

при значительных отклонениях размеров, связанных с износом, а также при перекосах и осевых смещениях.

В 2006 году на чистовой группе клетей стана 2000 горячей прокатки ОАО «ММК» были опробованы опытные партии уплотнительных устройств подшипниковых узлов рабочих валков усовершенствованной конструкции. Лабораторные испытания на содержание воды, механических примесей в эксплуатируемом масле из подушек рабочих валков и обработка результатов проведены как до опробования уплотнительных устройств, так и после опробования через месяц эксплуатации.

На **рис. 2** и **3** представлены обработанные данные лабораторных испытаний по содержанию в эксплуатируемом масле воды и механических

примесей до внедрения и после внедрения результатов по совершенствованию защиты от попадания воды и механических примесей в подшипниковые узлы рабочих валков чистовой группы клетей стана 2000 горячей прокатки ОАО «ММК». Из рисунков видно, что в зависимости от номера клетки содержание воды и механических примесей в эксплуатируемом масле снижено от 2 до 10 раз, что указывает на общую эффективность уплотнительных устройств.

В настоящее время модернизированные узлы эксплуатируются на чистовой группе клетей стана 2000 горячей прокатки ОАО «ММК». Экономический эффект от повышения ресурса подшипниковых узлов рабочих валков составляет 2 млн 800 тыс. руб.

#### Библиографический список

1. Мироненков, Е.И. Влияние вязкости минеральных масел на температурный режим подшипниковых узлов рабочих валков прокатных станов [Текст] / Е.И. Мироненков, Ю.В. Жиркин и др. // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2006. № 1. С. 58–60.
2. Мироненков, Е.И. Исследование изменения свойств смазочного материала в подшипниковых узлах рабочих валков чистовой группы клетей стана 2000 горячей прокатки ОАО «ММК» [Текст] / Е.И. Мироненков, Ю.В. Жиркин, Е.А. Дудоров // Материалы 64-й научно-технической конференции: Сб. докл. / Магнитогорск. гос. техн. ун-т. Магнитогорск, 2005. С. 277–279.

УДК 621.778

А.М. Чумиков, С.И. Платов, Е.И. Мироненков

## АНАЛИЗ СВОЙСТВ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ В ПОДШИПНИКОВЫХ ОПОРАХ МЕХАНИЗМОВ СКИПОВЫХ ЛЕБЕДОК ДОМЕННОГО ЦЕХА ОАО «ММК»

Известно, что для работы доменной печи требуется бесперебойная подача шихтовых материалов к загрузочному устройству; количество этих материалов, подаваемых на высоту около 60 м от уровня земли, достигает 20 000–25 000 т в сутки.

К машинам для подачи шихтовых материалов предъявляют весьма жесткие требования, так как задержка в загрузке материалов даже на короткое время влечет за собой перевод печи на «тихий ход» или полную её остановку [1].

В доменном цехе ОАО «ММК» используется скиповый способ подачи шихтовых материалов, при этом эксплуатируются скиповые лебедки с раздельными редукторами (**рис. 1**).

Управление лебедкой осуществляется командоаппаратом, а контроль скорости и аварийная остановка при превышении скорости – центробежным выключателем. Останавливается лебедка при слабине или обрыве одного из канатов выключателями слабину каната, которые уста-

новлены по обе стороны барабана вдоль нарезной части. Для измерения частоты вращения в лебедках предусмотрен тахогенератор. Установка двух электродвигателей, помимо увеличения надежности, позволяет снизить маховый момент инерции системы.

Смазывание подшипниковых опор редукторов скиповых лебедок в доменном цехе ОАО «ММК» осуществляется от централизованных станций в автоматическом режиме (**рис. 2**).

Кроме этого, от данных станций смазываются подшипниковые опоры оборудования колошника. Смазочный материал используется с пенетрацией 310–420. Подшипниковые опоры уплотнены сальниковыми набивками. Недостатком уплотнений и автоматизированного смазывания является то, что пластичный смазочный материал вытесняется через уплотнения в корпуса редукторов 3 и 3а (см. **рис. 1**), попадая, тем самым, в минеральное масло, смазывающее зубчатые передачи редукторов, и

изменяет свойства масел, что нежелательно для тяжело нагруженных скиповых лебедок. Поэтому необходимо найти рациональный способ смазывания подшипниковых опор и эффективные уплотнительные устройства.

В работах Школьников В.М., Анисимова И.Г., Бадыштова К.М., Розенберга Ю.А. [2–4] рассмотрены свойства смазочных материалов, обеспечивающие снижение трения и износа деталей промышленного оборудования. В этих работах отме-

чено, что плотность масел  $\rho$  (кг/м<sup>3</sup>) непосредственно связана с такими важными свойствами, как вязкость и сжимаемость. При повышении давления плотность масел возрастает вследствие их сжимаемости. Вязкость динамическая  $\eta$  (Па·с) – одно из важнейших свойств, имеющих эксплуатационное значение, общее для большинства масел и зависит от давления. В работах указывается, что при высоком давлении вязкость может потерять свойства жидкости и превратиться в квазипластичное тело, а при снятии нагрузки первоначальная вязкость восстанавливается. Индекс вязкости характеризует вязкостно-температурные свойства масел. Чем выше индекс вязкости, тем лучше вязкостно-температурные свойства. Температура застывания ( $^{\circ}\text{C}$ ) характеризует подвижность масла при низкой температуре. Характеристикой подвижности служит вязкость при соответствующей температуре. Температура вспышки ( $^{\circ}\text{C}$ ) характеризует огнеопасность масла и указывает на наличие в нем низкокипящих фракций. Кислотное число характеризует степень очистки масел без присадок, а изменение кислотного числа – стабильность в процессе эксплуатации. Поэтому важно сохранять свойства масел при эксплуатации редукторов скиповых лебедок.

Известно, что пластичные смазочные материалы занимают промежуточное положение между жидкими и твердыми смазочными материалами. Они представляют собой структурированные коллоидные системы. Их свойства зависят, прежде всего, от особенностей трехмерного структурного каркаса, образующегося из дисперсной фазы, который в своих ячейках удерживает большое количество (80–90%) дисперсной среды. Устойчивость структурированной системы зависит от прочности структурного каркаса, сил взаимодействия между его отдельными частями, между элементами структурного каркаса и дисперсионной средой на границе раздела фаз, числа контактов частиц каркаса в единице объема, электростатических свойств, критической концентрации ассоциации различных мыл и других коллоидно-химических факторов.

На устойчивость структурированной системы влияют физико-химические свойства вещества, из которого построен каркас, химическая природа окружающей его среды и наличие поверхностно-активных веществ, обуславливающих размеры и форму элементов структурного каркаса, а также энергию связей в этой системе.

Волокна мыльного загустителя, отличающегося катионом или анионом, имеют присущую только им форму и размеры. Концентрация дисперсной фазы, присутствие ПАВ и технология

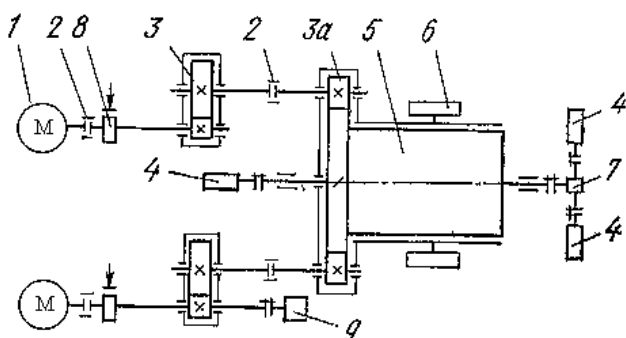


Рис. 1. Кинематическая схема скиповой лебедки доменной печи № 9 ОАО «ММК»:

- 1 – электродвигатель; 2 – зубчатая муфта;
- 3 – редуктор; 3а – зубчатая передача;
- 4 – командоаппарат; 5 – барабан; 6 – выключатель слабины каната; 7 – рычажный выключатель;
- 8 – рабочий тормоз; 9 – тахогенератор

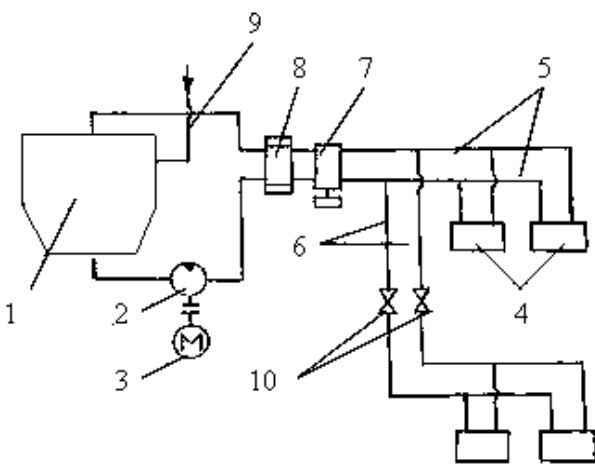


Рис. 2. Централизованная станция смазывания оборудования скиповой лебедки доменной печи № 9 ОАО «ММК»:

- 1 – резервуар; 2 – насос; 3 – электродвигатель;
- 4 – питатель дозирующий; 5 – трубопровод к оборудованию колошника; 6 – трубопровод к оборудованию скиповой лебедки; 7 – блок переключения смазочный; 8 – распределитель двухмагистральный; 9 – заправочный трубопровод; 10 – вентиль

изготовления отражаются на структуре пластичного смазочного материала. Существует взаимосвязь между дисперсностью, анизометричностью кристаллов мыла и реологическими характеристиками пластичных смазочных материалов независимо от природы дисперсной фазы и других факторов. При повышении дисперсности элементов структурного каркаса, увеличении отношения длины к диаметру или ширине кристаллов мыла загущающий эффект дисперсной фазы повышается. Дисперсность и анизометричность кристаллов мыла связаны с характером структурообразования, которое, в свою очередь, зависит от строения молекулы мыла. При повышении дисперсности кристаллов мыла число контактов между элементами структурного каркаса, а также поверхность соприкосновения с дисперсной средой увеличивается. Создаются благоприятные условия для разного рода энергетических связей в системе образования прочных коллоидных структур. Поэтому предел прочности (Па), вязкость (Па·с), коллоидная стабильность (%) пластичных смазочных материалов определяются дисперсностью и анизометричностью волокон, образующих их структурный каркас, энергией связи между его элементами и взаимодействием дисперсной фазы с дисперсной средой.

Пластичные смазочные материалы выделяют в особый класс сложных реологических тел, для которых характерно сочетание хрупкости, обусловленной разрывом жестких связей в каркасе, и пластичности, дающей неограниченно большие деформации без потери сплошности за пределами критической нагрузки. Значение этой нагрузки зависит, главным образом, от прочности структурного каркаса, а вязкость дисперсной среды, как правило, играет незначительную роль.

Характерная особенность пластичного смазочного материала – быстрое восстановление разрушенных связей между частицами дисперсной фазы и приобретение ими свойств твердого тела после снятия нагрузки.

Пластичные смазочные материалы отличаются от масел наличием аномального внутреннего трения. Их вязкость не описывается законом Ньютона и является функцией не только температуры, но и скорости деформации. Вязкость пластичных смазочных материалов резко уменьшается при повышении градиента скорости деформации, что также отличает их от масел.

Установлены показатели качества, обязательные для всех или отдельных видов пластичных смазочных материалов. К первым относят пенетрацию и температуру каплепадения (определяющие воспроизводимость их свойств), внешний вид, со-

держание воды и механических примесей, испытание на коррозию (для оценки пригодности к применению); ко вторым – предел прочности, вязкость, коллоидную, механическую и химическую стабильности, термоупрочнение, испаряемость, содержание органических водорастворимых кислот и свободной щелочи, показатели защитных (от коррозии), противоизносных и противозадирных свойств, адгезию (липкость), растворимость в воде.

При выборе пластичного смазочного материала необходимо учитывать окружную скорость, лимитируемую через параметр  $d \cdot n$  [5], где  $d$  – внутренний диаметр подшипника, мм;  $n$  – частота вращения, об/мин.

Контактные нормальные напряжения для роликоподшипников определяются из зависимости [5]:

$$\sigma_k = 425 \cdot \left( \frac{(R \cdot \sum p)}{(i \cdot z \cdot l \cdot \cos \alpha)} \right)^{\frac{1}{2}},$$

где  $R$  – радиальная нагрузка, МН;  $i$  – количество рядов тел качения;  $z$  – количество тел качения в ряду;  $l$  – длина ролика, м;  $\alpha$  – угол наклона роликов;  $\sum p$  – сумма кривизны ролика и кольца.

$$\sum p = \frac{2}{D_w \cdot (1 - \gamma)}, \quad \gamma = \frac{D_w}{D_o} \cdot \cos \alpha,$$

где  $D_w$  – диаметр ролика, м;  $D_o = \frac{(d + D)}{2}$  – средний диаметр подшипника, м.

Используя справочные данные, с учетом свойств смазочных материалов, наиболее подходящими для подшипниковых опор скиповых лебедок являются пластичные смазочные материалы с пенетрацией при 25°C, 10<sup>2</sup> мм менее 250 [2]. Из отечественных пластичных смазочных материалов наиболее подходит по пенетрации и другим рассмотренным свойствам Литол-24 [3]. Способ смазывания – закладной. Для этого понадобится установить перед дозирующими питателями устройства, способные отключать централизованный способ смазывания подшипников качения скиповой лебедки, как показано на рис. 2, поз. 10. Централизованным способом смазывания можно пользоваться как резервным, при открытом положении устройства. Наиболее подходящими уплотнениями в данной схеме смазывания являются фторкаучуковые или полиуретановые, способные надежно защитить подшипниковый узел от утечки пластичного смазочного материала в ванну редуктора, что, в свою очередь, позволит сохранять свойства масел, смазывающих зубчатые зацепления редукторов скиповых лебедок.

В настоящее время прорабатывается вопрос подшипниковых опорах редукторов скиповых по изменению марки смазочного материала в лебедок доменного цеха ОАО «ММК».

**Библиографический список**

1. Целиков, А.И. Машины и агрегаты металлургических заводов. В 3 т. Т. 2. Машины и агрегаты доменных цехов: Учебник для вузов [Текст] / А.И. Целиков, П.И. Полухин, В.М. Гребенник и др. М.: Металлургия, 1987. 440 с.
  2. Ищук, Ю.Л. Состав, структура и свойства пластичных смазок [Текст] / Ю.Л. Ищук. Киев: Наук. думка, 1996. 512 с.
  3. Анисимов, И.Г. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: Справочник [Текст] / И.Г. Анисимов, К.М. Бадыштова, С.А.Бнатов и др.; Под ред. В.М. Школьникова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Издат. центр «Техинформ», 1999. 596 с.
  4. Розенберг, Ю.А. Влияние смазочных материалов на надежность и долговечность машин [Текст] / Ю.А. Розенберг. М.: Машиностроение, 1970. С. 9–11.
  5. Жиркин, Ю.В. Надежность, эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт металлургических машин [Текст] / Ю.В. Жиркин // Руководство к решению задач и упражнений: Учеб. пособие. Магнитогорск: МГТУ, 1998. 336 с.
-