

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ЧУГУНОВ

Л.А. Тимофеева, профессор, д.т.н., УкрГАЖТ, Е.А. Нестеренко, ассистент, ХНАДУ

***Аннотация.** Предложен способ повышения триботехнических свойств высокопрочного чугуна с шаровидным графитом – методом химико-термической обработки в атмосфере перегретого пара 3 % водного раствора $CuSO_4$. Проанализирована возможность замены легированного чугуна более дешевым серым чугуном.*

***Ключевые слова:** высокопрочный чугун, серый чугун, перегретый пар водного солевого раствора, узлы схватывания, темп изнашивания, коэффициент трения.*

Введение

Широкое применение в машиностроении находят серые чугуны. Для повышения долговечности узлов машин детали из чугуна, работающие в условиях трения, подвергаются упрочнению. В настоящее время используются различные способы упрочнения: с применением методов химической, химико-термической обработки, с использованием легирования, а также микролегирования. При разработке новых технологических процессов большое внимание уделяется вопросам охраны окружающей среды. Внедрение новых технологических процессов должно осуществляться с учетом их экологической чистоты. Использование обычных серых чугунов с применением простой и дешевой упрочняющей технологии имеет актуальное значение.

Анализ публикаций

До настоящего времени опубликованы данные [1] по выбору оптимального режима обработки чугунов в атмосфере перегретого пара водного солевого раствора, изучению структуры и свойств покрытий, полученных на чугунах, и поведению обработанных чугунных поверхностей при трении и в коррозионной среде. Химико-термическая обработка чугуна в атмосфере перегретого пара технической воды приводит к выделению в поверхностном слое углерода в структурно-свободном состоянии, что способствует незначительному улучшению прирабатываемости поверхности [2]. При обработке железоуглеродистых сплавов в среде перегретого пара водного раствора солей на поверхности образуется покрытие, состоящее из нескольких слоев [3]. Большинство деталей в процессе эксплуатации работает сравнительно долго, поэтому важна информация о длительно-

сти функционирования окисной пленки и в целом обработанных чугунов при длительных испытаниях в условиях трения.

Цель и постановка задачи исследования

Таким образом, представляется весьма важной разработка исследований по дальнейшему изучению обработки чугунов в атмосфере перегретого пара водных солевых растворов, которая отличается простотой технологии, экологической чистотой процесса и не требует специального оборудования. Кроме того, представляет интерес получение сравнительных данных по износостойкости обычных серых и легированных чугунов, обработанных по предложенному методу, с целью более рационального выбора марки чугуна и возможности замены обычно используемого чугуна менее легированным.

Улучшение триботехнических свойств чугунов различных марок

Исследования проводились на чугунах: сером, высокопрочном и гильзовом. Чугун СЧ 25 в структуре имеет пластинчатый графит, применяется этот чугун для отливки станин и других деталей. Высокопрочный чугун с неоднородной структурой пластинчатого перлита и графитом глобулярной формы, окаймленным ферритной областью, используется для отливки коленчатых валов и деталей, работающих в условиях знакопеременных нагрузок. Гильзовый чугун, содержащий повышенное количество Cr (0,5 %), легированный Ni (1,23 %), Mo (0,51 %) и Cu (0,44 %), имеет сетчатое распределение графита в количестве 3–5 %. Этот чугун используется для отливки гильз двигателей внутреннего сгорания.

Образцы обрабатывали в атмосфере перегретого пара водного 3 % раствора CuSO_4 при температуре 600 °С, давлении пара 0,7 атм, время выдержки – 60 мин. Обработанные образцы охлаждались паром при выключенной печи до 380–400 °С, после чего дальнейшее охлаждение проводилось на воздухе. При этом на поверхности чугуна образуется покрытие, состоящее из смеси окислов железа. Необработанные и обработанные образцы испытывались на износ на машине трения СМЦ 2. Трение осуществлялось без смазки, давление

24 кг/см², длительность испытания 100 тыс. оборотов. Износ определялся по потере веса через каждые 10 тыс. оборотов. При испытании фиксировалось изменение момента трения. Каждое испытание проводили на трех парах образцов при трении чугунных роликов по чугунным вкладышам.

По результатам испытаний на износ необработанные образцы из серого чугуна получили задиры через 500 оборотов, после чего наступил катастрофический износ. За 1 тыс. оборотов износ вкладыша составил 1570 мг, а ролика – 3145 мг.

Образцы из серого чугуна, обработанные в атмосфере перегретого пара 3 %-го водного раствора CuSO_4 , быстро приработались. После приработки вкладыш и ролик получили гладкую рабочую поверхность. После первых 10 тыс. оборотов покрытие на вкладыше уже отсутствовало, поверхность трения же оставалась гладкой, полированной и имела металлический блеск. На ролике покрытие сохранилось, износ вкладышей после 20 тыс. оборотов составил 42,5 мг, а роликов – 43, 25 мг.

При трении необработанных образцов из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом в первый момент происходит интенсивное изнашивание, затем (после 800–1 тыс. оборотов) поверхности трения прирабатываются. В период приработки продукты износа имеют блестящий металлический цвет. После 5 тыс. оборотов поверхность ролика приобретает соломенный цвет. Износ вкладышей после 10 тыс. оборотов составляет 866 мг, а роликов – 1730 мг. После приработки наступает период установления износа. Продукты изнашивания в этот период состоят из мельчайшего металлического порошка коричневого (Fe_2O_3) и черного (Fe_3O_4) цвета. Очевидно, в процессе трения необработанных образцов происходит окисление микрообъемов поверхности металла. После 100 тыс. оборотов износ вкладышей равен 1166,7 мг, а роликов – 2572,8 мг.

Образцы из высокопрочного чугуна, обработанные в атмосфере перегретого пара 3 %-го водного раствора CuSO_4 , относительно быстро приработались. Формирование поверхностного слоя происходит на металлической основе и по границам включений графита, выходящего на поверхность

металла без разрыва сплошного слоя. Такое строение покрытия обеспечивает необходимый комплекс свойств чугуна, работающего в условиях трения. На рис. 1 видно, что граница «чугун-покрытие» нечеткая и извилистая, отдельные ветви окислов глубоко пронизывают металлическую основу. На поверхности формируется покрытие шпинельного типа. Это обуславливает достаточную адгезию окисла и металла. В случае, если графит выкрашивается в процессе трения, начинает работать слой, сформировавшийся под выкрошившимся включением. Пластичные участки сглаживают на поверхности образующиеся неровности. На поверхности роликов появилась широкая гладкая поверхность вороненого цвета. Наблюдалось незначительное изнашивание. После 10 тыс. оборотов прилегание вкладыша к ролику полное, покрытие на вкладыше отсутствует, износ равен 26,6 мг, а ролика – 23,8 мг.

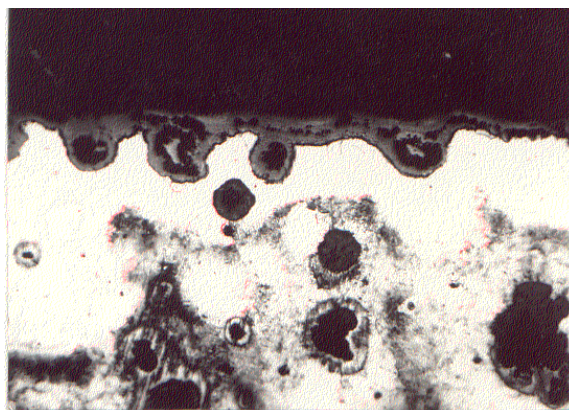


Рис. 1. Оксидное покрытие на ВЧШГ, $\times 120$

Следует отметить, что на поверхности ролика появляются единичные узлы схватывания, которые вызывают мелкие локальные кольцевые задиры. Узлы схватывания непрочные; их разрушение происходит внутри покрытия. При дальнейшем трении задиры сглаживаются и не развиваются по поверхности. Поверхность трения остается гладкой, интенсивного разрушения не происходит. Затем снова возникают единичные задиры, приглаживаются и т.д. Аналогичная картина происходит на протяжении всего испытания. После 100 тыс. оборотов износ вкладыша равен 214 мг, а ролика – 280,8 мг.

При трении необработанных образцов из гильзового чугуна буквально после первых оборотов появились задиры, вызвавшие интенсивное разрушение образцов. При трении образцов из гильзового чугуна, обработанных в среде перегретого пара 3 %-го водного раствора CuSO_4 , на поверхности ролика образуется кольцевая полоска вороненого цвета. После 10 тыс. оборотов износ вкладыша равнялся 46,6 мг, а ролика – 11,8 мг. Дальнейшее трение происходит между металлом вкладыша и оксидным покрытием ролика. По-

верхность вкладыша полируется покрытием, узлы схватывания не возникают, темп изнашивания равномерный, ролик почти не изнашивается. В течение всего испытания поверхности вкладыша и ролика остаются гладкими, без видимых узлов схватывания и задиров. На ролике после 100 тыс. оборотов покрытие сохранилось, износ вкладыша составил 438,8 мг, а ролика – 24,5 мг.

Изменение коэффициента трения различных чугунов, необработанных и обработанных в среде перегретого пара 3 %-го водного раствора CuSO_4 , представлено на рис. 2.

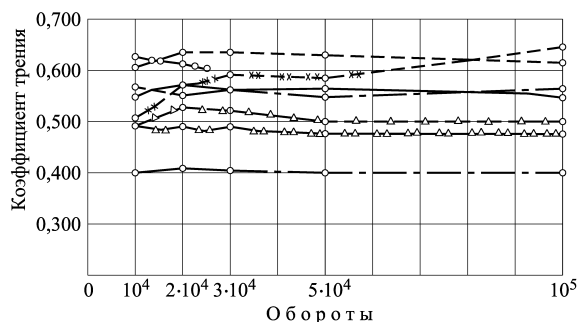


Рис. 2. Коэффициенты трения чугунов различных марок. Трение без смазки

Коэффициент трения необработанных образцов из серого чугуна, определенный за период интенсивного изнашивания, равен 0,628–0,614, а обработанных в среде перегретого пара – 0,391. Следует отметить, что в начальный период трения коэффициент трения был несколько выше (0,506), когда трение осуществлялось между покрытиями. По мере удаления покрытий с вкладыша трение происходило между металлом вкладыша и покрытием ролика, коэффициент трения в этом случае несколько понизился.

При испытании необработанных образцов из высокопрочного чугуна коэффициент трения сначала изменялся от 0,530 до 0,523, а затем после 30 тыс. оборотов несколько понизился и к окончанию испытаний составлял 0,506. Коэффициент трения образцов из высокопрочного чугуна, обработанных в атмосфере перегретого пара 3 %-го водного раствора CuSO_4 , в начальный период трения составлял 0,5, при дальнейшем трении, по мере разрушения покрытия на вкладыше и ролике, коэффициент трения понижался и составил 0,483. В целом, при испытании обработанных чугуновых образцов коэффициент трения оставался ниже, чем у необработанных. Покрытие, получен-

ное на высокопрочном чугуне, служило как бы смазкой, понижающей износ и коэффициент трения. Коэффициент трения необработанных образцов из гильзового чугуна к окончанию испытания составил 0,620. Образцы из гильзового чугуна, обработанные в атмосфере перегретого пара, имели коэффициент трения 0,544. Таким образом, нанесение покрытий методом обработки в атмосфере перегретого пара 3 %-го водного раствора CuSO_4 понижение коэффициента трения приблизительно в равной степени для всех видов чугунов.

Выводы

Коэффициент трения всех исследованных чугунов, обработанных в атмосфере перегретого пара 3 %-го водного раствора CuSO_4 , ниже, чем у необработанных.

Коэффициент трения после предложенной обработки не существенно отличается для всех рассматриваемых видов чугунов.

По износостойкости высокопрочный чугун, обработанный по предложенной технологии, приближается к обработанным по этой же технологии гильзовым чугунам.

Полученные результаты исследований позволяют с точки зрения триботехнических свойств в некоторых случаях заменить легированный чугун более дешевым серым или высокопрочным.

Литература

1. Физико-химические свойства окислов: Справочник / Под ред. Г.В. Самсонова. – М.: Металлургия, 1978. – 472 с.
2. Овчаров В.П. Повышение износостойкости деталей цилиндрической группы компрессоров КТ6 обработкой в атмосфере пара // Вестник машиностроения. – 1980. – №12–13. – С. 31–32.
3. Тимофеева Л.А., Солнцев Л.А. Процессы формирования поверхностного слоя при обработке железоуглеродистых сплавов в среде перегретого пара водного раствора солей // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 1992. – № 6. – С. 31–33.

Рецензент: С.С. Дьяченко, профессор, д.т.н. ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 5 июня 2006 г.