая потребность в толстолистовом прокате. Существенным ограничением потребления толстолистового проката является высокая его стоимость. При этом значительный удельный вес (около 30-40%) в себестоимости толстолистовой стали составляют расходы на энергию. Суммарный удельный расход энергии при производстве толстолистового проката на реверсивных прокатных станах, в зависимости от сочетания технологических операций, колеблется в достаточно широких пределах и составляет 2836 - 5790 Мдж/т. Наиболее энергоемкими операциями технологического процесса производства толстых листов являются нагрев под прокатку и термическая обработка, доля которых в общих энергозатратах весьма значительна и достигает 50-90%. Однако, несмотря на это, вопросам расходования энергии при термической обработке стали многие годы должного внимания не уделялось.

Анализ структуры топливно-энергетических расходов при термообработке толстолистового проката на металлургических комбинатах показал, что основные энергетические затраты (около 99,9%) приходятся на технологическое топливо в качестве которого используются природный, доменный и коксовый газы, а также мазут.

В связи с использованием на металлургических комбинатах различных видов топлива технологическую энергоемкость термической обработки толстолистового проката оценивали удельным расходом условного топлива, что позволяло достаточно надежно сопоставлять энергетические (топливные) затраты на различных предприятиях (таблица 1).

Анализ данных показывает, что удельный расход условного топлива при термической обработке толстых листов на металлургических комбинатах изменяется в широких пределах и составляет 78 - 123,0 и 46,1 - 89,0 кг на тонну соответственно физического и при-

веденного объемов производств. Высокая энергоемкость на заводе “Амурсталь” объясняется использованием при нагреве листов в проходных роликовых печах в качестве топлива мазута.

Таблица 1

Энергоемкость производства термообработанного толстолистового проката на металлургических предприятиях

Металлургический комбинат, стан	Расход условного топлива		
	Всего, кг*10 <sup>3</sup>	в том числе на тонну проката, кг/т	
		физического	приведенного
Алчевский, стан 2800	51329,1	85,7	46,1
Орско-Халиловский, стан 2800	58859,2	78,0	49,1
«Северсталь», стан 2800	24094,4	107,0	61,0
“Амурсталь”, стан 2300	30702,3	123,0	89,0

Примечание: Приведены данные по расходу топлива при максимально достигнутых объемах производства термообработанного проката

Энергоемкость термической обработки толстолистового проката зависит от марочного, размерного сортамента обрабатываемых листов, вида и режима термической обработки, которые характеризуются различными коэффициентами трудоемкости.

В таблице 2 приведены сведения об удельных затратах условного топлива на толстолистовых станах по видам термической обработки. Видно, что наиболее энергоемкой операцией термической обработки являются отпуск.

Существенное снижение затрат при термической обработке толстых листов может быть обеспечено за счет совершенствования ее технологии и в первую очередь, в результате оптимизации температурно-временных параметров нагрева. Расчеты показывают, что снижение температуры печи при нормализации и закалке с 950 до 900°С и уменьшение удельного времени нагрева с 1,5 до 1,0 мин/мм обеспечивает экономию условного топлива в размере 23-25 кг на тонну термообработанного листа.

Значительная экономия энергии при термообработке достигается в результате эффективного использования тепла прокатного нагрева. Такая энергосберегающая технология термической обработки

разработана и внедрена на стане 3600 Мариупольского металлургического комбината “Азовсталь” при нормализации толстых листов из углеродистых и низколегированных сталей в проходных роликовых печах [ 2 ].

Таблица 2

Удельный расход условного топлива по видам термической обработки толстолистового проката

Металлургический комбинат, стан	Удельный расход условного топлива, кг/т			
	Всего	В том числе по видам термообработки		
		нормализация	закалка	отпуск
Алчевский, стан 2800	85,7	<u>67,8</u> 1,47	<u>80,5</u> 1,76	<u>143,6</u> 3,75
Орско-Халиловский, стан 2800	78,0	<u>73,5</u> 1,5	<u>78,9</u> 1,75	<u>154,7</u> 3,6
Череповецкий, стан 2800	107,0	<u>71,2</u> 1,55	<u>79,3</u> 1,8	<u>121,6</u> 3,0
“Амурсталь”, стан 2300	123,0	<u>89,1</u> 1,0	<u>100,7</u> 1,75	<u>102,4</u> 1,8

Примечание: Числитель - удельный расход условного топлива, знаменатель - средний коэффициент трудоемкости данного вида термообработки.

Для получения оптимального уровня свойств, создания наиболее благоприятных условий перекристаллизации и максимального использования тепла прокатного нагрева температура предварительного подстуживания листов после горячей прокатки перед термообработкой должна быть в пределах  $t_{Ar1} - (50 \div 100)^\circ\text{C}$ , что для большинства углеродистых и низколегированных сталей соответствует интервалу  $500-550^\circ\text{C}$ .

Использование тепла прокатного нагрева при термической обработке толстых листов в проходных роликовых печах повышает их производительность на 30-40% и позволяет экономить 20-30 кг условного топлива на каждой тонне обрабатываемого металла.

Эффективным с точки зрения энерго- и ресурсосбережения является применение интенсивных технологий закалки и отпуска. Исследованиями установлено, что наиболее целесообразно при закалке толстых листов из низколегированных сталей использовать двухстадийное или прерванное охлаждение. Скорость интенсивного охлаждения при двухстадийной закалке выбирается с учетом устойчивости переохлажденного аустенита обрабатываемых сталей, исходя из не-

обходимости получения бейнито-мартенситной структуры без избыточного феррита, и составляет не менее 60-80°C/с в интервале температур т.Аг<sub>3</sub>-Мн. При температурах ниже 300-400 °С охлаждение следует проводить со скоростями не более 20-30°C/с. Для достижения максимальной прокаливаемости сталей суммарной расход воды при закалке листов в агрегатах роликового типа должна быть не менее 150-200 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>\*ч.

Отпуск закаленных листов лучше всего осуществлять путем ускоренного (форсированного) нагрева, используя контролируемый перепад температур между металлом и нагревающей средой в начальной стадии процесса либо в течение всего цикла его проведения. Температура отпуска в этом случае на 20-50°C выше по сравнению с обычным нагревом и выбирается с учетом структур закалки, химического состава сталей и толщины обрабатываемых листов.

При прерванной закалке с окончанием охлаждения в интервале 600-300°C температуру ускоренного отпуска устанавливают в зависимости от условий закалки по формуле [ 4 ]:

$$T_{отп} = 787,5 + 1,25 * V_{охл.} - 0,25 * t_{к.охл.}$$

где  $V_{охл.}$  - скорость охлаждения при закалке, °С/с;  
 $t_{к.охл.}$  - среднemasсовая температура окончания интенсивности охлаждения, °С

Применение интенсивных режимов закалки и ускоренного отпуска снижает на 10-12% энергозатраты при производстве толстолистовой стали и более, чем в 2-3 раза увеличивает производительность термического оборудования.

Таким образом, энергетический кризис, который сегодня характерен для Украины и России, а также стремление металлургических предприятий к максимальной экономии энергии не только не должен сказываться на развитии термической обработки, а наоборот должен стимулировать разработку и внедрение ее энергоэкономных технологий.

#### **Литература:**

1. Экономия энергии при термической обработке стали / Ю.М.Брунзель, В.Л.Гусовский, Б.А.Моисеев и др. // Черная металлургия. Бюл.ин-та "Черметинформация". - 1987, № 1. - С. 3-14.
2. Нормализация толстолистовой стали с использованием тепла нагрева перед прокаткой / Подгайский М.С., Егоров Н.Т., Заннес А.Н. и др. // Бюл.летень ин-та "Черметинформация". - 1975, № 8. - С. 50-51.

3. Егоров Н.Т., Гулевский А.С. Влияние режима нормализации на низкотемпературную прочность и склонность к хрупкому разрушению толстолистовой стали 10ХСНД // Известия Академии наук СССР. Металлы. - 1985, № 5. - С. 134-136.
4. Способ термической обработки малоуглеродистой стали / П.И Гуркаллов, Г.Н.Мулько, З.К.Шафигин и др. // Патент России, № 2082768. - 1997. - Бюл. № 18.