

# Сокращение потребления газа на линии горячего цинкования.

## К. Мэйсон - Western Technologies Inc.

Редакция от - Октябрь 2005 г.

### Введение:

При ценах на природный газ, растущих, как никогда прежде, мы рассматриваем способы сокращения потребления газа на линии горячего цинкования. Цель настоящей работы заключается в том, чтобы дать ответ на вопрос, который оцинковщики часто задают себе, получая высокие счета за газ, а также предложить такие решения, которые могут потребовать лишь изменения режимов работы или дополнительных капиталовложений.

Для демонстрации возможностей экономии необходимо исходить из определенного размера ванны цинкования и режима работы установки. С этой целью мы будем использовать установку, на которой применяется оборудование со следующими габаритами и техническими характеристиками.

Ванна цинкования:

Длина:	13.700 мм
Ширина:	2.000 мм
Глубина:	3.000 мм
Максимальная производительность:	9.500 кг/час.
Тип печи:	Высокоскоростная турбо-импульсная система нагрева с 4-мя горелками
Отвод дымов:	Короб:
Технологические емкости (ванны):	2 ванны обезжиривания, при 70°C 5 кислотных ванн, при температуре окружающего воздуха 1 ванна предварительного флюсования, при 70°C
Годовой фонд рабочего времени:	2000 ч
Время нахождения оборудования в режиме ожидания:	700 ч/год
Время нахождения неиспользуемого оборудования в режиме ожидания:	6060 ч/год
Потребление цинка:	6%
Температура стальных изделий перед горячим цинкованием:	10°C
Цена газа:	\$1,50 /терм (долл. США)

В данном случае мы использовали печь "Турбо" с высокоскоростной турбо-импульсной системой нагрева, поскольку располагаем данными о ней.

### Мы предлагаем ответы на следующие вопросы:

1. Что понимается под КПД?
2. Каким образом можно добиться экономии денежных средств на своей печи горячего цинкования?
3. Каким образом можно добиться экономии денежных средств на участке предварительной обработки?
4. Можно ли использовать тепло отходящих из печи газов?

## Что понимается под КПД?

Тепловым КПД печи можно упрощенно считать выраженное в процентах отношение количества тепла, полезно использованного в печи, к общему количеству тепла, выделенному при сжигании топлива, т.е. подведенного тепла. Это может быть выражено как:

$$\frac{\text{Количество единиц использованного тепла}}{\text{Количество единиц подведенного тепла}} \times 100 \% = \text{Тепловой КПД}$$

КПД печи рассчитывается исходя из концентрации свободного кислорода в потоке отходящих из печи газов и температуры этого газового потока непосредственно на выходе из печи (см. график 1). Одной низкой температуры отходящих газов недостаточно, поскольку это может быть достигнуто простым увеличением подачи воздуха к горелкам.

При нулевой концентрации свободного кислорода (без избытка воздуха) и температуре отходящих газов, равной 450°F (температура цинка), теоретически возможное максимальное значение КПД составляет 73 %. Это значение является недостижимым, поскольку на практике желательно иметь небольшой избыток воздуха (от 10% до 15%) для того, чтобы не допустить образования СО, а температура отходящих газов должна превышать температуру цинка, чтобы обеспечить теплопередачу через стенки ванны цинкования к расплаву цинка. Все современные горелки предварительного смешивания (такие как высокоскоростная горелка с применением воздухоудвки) обеспечивают почти идеальное смешивание газа и воздуха и идеальное сгорание газа. Это означает, что правильные соотношения газа и воздуха постоянно поддерживаются, и мы можем игнорировать фактическое сгорание газа как фактора, влияющего на КПД. Вместе с тем, это не относится к прежним типам горелок или горелкам без наддува.

Недостижимое, но теоретически возможное максимальное значение КПД 73% показано на рисунке 1. Например, когда при максимальной производительности печи тепловой КПД составляет 65,7%, это означает, что 34,3% общего количества подведенного тепла теряется в газоходе, см. рис.1. В данном примере можно видеть, что практическое значение КПД лишь на 7,3% ниже недостижимого теоретического максимального значения. Очевидно, что стоимость общего количества подведенного тепла при часовой производительности 9.500 кг и расходе тепла 60 терм/час составит 90 долл. США в час (при 1,50 долл.США /терм), а 30,87 долл.США от стоимости энергии теряется с отходящими газами.

КПД печи можно улучшить путем сокращения скорости теплопередачи через стенки ванны цинкования, или проще говоря, увеличить размеры ванны цинкования для данной производительности, что обеспечило бы дополнительное преимущество с точки зрения увеличения срока службы ванны цинкования. Такой же результат достигается за счет функции "Турбо", внедренной компанией Westech, только путем подвода максимального количества доступного тепла, когда это абсолютно необходимо, что позволяет продлить срок службы ванны цинкования и значительно сократить потребление газа.

## Каким образом можно добиться экономии денежных средств на своей печи горячего цинкования?

Печь горячего цинкования - это обычно самый крупный и единственный потребитель природного газа на линии горячего цинкования. На рисунке 2, вы можете увидеть, что при полной производительности 9.500 кг/ч, 36,6% от общего количества подведенного тепла расходуется на стальные изделия, подвергаемые цинкованию, 26,8% теряется только с поверхности, 2,2% - через теплоизоляцию печи и 34,3% теряется с отходящими газами, из которых 9,9% тепла теряется на испарение воды.

Когда печь находится в режиме ожидания, т.е. не в производственном процессе, как показано на рисунке 3, потери с поверхности составляют 59,2% от общего подведенного тепла, 5,2% теряется через изоляцию печи. Подразумевается, что печь оснащена вытяжным кожухом и скорость отвода газов при нахождении в режиме ожидания составляет половину скорости в производственном режиме, а на поверхности расплава образуется слой из шлака. Во время производства практически невозможно значительно снизить потери тепла с поверхности, за исключением частичного закрывания поверхности расплава крышкой при использовании ванны цинкования не на полную длину, однако это может отрицательно сказаться на износостойкости ванны. Накрывание крышкой ванны цинкования во время простоя или в нерабочие часы, например, между сменами и в выходные дни, может обеспечить значительную экономию. Для рассматриваемой печи потери с поверхности можно сократить более чем на 80%, что позволит сэкономить 6,00 долл. США в час. Это может показаться не слишком большой суммой, однако при умножении на 6060 часов непроизводственного времени ванны цинкования, когда она может быть накрыта, достигается экономия в размере 36360 долл. США в год при небольших капитальных инвестициях со сроком окупаемости, как правило, до 3 месяцев.

Чтобы реализовать преимущество от установки крышек, требуется снизить количество подводимого от горелок тепла до 6,6% от максимального значения, и это выражается через диапазон регулирования как 15:1. Если невозможно обеспечить такой диапазон регулирования горелок, тогда они либо должны быть выключены, или температура цинка должна превысить контролируемое значение, или температура будет продолжать расти, до тех пор, пока горелки не будут отключены системой аварийной защиты от перегрева.

Выключение горелок - это один из вариантов, но нежелательный, поскольку холодный воздух по-прежнему будет поступать в выключенные горелки, охлаждая циркулирующий газовый поток. Несмотря на то, что подача воздуха в выключенные горелки может быть предотвращена, для этого потребуются либо ручной или электрический отсечные клапаны и дополнительное управление воздушным потоком, что делает предпочтительным вариант динамического регулирования горелок.

Теплоизоляция печи также дает возможности для экономии денежных средств и энергосбережения. Потери в рассматриваемой печи составляют только 2% от общего количества тепла, подведенного к ней через стенки печи в результате высокотемпературного горения, что соответствует температуре наружной поверхности менее чем на 35°F выше температуры окружающей среды. Многие печи, которые все еще применяются сегодня, имеют весьма высокую температуру стенок и, как следствие, к ним практически невозможно прикоснуться или даже просто работать рядом с ними. К сожалению, не так просто улучшить теплоизоляцию в устаревшей печи, и данная операция может быть довольно дорогостоящей и, следовательно, не всегда приемлемой. Однако следует очень серьезно подойти к рассмотрению типа используемой теплоизоляции при выборе или строительстве новой печи.

## **Каким образом можно добиться экономии денежных средств на участке предварительной обработки ?**

В данном примере каждая из ванн обезжиривания будет потреблять тепло в количестве 6,31 терм/час при полной производительности, а ванная предварительного флюсования будет потреблять 7,43 терм/час, как показано на рисунках 4 и 5.

Несмотря на то, что рабочая температура ванн является одинаковой, температура стальных изделий, поступающих в ванну предварительного флюсования выше, и только половина потока продукции проходит через каждую ванну обезжиривания. Если предположить, что для нагрева ванн будет использоваться вода, а не пар, то мы можем принять тепловой КПД бойлера за 80%.

Как можно видеть, при любых условиях больше всего потерь тепла происходит за счет поверхности, это особенно видно во время режима ожидания, см. рисунки 6 и 7. Потери тепла с поверхности значительно возрастают с увеличением температуры ванны, и поэтому данная температура не должна превышать температуру, требуемую для химического процесса. Если мы рассмотрим флюсовую ванну и снижение ее температуры от 70°C до 65°C, то экономия составит 1,06 терм/час, а при снижении температуры до 60°C мы сможем сэкономить в дальнейшем 0,84 терм/час. Если температура ванны предварительного флюсования была бы снижена от 70°C до 65°C, и ванна не была бы накрыта крышкой в течение года, то экономия составила бы 13.929 долл. США.

Потери тепла с поверхности ванны представляют собой совокупность потерь, т.е. потери теплоты за счет излучения, конвекции, испарения и потери на подпиточную воду. Если в вышеописанном примере флюсовая ванна накрыта во время нерабочего времени, т.е. с помощью простой мембраны или стальной пластины, то потери могут быть снижены более чем на 50%, что позволит сэкономить 19.914 долл. США в год, при рабочей температуре 70°C. Если бы все подогреваемые ванны накрывались крышкой, то годовая экономия составила бы, как минимум, 60.000 долл. США. Дополнительное преимущество накрытия крышкой неиспользуемых ванн связано с сокращением объема коррозионных испарений, проникающих в установку и воздействующих на конструкцию здания.

## **Можно ли использовать тепло отходящих из печи газов?**

Тепло отходящих из печи газов может быть использовано для следующих целей:

- ◆ для нагрева горячей воды или конденсата пара для непрямого подогрева ванн предварительной обработки.
- ◆ для прямого подогрева ванн предварительной обработки через стенки ванн.
- ◆ для процессов прямой или непрямой сушки и предварительного подогрева.
- ◆ для предварительного нагрева воздуха горения для горелок печей горячего цинкования.

Как видно на рисунке 8, благодаря нашей модели печи, 16,3% от общего количества подведенного тепла или 48% отходящего тепла могут быть безопасно утилизированы. На практике желательно не утилизировать слишком большое количество тепла и не понижать температуру отходящих газов ниже точки росы, поскольку в результате этого может образовываться слабокислый конденсат, который может вызвать закупоривание или коррозию теплообменника.

В случае с нашим примером для печи это означает, что 9,78 терм тепловой энергии может быть утилизировано и повторно использовано. Поскольку образование данной энергии, как правило, происходит в бойлере, мы можем утверждать, что благодаря его КПД, равному 80%, наша фактическая экономия составит 12,22 терм/час во время работы на полную производственную мощность. На рисунке 9 показано количество имеющегося для утилизации тепла при различной производительности нашей типовой печи. Если бы годовая производительность составляла 9.000 тонн (средняя производительность 4.500 кг/час), то количество тепла, имеющегося для утилизации, равнялось бы 92532 терм, генерированных

бойлером по стоимости 1,50 долл. США/терм, а экономия в год составила бы 138.798 долл. США.

Использование отходящих газов для нагрева горячей воды и затем для подачи этой воды насосами через змеевики теплообменника в ванны предварительной обработки представляет собой наиболее часто применяемый метод использования отходящего тепла. Отвод отходящих газов производится через основной газоход или вытяжную трубу с прохождением через газовый и водяной теплообменники. Затем горячая вода насосом подается на нагревающие змеевики, установленные в ваннах предварительной обработки. Как правило, рекуперированное тепло используется дополнительно с теплом, получаемым из бойлера, однако в очень редких случаях его достаточно для подогрева ванн предварительной обработки, особенно во время нерабочего времени. Если ванна цинкования будет накрыта, то количества отходящего тепла уже будет недостаточно.

Подогрев ванн предварительной обработки посредством трубопроводов с горячим газом возможен, однако это не широко распространенный способ. Из-за вызывающих коррозию свойств большинства подогреваемых жидкостей на внутреннюю поверхность ванны должен быть, как минимум, нанесен материал, предотвращающий коррозию, что представляет проблему для процесса теплопередачи через ванну. Ванны горячего цинкования использовались как флюсовые ванны и горячий газ проходил вокруг ванны, однако из-за длинных теплоизолированных труб и необходимости поддержания точного значения pH флюса данный метод стал непопулярным.

Горячий газ можно напрямую использовать для процессов сушки и предварительного нагрева, однако следует учесть, что высокая температура газа при высоких скоростях горения может стать причиной оплавления флюса на заготовке, которая начнет окисляться при температуре выше 120°C. Кроме того, если печь работает при низком режиме горения или находится в режиме ожидания, происходит значительное уменьшение объема отходящих газов и может произойти резкое охлаждение газов, что приведет к конденсации, влияющей на работу охлаждающего устройства. Рекомендуется не прямое использование отходящих газов посредством нагрева свежего воздуха, подаваемого в сушилку, предотвращающее перегрев предварительного флюса и конденсирование горячих газов на заготовке.

В конечном итоге отходящие газы можно использовать для предварительного нагрева воздуха горения в горелках. Горячее цинкование - это процесс, происходящий при относительно низкой температуре, и следовательно слишком низкая температура отходящих газов не позволяет осуществить предварительный нагрев воздуха для горения из-за слишком высокой стоимости системы предварительного нагрева. Трудно контролировать соотношение газа и воздуха, поскольку следует проводить замеры расхода воздуха перед нагревом, однако из-за большого количества горелок, это не представляется практически возможным и требуется применять электронные приборы. Имеющиеся в настоящее время горелки, такие как рекуперативные и регенеративные горелки, не пригодны для процесса горячего цинкования ввиду их мощности, схемы расположения и чувствительности.

Благодаря предварительному нагреву воздуха достигается значительная экономия (приблизительно 10%), однако высокая стоимость системы наряду с более высокими расходами на техобслуживание делают этот способ утилизации о тепла отходящих газов наименее практичным.

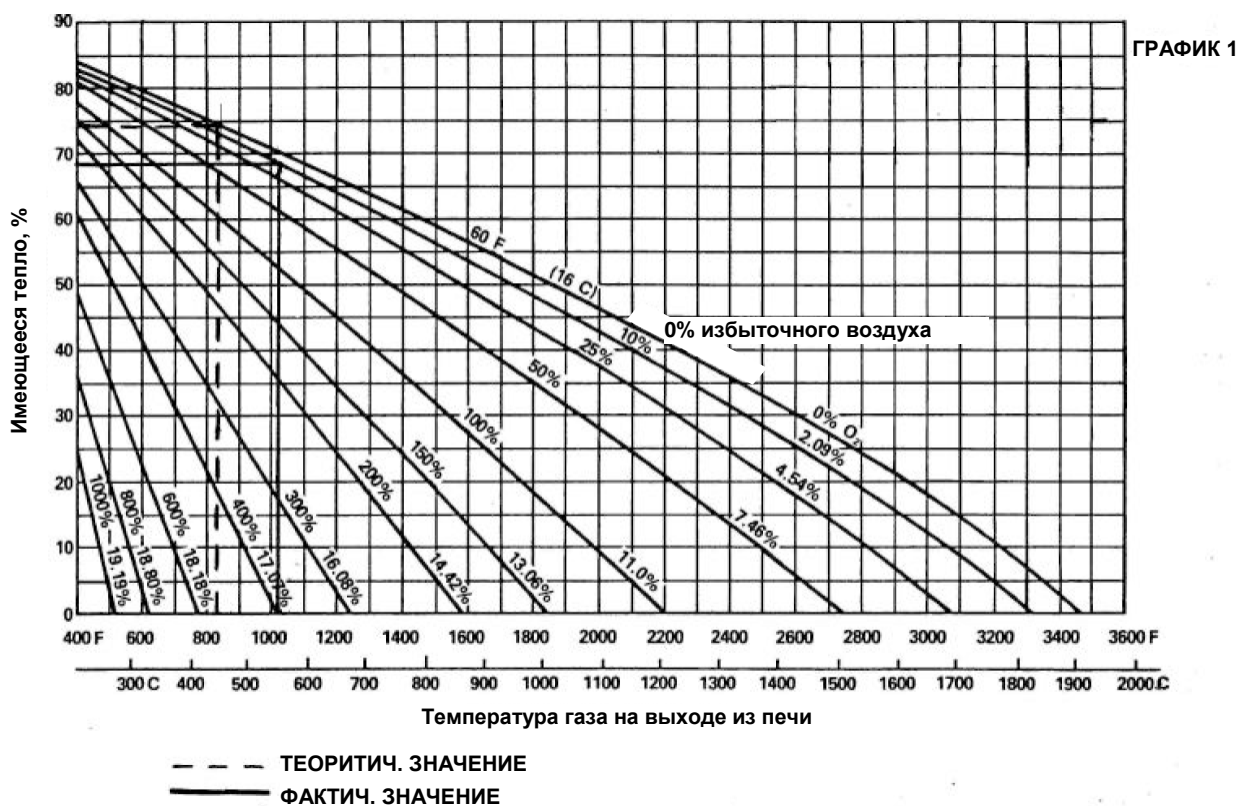
## **Выводы**

Обобщив изложенное, мы предлагаем несколько полезных советов.

- Проводите регулярную проверку своей печи для достижения наиболее подходящего режима горения.
- Накрывайте крышкой ванну цинкования, когда она не используется.

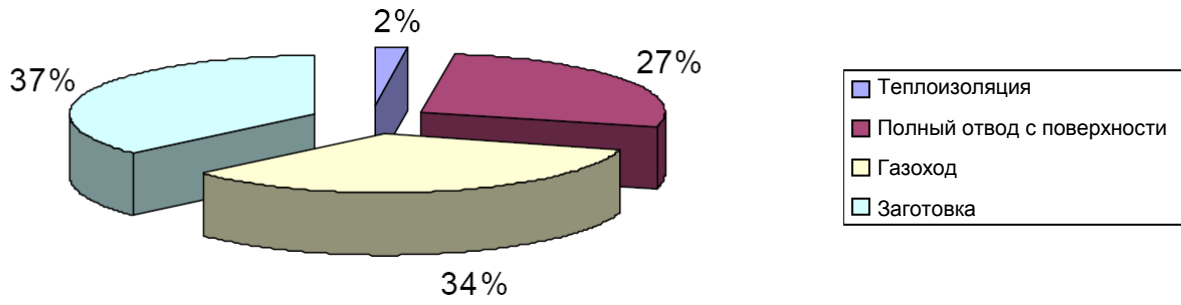
- Убедитесь, что диапазон регулирования ваших горелок будет достаточным для предупреждения температурного выброса в тех случаях, когда ванна цинкования будет накрыта крышкой.
- Снижайте скорость отсоса отходящих газов между погружениями в расплав (это позволит также снизить потребление электроэнергии).
- Утилизируйте тепло отходящих газов, если это рентабельно.
- Проводите изучение энергопотребления с помощью инженера-теплотехника.
- Накрывайте крышкой ваши ванны предварительной обработки, когда они не используются.
- По возможности, снижайте температуру ваших ванн предварительной обработки.

Потенциальная экономия является огромной и зачастую требует небольших инвестиций. С учетом конкурентной среды, в которой мы работаем, вы можете увеличить свою прибыль или же сохранить ее на определенном уровне в случае роста цен на газ, не увеличивая при этом свой товароборот. **Это хорошая возможность для экономии денежных средств.**

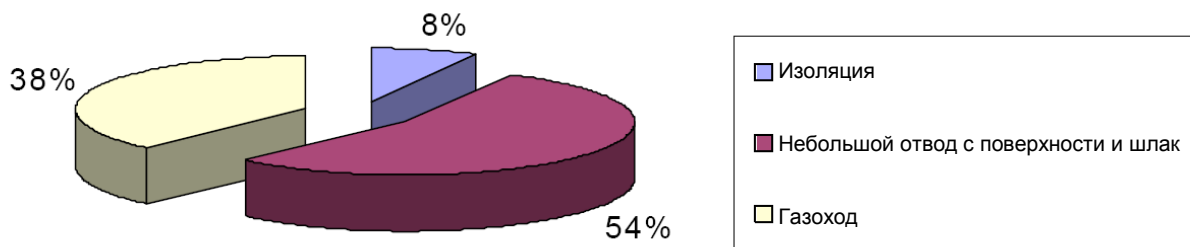


## Тепловой баланс печи горячего цинкования

Производительность - Рис. 2

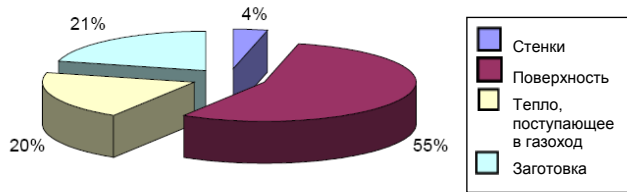


Режим ожидания (без накрытия) - Рис. 3

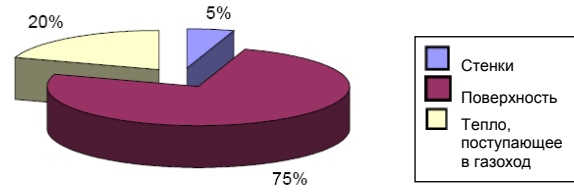


## Тепловой баланс ванн предварительной обработки

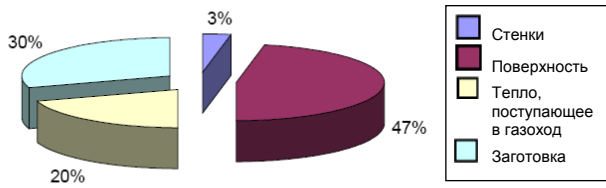
**Ванна обезжиривания –  
производительность - Рис.4**



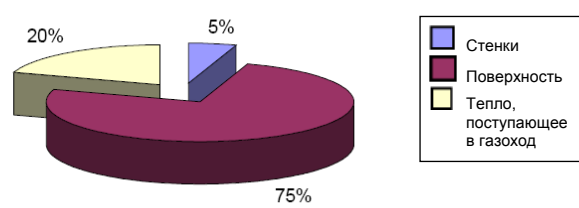
**Ванна обезжиривания -  
режим ожидания - Рис.6**



**Ванна предварительного флюсования -  
производительность - Рис.5**



**Ванна предварительного флюсования-  
режим ожидания - Рис.7**





Количество тепла, имеющегося в газе газохода печи - Рис. 8



Количество тепла, доступного для утилизации для печей горячего цинкования - Рис. 9

