

УДК 621.771.23.024.2

Ольховский М. А.  
Белкин И. Ю.  
Статива К. Ю.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧНОСТИ СИСТЕМ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАЛЕНИЯ ОКАЛИНЫ ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ С ЧАСТОТНЫМ ПРИВОДОМ

При производстве листового проката, на поверхностях слябов образуется окалина, которая является причиной снижения качества продукции, а также снижения стойкости рабочих валков [1–2]. Эффективное удаление окалины при горячей прокатке оказывает существенное влияние на качество готовой продукции. Плохо очищенная печная и вторичная окалина, закатанные в толщу металла однозначно становятся причиной брака. Поэтому к установкам для удаления окалины в настоящее время предъявляются требования, связанные с их эффективностью, надежностью, и экономичностью [3–4].

Целью работы является исследование возможности снижения затрат электроэнергии, расходуемой на привод насосной станции гидравлического удаления окалины.

Анализ мировых тенденций развития методов очистки поверхности металла от окалины указывает на то, что наиболее эффективным является метод гидромеханической очистки называемый «гидросбивом». Причем развитие систем гидросбива происходит в сторону повышения давления, увеличения энергии струи и мощности насосных станций. Важнейшим вопросом при проектировании станции для устройства гидравлического удаления окалины является минимизация, потребляемой ею, энергии.

Один из возможных путей повышения экономичности насосных станций – это использование насосных станций с частотным приводом. Возможность управления частотой вращения асинхронных электродвигателей была доказана сразу после их изобретения. Реализовать эту возможность удалось лишь с появлением силовых полупроводниковых приборов. В настоящее время во всем мире широко реализуется частотный способ управления асинхронными электродвигателями [2].

Принцип работы насосной станции с частотным приводом заключается в том, что работа всех установок гидросбива имеет паузы, во время которых нет необходимости создавать высокое давление и, снижая скорость вращения насоса можно уменьшать потребляемую мощность. Проанализируем работу насосной станции с частотным приводом (НСЧП) по сравнению со, ставшей уже классической, насосно-аккумуляторной станцией (НАС) с точки зрения потребления ими электроэнергии. На рис. 1 приведены статические характеристики систем гидравлического удаления окалины.

Рассмотрим работу НСЧП. Точка А соответствует режиму работы насоса на максимальных оборотах для сбива трудноудаляемого вида окалины (как правило образуется на кремнисто-марганцовистых сталях которые составляют небольшую часть производственной программы выпуска), для сбива обычной окалины обороты (а значит и потребляемая мощность) насосного агрегата могут быть значительно снижены. Возможность плавного регулирования скоростью вращения позволяет изменять давление гидросбива в зависимости от марки стали, параметров полосы и условий прокатки. Точка В соответствует режиму рециркуляции. При этом отсутствует потребление воды на стане, насосный агрегат потребляет минимальное количество энергии.

При работе насосной станции с аккумулятором рабочая точка находится на кривой насоса между точками А и С. При этом нет возможности регулировать давление гидросбива, которое зависит от уровня воды в аккумуляторе.

Для выявления возможной экономии сравним работу насосной станции с частотным приводом с работой насосно-аккумуляторной станции на примере работы полунепрерывного

прокатного стана горячей прокатки. В линии стана установлены: камера печного гидросбива, установки гидравлического удаления окалины в двух реверсивных черновых клетях и камера гидросбива перед группой чистовых клетей. Исходные данные представлены в табл. 1.

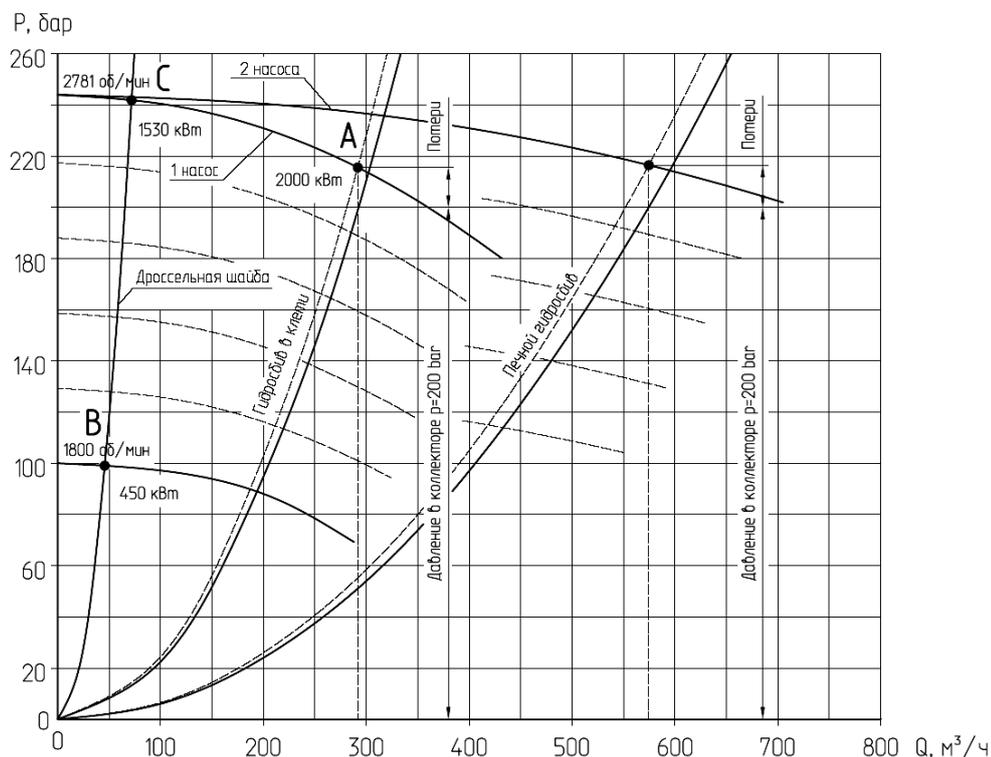


Рис. 1. Статические характеристики систем гидравлического удаления окалины

Таблица 1

Исходные данные

Показатель	Обозначение	Норма
1. Данные по стану		
1.1 Производственная программа на год, т	$m$	650 000
1.2 Годовой фонд времени работы стана, ч	$\Phi$	8186
1.3 Количество слябов в год, шт	$n$	136 000
1.4 Максимальное количество сбивов на 1 сляб	$k$	7
1.5 Среднее время одного сбива, с	$t_1$	5
1.6 Среднее время разгона или торможения, с	$t_2$	3
2. Данные по насосной станции с частотным приводом		
2.1 Мощность электродвигателя (кВт), расходуемая на:		
– сбив окалины	$P_1^{ЧП}$	2000
– разгон, торможение	$P_2^{ЧП}$	1300
– рециркуляцию	$P_3^{ЧП}$	450
2.2 Количество насосных агрегатов, шт	$N^{ЧП}$	2
3. Данные по насосно-аккумуляторной станции		
3.1 Мощность электродвигателя (кВт), расходуемая на:		
– сбив окалины	$P_1^{НАС}$	2000
– рециркуляцию	$P_2^{НАС}$	1530
3.2 Количество насосных агрегатов, шт	$N^{НАС}$	1

Определим количество срабатываний установок гидросбива за год:

$$n_1 = n \cdot k = 136000 \cdot 7 = 952000.$$

Относительная продолжительность сбива:

$$T_1^{ЧП} = \frac{n_1 \cdot t_1}{3600 \cdot \Phi} = \frac{952000 \cdot 5}{3600 \cdot 8186} = 0,162.$$

Относительное время разгона и торможения:

$$T_2^{ЧП} = \frac{n_2 \cdot t_2 \cdot 2}{3600 \cdot \Phi} = \frac{952000 \cdot 3 \cdot 2}{3600 \cdot 8186} = 0,194.$$

Относительное время пауз:

$$T_3^{ЧП} = 1 - T_1^{ЧП} - T_2^{ЧП} = 1 - 0,162 - 0,194 = 0,644.$$

Расход электроэнергии при сбиве окалины:

$$E_1^{ЧП} = \frac{P_1^{ЧП} \cdot N^{ЧП} \cdot \Phi \cdot T_1^{ЧП}}{10^6} = \frac{2000 \cdot 2 \cdot 8186 \cdot 0,162}{10^6} = 5,305 \text{ млн кВт}\cdot\text{час/год.}$$

Расход электроэнергии при разгоне:

$$E_2^{ЧП} = \frac{P_2^{ЧП} \cdot N^{ЧП} \cdot \Phi \cdot T_2^{ЧП}}{10^6} = \frac{1300 \cdot 2 \cdot 8186 \cdot 0,194}{10^6} = 4,129 \text{ млн кВт}\cdot\text{час/год.}$$

Расход электроэнергии во время пауз:

$$E_3^{ЧП} = \frac{P_3^{ЧП} \cdot N^{ЧП} \cdot \Phi \cdot T_3^{ЧП}}{10^6} = \frac{450 \cdot 2 \cdot 8186 \cdot 0,644}{10^6} = 4,745 \text{ млн кВт}\cdot\text{час/год.}$$

Суммарный расход электроэнергии:

$$E^{ЧП} = E_1^{ЧП} + E_2^{ЧП} + E_3^{ЧП} = 5,305 + 4,129 + 4,745 = 14,179 \text{ млн кВт}\cdot\text{час/год.}$$

Расчет потребляемой энергии выполнен для режима работы насосов на максимальной мощности при сбиве окалины ( $P_{сбива} = 2000$  кВт). Такая мощность потребуется для сбива только трудноудаляемой окалины, которая может образовываться на кремнисто-марганцовистых марках стали. При прокатке углеродистых марок стали, потребляемая гидросбивом мощность может быть снижена приблизительно на 25 %. Таким образом, суммарный расход электроэнергии:

$$E_1^{ЧП} = E^{ЧП} \cdot 0,75 = 14,179 \cdot 0,75 = 10,634 \text{ млн кВт}\cdot\text{час/год.}$$

Рассмотрим полученные данные в сравнении с насосной станцией аккумуляторного типа. Центробежный насос имеет характеристику, при которой с изменением давления изменяется его подача в диапазоне между точками А и С. При этом насосный агрегат потребляет мощность в диапазоне от 1530 кВт до 2000 кВт. Средняя мощность  $P_{1cp}^{НАС}$  составляет 1765 кВт. Пусть аккумулятор заряжается за то же время, что и разряжается, тогда время работы насоса на сеть определим как:

$$T_1^{НАС} = \frac{2 \cdot n_1 \cdot t_1}{3600 \cdot \Phi} = \frac{2 \cdot 952000 \cdot 5}{3600 \cdot 8186} = 0,324.$$

Относительное время пауз за единицу времени:

$$T_2^{HAC} = 1 - T_1^{HAC} = 1 - 0,324 = 0,676.$$

Расход электроэнергии при сбиве окалины и зарядке аккумулятора:

$$E_1^{HAC} = \frac{P_{1CP}^{HAC} \cdot N^{HAC} \cdot \Phi \cdot T_1^{HAC}}{10^6};$$

$$E_1^{HAC} = \frac{1765 \cdot 1 \cdot 8186 \cdot 0,324}{10^6} = 4,681 \text{ млн кВт}\cdot\text{час/год.}$$

Расход электроэнергии во время пауз:

$$E_2^{HAC} = \frac{P_2^{HAC} \cdot N^{HAC} \cdot \Phi \cdot T_2^{HAC}}{10^6} = \frac{1530 \cdot 1 \cdot 8186 \cdot 0,676}{10^6} = 8,467 \text{ млн кВт}\cdot\text{час/год.}$$

Суммарный расход электроэнергии:

$$E^{HAC} = E_1^{HAC} + E_2^{HAC} = 4,681 + 8,467 = 13,148 \text{ млн кВт}\cdot\text{час/год.}$$

Сравнивая полученные результаты можно утверждать, что использование насосной станции с частотным приводом более экономично. Экономия электроэнергии (по сравнению с HAC) может составлять до 2,5 млн кВт·час/год. При этом существует возможность плавного регулирования скорости вращения двигателя, что позволяет изменять давление гидросбива в зависимости от марки стали, параметров полосы и условий прокатки. Уменьшение давления гидросбива влечет за собой уменьшение расхода воды, что в свою очередь, оказывает положительное влияние на температуру подката и приводит к снижению нагрузок на силовые механизмы клетки.

А если учесть тот факт, что станция с частотным приводом (в отличие от HAC) не требует регистрацию в органах госнадзора, установку компрессора, системы предохранительных клапанов, и автоматического слежения за уровнем воды то, вывод напрашивается сам собою.

## ВЫВОДЫ

На примере анализа работы прокатного стана с годовой производительностью 650 тысяч тонн были получены результаты, доказывающие возможность снижения затрат электроэнергии, расходуемой на привод насосной станции гидросбива путем внедрения насосных агрегатов с частотным приводом. При этом существенно упрощается компоновка насосной станции, и снижаются нагрузки на силовые механизмы клетки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Козлов М. Эффективность внедрения систем с частотно-регулируемыми приводами / М. Козлов, А. Чистяков // СТА. – 2001. – № 1. – С. 76–82.
2. Колганов А. А. «Гидросбив», или гидромеханическая очистка окалины / А. А. Колганов. – Машиностроение. – 2007. – № 11. – С. 66–67.
3. Новый метод удаления окалины с использованием насоса с регулируемой частотой // ОАО «Черметинформация» Новости черной металлургии за рубежом. – 2005. – № 5. – С. 56–58.
4. Игельхорт В. 250 бар в борьбе с окалиной / В. Игельхорт, Б. Матц // «Черные металлы». – 2007. – июль – август. – С. 65–67.

Ольховский М. А. – инженер-конструктор I категории ЗАО «НКМЗ»;  
Белкин И. Ю. – инженер-конструктор III категории ЗАО «НКМЗ»;  
Статива К. Ю. – инженер-конструктор ЗАО «НКМЗ».

ЗАО «НКМЗ» – ЗАО «Новокраматорский машиностроительный завод», г. Краматорск.

E-mail: bgpp@nkmz.donetsk.ua