

В.И.Большаков, В.Г.Кисляков

**ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ НАГРУЗОК ОБОРУДОВАНИЯ
УСТАНОВКИ ДЕСУЛЬФУРАЦИИ ЧУГУНА ГРАНУЛИРОВАННЫМ
МАГНИЕМ**

Показана необходимость оценки эксплуатационных свойств оборудования установки десульфурации чугуна гранулированным магнием. Рассмотрены направления, требующие дальнейшего исследования.

Современное состояние вопроса.

Внедоменная десульфурация чугуна вдуванием гранулированного магния используется как самостоятельный технологический процесс, обеспечивающий производство низкосернистого чугуна для сталеплавильного передела. Оборудование, включающее достаточно сложные сооружения из металлоконструкций, бункеры для загрузки и инжектирования магния, складское помещение, погружаемые фурмы, системы пневмотранспортирования, комплекс технологического оборудования, КИП и газоочистку, призвано обеспечивать регулируемую продувку жидкого чугуна. Повышение требований к чугуну вместе с увеличением потребности в его производстве определяет рост количества и мощности установок десульфурации чугуна. За время применения технологии десульфурации чугуна чистым магнием постоянно ведутся работы по усовершенствованию оборудования. С накоплением опыта возникают задачи, которые требуют исследования и решения с целью повышения надежности работы оборудования в условиях увеличивающейся конкуренции на рынке технологий и оборудования для десульфурации чугуна [1,2].

Наиболее опасными для технических объектов оказываются вибрационные воздействия и динамические нагрузки. Знакопеременные напряжения, вызванные вибрационными воздействиями, приводят к появлению усталостных трещин, повреждений в материале, что может вызывать его возможное разрушение. Наряду с усталостными разрушениями в механических системах наблюдаются и другие явления, вызываемые вибрационными воздействиями. Например, эти воздействия приводят к постепенному ослаблению разъемных соединений. Вибрационные воздействия вызывают малые относительные смещения сопряженных поверхностей в соединениях деталей машин, при этом происходит изменение структуры поверхностных слоев сопрягаемых деталей, их износ и, как результат, уменьшение силы трения в соединении, что вызывает изменение диссипативных свойств объекта, смещает его собственные частоты и т. п.

Если в объекте имеются подвижные соединения с зазорами (например, кинематические пары в механизмах), вибрационные воздействия могут

вызвать соударения сопрягаемых поверхностей, приводящие к их преждевременному износу и разрушению.

Во многих случаях разрушение объекта при вибрационных воздействиях связано с возникновением резонансных явлений. Поэтому при полигармонических воздействиях наибольшую опасность представляют те гармоники, которые могут вызвать резонанс объекта, в связи с этим лабораторные испытания объектов на вибропрочность часто проводят при гармонических воздействиях в резонансных режимах. В сложных объектах, обладающих широким спектром собственных частот, возможно возбуждение нескольких резонансных режимов при действии полигармонического возмущения. Ударные воздействия также могут явиться причиной разрушения объекта. Часто повреждения, вызываемые ударом, носят характер хрупких разрушений. Однако многократные удары могут приводить и к усталостным разрушениям.

Изложение основных материалов исследования.

Основным технологическим инструментом разработанной в ИЧМ технологии десульфурации чугуна является погружная фурма, защищенная снаружи огнеупорной футеровкой.

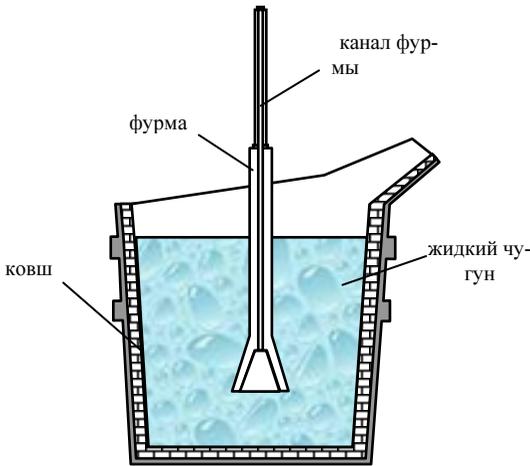


Рис.1 Фурма с испарительной камерой

Различают два типа погружных фурм – с испарительной камерой (рисунок 1) и без испарительной камеры (рисунок 2). Если рассматривать динамические характеристики колебаний в расплаве, вызванных истечением из фурмы реагента в струе газоносителя, то необходимо отметить, что для каждого типа фурм они имеют различный характер [1].

Опускание фурмы в расплав происходит в начале с подачей газоносителя без реагента. Колебания уровня металла в полости испарительной камеры, которые вызваны изменением давления в этой полости, имеют некоторую собственную частоту колебаний. Вводимый реагент (гранулы магния), попадая в расплав начинают испаряться. Колебания, вносимые испаряющимся магнием дополняют общую картину колебаний металла в полости испарительной камеры. В фурме с испарительной камерой подколольное пространство является своеобразным демпфером, который снижает бурность процесса.

Она защищена снаружи огнеупорной футеровкой. Различают два типа погружных фурм – с испарительной камерой (рисунок 1) и без испарительной камеры (рисунок 2). Если рассматривать динамические характеристики колебаний в расплаве, вызванных истечением из фурмы реагента в струе газоносителя, то необходимо отметить, что для каждого типа фурм они имеют различный характер [1].

Опускание фурмы в расплав происходит в начале с подачей газоносителя

В фурме без испарительной камеры характер динамических характеристик расплава при испарении магния носит более высокочастотный характер. Магний начинает испаряться за пределами фурмы, в отличие от применения фурмы с испарительной камерой, где испарение магния происходит в колоколе фурмы. Сравнивая характер амплитудно-частотных характеристик испарения магния в этих двух конструкциях фурм, можно предположить, что в случае применения фурмы с испарительной камерой более выражена низкочастотная часть спектра, чем при работе фурмы без испарительной камеры, где пульсации давления происходят с более высокой частотой. Этот вопрос требует изучения и количественной оценки.

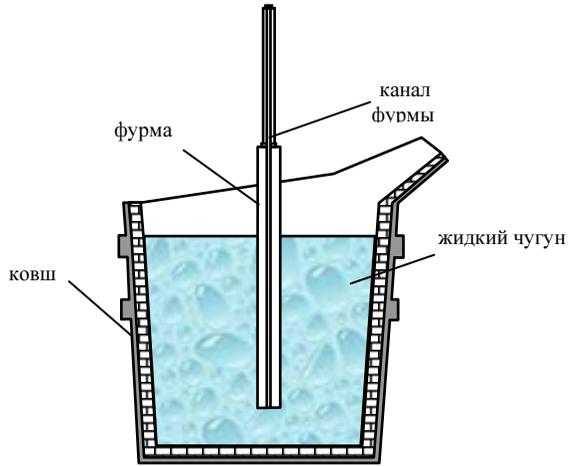


Рис.2 Фурма без испарительной камеры

Действующая на погруженную фурму сила, формируется в результате взаимодействия фурмы и выходящих из неё пузырей газа, интенсивно образующихся в результате испарения магния. Под действием этой силы фурма приобретает вертикальные и горизонтальные перемещения, которые носят колебательный характер. Через штангу, которая является промежуточным звеном между фурмой и приводом, колебания фурмы передаются на узлы подвески и металлоконструкции. На некоторых предприятиях, например на комбинате "Азовсталь", фурма опускается под действием собственного веса фурменного устройства, уменьшение влияния динамических нагрузок на узлы и детали привода осуществляется с помощью системы направляющих, дополнительных грузов и амортизаторов. На установках, построенных на комбинатах Китая применено другое конструктивное решение: фурма опускается принудительно при помощи цепной передачи. Эта более жесткая конструкция лучше стабилизирует положение фурмы в сравнении с вариантом, когда фурма опускается под действием силы тяжести. Для решения проблемы исключения вертикальных и горизонтальных перемещений фурменного устройства и блокирования динамических нагрузок после опускания фурмы в рабочее положение, было применено гидравлическое устройство фиксации [2]. Это устройство располагается на рабочей площадке установки и фиксирует штангу фурмы в рабочем положении фурменного устройства. Применение это-

го устройства позволило стабилизировать положение фурмы, исключив ее перемещения и передачу динамических нагрузок во время продувки на привод и металлоконструкции, по которым перемещается фурма.

В работе [3] был исследован механизм формирования сил, действующих на фурму с испарительной камерой (ИК) и проведен анализ полученных зависимостей (таблица 1). Было показано, что при продувке чистым газом величина силы F_2 увеличивается в 4,0–4,5 раза по сравнению с теми значениями, которые она имела в статическом положении.

Таблица 1. Значение сил, действующих на фурму с испарительной камерой, при различной глубине ее погружения. (Обозначения в таблице: H_i – глубина погружения фурмы; p_i – текущее давление сжатого воздуха в ИК; F_1 – сила Архимеда; F_2 – давление сжатого воздуха в ИК; F_3 – сила ферростатического давления.)

H_i , м	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
p_i , ати	0,16	0,31	0,47	0,62	0,78	0,94	1,09	1,25
F_1 , кг	510	920	1230	1460	1630	1780	1930	2082
F_2 , кг	600	1200	1800	2400	3000	3600	4200	4800
F_3 , кг	100	300	590	960	1390	1850	2300	2750

Таким образом, установка десульфурации представляет собой сложную колебательную систему, поведение которой при известных механических параметрах определяется характером и величиной возмущающей силы, которая формируется сложным образом и носит стохастический характер, поскольку на нее влияют такие случайные факторы как, неравномерность распределения выхода паров магния, пульсации давления транспортирующего газа, характер возбужденного состояния жидкого чугуна, силы инерции фурмы и т.д.

В работе [4] были проведены и проанализированы эксперименты по изучению закономерностей работы системы погружения фурмы в жидкий чугун. В результате было установлено, силы инерции, передаваемые на элементы привода, зависят как от степени наполнения ковшей, так и от интенсивности подачи магния (таблица 2)

На основании таблицы 2, можно с достаточной для практических целей принять, что при массе подвижной части фурменного устройства 4 т максимальная вертикальная сила инерции фурмы и сопряженных с нею масс равна 12 т и ее же принять за вертикальную составляющую технологических сил.

Комплекс современного технологического оборудования для ведения технологического процесса довольно сложен в управлении. Внедрение автоматизированной системы управления технологическим процессом

позволяет увеличить эффективность и надежность работы оборудования, упростить обслуживание хода технологического процесса.

Таблица 2 Зависимость силы инерции от степени наполнения ковшей и скорости подачи магния

Масса чугуна, т	Интенсивность подачи магния, кг/мин	Максимальное ускорение, м/с^2	Максимальная сила инерции, кН
39,5	13	10,3	42
	17	15,8	64
	21	17,2	70
52,4	13	4,8	20
	17	5,5	22
	21	6,6	25
79,5	13	1,4	6
	17	1,8	7
	21	2,2	9

С помощью современной АСУ ТП можно гибко настраивать технологические параметры для выбора оптимального режима работы, одновременно визуально наблюдать изменения хода продувки, прогнозировать и предотвращать возникающие при этом возможные аварийные ситуации, сохранять информацию об изменении технологических параметров и аварийных ситуациях в архиве для анализа. При этом по локальным компьютерным сетям возможна связь установки со службами предприятия, передача как исходных данных, так и конечных результатов. Технические резервы современной АСУ ТП позволяют проводить дальнейшее усовершенствование существующего комплекса десульфурации повышая при этом способность системы автоматизации реагировать на изменение некоторых параметров, например, концентрацию реагента в струе газоносителя во время инжектирования. Сейчас при увеличении интенсивности вдувания магния при неизменном расходе газоносителя соответственно увеличивается и концентрация, что нежелательно при работе на фурмах без испарительной камеры в большегрузных ковшах.

С целью оптимизации параметров инжектирования магния при обработке чугуна целесообразно установить связь нагрузок с динамикой процесса десульфурации и показать возможность использования динамических характеристик поведения поверхности расплава для управления процессом удаления серы. Во время обработки протекают процессы, которые носят колебательный характер. Эти колебания, проходя через чугун и воздействуя на футеровку, вызывают вибрацию ковша. Следовательно, в амплитудно-частотных характеристиках вибрации ковша должны присутствовать частотные характеристики колебательных процессов. Идентификации вибрационной картины процесса служит

кации вибрационной картины процесса служит спектральный анализ, где отдельные участки спектра вибрации формируются теми или иными конкретными источниками вибровозмущающих сил.

В работе [5] установлена практически линейная связь уровня вибрации холодной модели от расхода дувяемого газа. Показано, что измерение уровня вибрации на характерных частотах процесса газовой выделення при обезуглероживании можно использовать для контроля динамики окисления углерода при кислородной продувке, а разработанная система контроля и управления позволяет определить момент завершения окислительного периода обработки. Вибрационный метод контроля целесообразно опробовать при десульфурации чугуна, установив связь вибрационных параметров с динамикой процесса десульфурации и оценить возможность использования вибрационных характеристик для контроля удаления серы.

Выводы. Для создания надежных и эффективных установок десульфурации чугуна необходимо с достаточной достоверностью определить динамические нагрузки, действующие на фурму и основные элементы ее привода. Важно изучить частотный диапазон изменения внешних нагрузок и установить зависимость частот воздействия нагрузок на фурму от параметров режима продувки и глубины погружения фурмы. С этой целью необходимо изучить основные характеристики внешних нестационарных нагрузок, которые, по-видимому, носят стохастический характер. Решение задач, усовершенствования оборудования установки десульфурации чугуна гранулированным магнием, позволит увеличить обеспечение требований технологии, уменьшить вероятность преждевременного выхода оборудования из строя, уменьшить затраты на его ремонт и восстановление.

1. *Создание современных процессов внепечной десульфурации чугуна магнием /А.Ф.Шевченко, В.И.Большаков, Б.В.Двоскин и др.//Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2001. – №1. – С.20–23.*
2. *Динамические характеристики привода установки десульфурации чугуна / В.И.Большаков, Ю.А.Богачев, Н.А.Маслов// Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2000. №6. – С.70–73.*
3. *Особенности силового нагружения фурм с испарительными камерами, используемых для десульфурации чугуна /В.И. Большаков, А.М.Башмаков, А.Ф.Шевченко, Ю.И.Черевик // Фундаментальные и прикладные проблемы металлургии. – Вып. 11. – 2005. – С.254–262.*
4. *Совершенствование оборудования отделений десульфурации чугуна с погружаемыми фурмами /А.Г.Бондаренко, А.Ф.Шевченко, Н.П.Остапчук, В.М. Мусиенко // Металлург, – 1983. – №3. – С17–20*
5. *Вибрации в конвертерной плавке / А.Г.Величко. // Системные технологии. – 2000. – С.116.*

Статья рекомендована к печати д.т.н. А.С.Вержуном