

Не только вышеприведенный, но и многие другие примеры (включая реализованные проекты) показывают, что в новых экономических условиях энергосбережение на базе небольших теплофикационных установок оказывается вполне конкурентоспособным и рентабельным. Для этого суммарные удельные капитальные вложения в них должны быть в пределах 500–700 тыс. руб./кВт, удельный расход топлива на выработку электроэнергии — на уровне 170 г.у.т./кВт·ч, а число часов использования установленной электрической, соответственно и — тепловой, мощности должно составлять 7000–8000.

В этой области РУП «БЕЛНИПИЭнергопром» совместно с учеными из БНТУ выполнены и ведутся исследования и технические проработки по ряду промышленных и районных отопительных котельных, которые уже получают практическую реализацию.

УДК 621.1

## **РАЗРАБОТКА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО КОМПЛЕКСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОБРАБОТКИ АКТИВНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

**Есьман Р.И., Ярмольчик Ю.П., Ярмольчик М.А.**

*Белорусский национальный технический университет*

*Минск, Беларусь*

Несмотря на достаточно известные и хорошо зарекомендовавшие себя технологии по очистке активных поверхностей от различных как органических, так и неорганических загрязнений, существует достаточно серьезная проблема, связанная как с качеством, так и со временем их очистки.

Известно, что повышение качества обработки активных поверхностей промышленных конструкций и машин с , например, SA 1,0 до SA 2,5, приводит к увеличению сроков их эксплуатации до 2 раз, что ведет к значительному снижению материальных затрат. Кроме того, представляется очевидным, что даже незначительное, на первый взгляд, уменьшение слоя отложений на теплообменных поверхностях приводит к значительному экономическому эффекту. Так, слой отложений во внутренних полостях труб конденсатора паровой турбины в 1..1,5 мм, повышает температурный напор на 3..3,5 °С, что приводит к дополнительному сжиганию ~5 т мазута в 1 час. Кроме того, работы по очистке поверхностей трудоемки и требуют значительных затрат времени, что приводит к увеличению времени простоя теплоэнергетического оборудования.

В мировой экономике на современном этапе на каждого жителя приходится ~ 50 м<sup>2</sup> активных поверхностей промышленных, строительных и прочих конструкций, подлежащих поверхностной обработке под различные виды коррозионно-устойчивых и других покрытий. Качество этих покрытий и срок их эффективного действия в значительной степени зависит от качества обработки поверхностей и их подготовки к покрытию. Увеличение срока службы защищающих покрытий активных поверхностей только на 10% (что возможно, например, при улучшении среднего качества обработки поверхностей с ныне приемлемого в нашей республике SA 1..1,5 по шведскому стандарту (ISO 8501-1:1998) до SA 2..2,5), позволит уменьшить затраты на металл в пределах нашей республики не менее, чем на 10000 т/год, затраты на дорогостоящие покрытия не менее 1 000 000 м<sup>2</sup>/год. Эта задача также в значительной степени актуальна и в теплоэнергетике, где применяются различные технологии очистки внутренних поверхностей труб и межтрубного пространства от накипи, отложений солей, иных неорганических и органических наслоений. При этом каждая из известных технологий наиболее эффективна для конкретного вида отложений. Из технологий динамической очистки наиболее распространены в мировой практике пескоструйные, гидравлические и газо-термические аппараты. Современные тенденции последних разработок и патентов (в т. ч. в развитых странах), главным образом, заключаются во все большем увеличении кинетических энергий очищающих потоков, при этом затраты на их образование, как правило, увеличиваются.

Авторами разработаны принципиальные схемы установки, реализующей технологию очистки загрязненных поверхностей, в зависимости от физико-химических свойств поверхностей и загрязнений.

Схема аппарата, реализующего разработанную технологию, выглядит следующим образом: Топливо — керосин, бензин, горючий газ, а после разогрева и более тяжелое, например, дизельное топливо вытеснением независимо подается в горелку, где порционно смешивается со сжатым до, как минимум такого же давления, воздухом, причем горелка устроена так (за счет завихрителей потоков, противонаправления и распыления струй топлива и окислителя), что происходит тщательное их смешивание с подогревом в рабочем состоянии до камеры сгорания. Зажигание горючей смеси может происходить как за пределами камеры сгорания (у среза сопла) внешним источником при пониженной подаче окислителя с последующим затягиванием пламени в камеру сгорания путем увеличения расхода окислителя, так и непосредственно в камере сгорания (например, свечой зажигания). Дисперсный материал (кварцевый песок, шлаки цветной металлургии, металлическая дробь и т. д.) подается в горелку из специального питателя сжатым возду-

хом так, что смешение дисперсионного потока с потоком продуктов сгорания (для некоторых случаев — не догоревшими) происходит в специальной камере, так, чтобы динамическое сопротивление дисперсионного потока было минимальным. Устройство заканчивается соплом, где окончательно (за исключением специальных случаев, где необходим догар за пределами сопла горелки) смешиваются оба потока.

Показатели устройства, реализующего разработанную технологию:

- давление воздуха ~ 0,6 МПа;
- давление подачи топлива ~ 0,4 МПа;
- дисперсность 0,1..3 мм;
- производительность ~ не менее 1 кв. м. / мин;
- расход сжатого воздуха ~ 6 куб. м. / мин;
- расход топлива ~ 0,2 кг/мин;
- расход дисперсного материала ~ 2 кг/мин.

Габариты и масса устройства:

- длина ручной горелки ~ 0,5 м;
- диаметр ручной горелки ~ 0,05..0,1 м;
- масса ручной горелки ~ 3..5 кг;
- масса всего устройства с ресивером, питателем дисперсного материала, шлангами, топливным баком и т. д. (без компрессора) ~ 150 кг.

Исходя из параметров поверхностных загрязнений металлов и их сплавов, были разработаны принципиальные схемы установки для очистки отложений различного происхождения и физико-химических свойств. Были рассмотрены три основные группы загрязненных поверхностей с точки зрения характера и энергии очистных потоков и требований к состоянию рабочих поверхностей после очистных мероприятий.

1. Неглубокие, мягкие загрязнения, как правило, связанные с биологическими и чисто механическими наслоениями. Подобные наслоения, как правило, образуются на поверхностях цветных металлов, мягких нержавеющей сталей, каменных и бетонных поверхностях и т. д. Помимо требований к качеству обрабатываемых поверхностей, существенным здесь представляется невозможность (крайняя нежелательность) изменения состояния поверхности, связанная с механической мягкостью подобных материалов и, следовательно, относительной легкостью механического повреждения (царапины, выбоины и т.д.). Вышеприведенные аргументы доказывают нежелательность применения для очистки подобных поверхностей дисперсного материала с твердостью, превышающей твердость самих поверхностей, что неизбежно приведет к внешним повреждениям этих поверхностей. Кроме того, цветные металлы имеют низкую температуру плавления, что ограничивает использо-

вание высокотемпературных установок. Таким образом, вышеописанные поверхности нежелательно очищать ни термическими, ни термо-дисперсионными способами. Для подобных поверхностей были предложены следующие способы очистки: газовый (холодный), жидкостный и, наиболее эффективный, газо-жидкостно-дисперсионный. Это обусловлено уникальностью, с точки зрения решения поставленной задачи, рабочих частиц. В отличие от жидкостного, а тем более, — газового потока, частица газо-жидкостно-дисперсионного потока имеет значительную кинетическую энергию (плотность в несколько раз выше) и дискретностью (после соприкосновения с очищаемой поверхностью частица не дробится), что значительно повышает не только скорость, но и качество обработки поверхностей. С другой стороны, частица газо-жидкостно-дисперсионного потока обладает вязкостью поверхностного жидкого слоя, что позволяет производить более бережную, чем газотермический, газодисперсионный и термо-газо-дисперсионный потоки, очистку. Подобную схему рекомендуется применять для обработки ценных пород древесины, очистки исторических памятников (бронза, мрамор, гранит и т.д.), зданий, удаления лакокрасочных загрязнений зданий, санирования бетона и т.д.

2. Некоторые виды загрязнений легко удаляются путем выжигания. К ним, в первую очередь, относятся отложения биологического происхождения, старые покрытия легковыгораемыми материалами (с температурой сгорания менее 1000 °С). В некоторых специальных случаях требуется санитарная очистка тех или иных поверхностей (уничтожение бактерий, микробов, вирусов), при этом некоторые виды вирусов выживают при температурах более 100 °С в течение нескольких минут, но при температурах, близких к 1000 °С для их уничтожения достаточно сотых долей секунды. Для подобных целей как нельзя лучше подходит газо-термическая струя больших энергий и высоких температур. При этом, получается несколько преимуществ перед известными и широко используемыми ныне в промышленности и сельском хозяйстве (санитарная очистка стен и полов птичников, свинарников и т.д.) горелочными устройствами и (или) простой очисткой струей газа (как правило, воздуха) или струей жидкости (водой, моющими средствами, убивающих бактерии химических растворов). К таким преимуществам следует отнести одновременное воздействие высокой температуры, мгновенно выжигающей органические наслоения, и мощной динамической струи газа, уносящей твердые продукты сгорания, что значительно повышает качество очистки. В случае, если поверхность после очистки подлежит покрытию лакокрасочными материалами, следует отметить еще одно преимущество, связанное с образованием обезжиренной термопленки, что исключает необходимость обработ-

ки поверхностей химическими обезжиривающими веществами и создает идеальные условия для нанесения лакокрасочных покрытий. Как показали испытания, такие условия сохраняются как минимум в течении двух часов после газо-термоочистных мероприятий. Установка такого типа наиболее проста, и реально представляет собой аналог прямоточного жидкостного реактивного двигателя. Схема представляется наиболее простой из описанных в настоящей работе, в связи с отсутствием достаточно сложной системы подпитки, подачи и смешения дисперсионного материала. Однако, в случае твердых загрязнений химического происхождения (коррозия, накоп, шлаки и т.д.) газо-термическая схема менее эффективна.

3. Термо-газо-дисперсная схема включает в себя ряд преимуществ газотемической и газо-водяной, а также дополнительные эффекты, способные не только сократить сроки ремонта и подготовки оборудования к работе, благодаря значительному увеличению производительности и простоте эксплуатации установок, работающих по такой технологии, но и качественно улучшить чистоту обрабатываемых поверхностей. Для конденсаторов паровых турбин вышеприведенная схема представляется наиболее эффективной.

Для получения возможно меньших потерь (минимизации динамического сопротивления) энергии потока любые местные сопротивления при движении воздушно-дисперсной струи недопустимы.

Таким образом, были выбраны оптимальные варианты подвода потоков, позволяющие организовать наиболее оптимальное смесеобразование с наименьшими потерями на гидравлическое сопротивление:

- (смесь воздух + дисперсный материал) — прямой поток без вставок, завихрителей, изгибов и других местных сопротивлений;
- (окислитель — воздух) — тангенциальный подвод в камеру сгорания, обрамляющую трубку для подвода смеси воздух + дисперсный материал;
- (топливо) — тангенциальный подвод в камеру сгорания.

Для безопасности эксплуатации проектируемого устройства, наиболее действенным был принят подвод окислителя прежде топлива.