

оснований; несложная технология приготовления и заливки в скважину.

Поэтому целесообразно разработать составы расширяющих добавок (РД) с использованием местного минерального сырья (гипса, горелой породы, цеолита) для бетонных смесей, обеспечивающих высокое качество цементирования буропускных свай в условиях вечномерзлых грунтов за счет устойчивого расширения и ускорения режима твердения цементного материала, приобретения им заданной прочности.

Исследованы 2 вида РД из гипса и горелой породы месторождения Кюнкюй красно-

того (красная) и беловатого (белая) оттенков. Химический состав приведен в табл. 2. Механохимическая активация влияет на структуру и свойства используемого вида – горелой породы, способствует возникновению эффекта линейного расширения и самонапряжения, причем, чем выше степень обжига горелых пород, тем больше образуется высокосульфатной формы гидросульфатоалюмината кальция. Горелую породу, прежде чем смешать с гипсом, мололи в шаровой мельнице и брали фракцию, проходящую через сито №008, в качестве компонента добавки.

Таблица 2

Химический состав горелых пород, %

Номер пробы	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅
Кюнкюй – красная	65,05	0,77	16,62	6,06	0,07	1,80	2,45	2,92	3,16	0,18
Кюнкюй – белая	71,41	1,19	24,80	1,00	0,02	0,10	0,51	0,84	0,13	0,08

Установлено, что оптимальное линейное расширение цементов (до 0,7% в 3 суток) достигается при добавлении РД (гипс + горелая порода) в количестве 10-20% с содержанием горелой красной породы до 45% (среднее значение $R_{сж} = 18,5$ МПа на 28 суток естественного твердения) и при 15-20% добавки с содержанием горелой белой породы 60% (среднее значение $R_{сж} = 19,2$ МПа через 28 суток). Оптимальному режиму твердения расширяющегося материала (начало схватывания – 30 мин, конец схватывания – 45-75 мин) соответствуют состав при добавлении РД в количестве 10-20% с содержанием горелой красной породы до 45%.

ВЫСОКОСКОРОСТНЫЕ РОТОРНЫЕ СИСТЕМЫ НА ГАЗОМАГНИТНЫХ ОПОРАХ

Космынин А.В., Щетинин В.С.,
Хвостиков А.С.

*Комсомольский-на-Амуре государственный
технический университет, Комсомольск-на-Амуре,
e-mail: avkosm@knastu.ru*

В современном машиностроении один из основных путей развития является увеличение скорости и надежности вращающихся роторных систем. Высокоскоростные роторы применяются, в частности, в шпиндельных узлах металлообрабатывающих станков; электрических машинах; турбинных агрегатах; компрессорах; гироскопах и различных быстровращающихся узлах в текстильной промышленности.

Применение в конструкциях машин и узлов гидростатических опор обеспечивает высокую точность вращения и демпфирующую способность, что значительно повышает их виброустойчивость. Такие опоры имеют практически неограниченную долговечность, высокую нагрузочную способность при любой частоте вра-

щения ротора. Главными недостатками применения гидростатических опор является сложная система питания и ограничение по быстроходности обусловленное жидкостным трением.

Роторы на газовых опорах могут развивать параметр быстроходности ($d \times n$) 5 млн мм/мин и выше. Однако, из-за сравнительно невысокой несущей и демпфирующей способности смазочного слоя газовых опор, их использование ограничено. Такие опоры нашли применение в высокоскоростных малонагруженных роторных системах.

Роторные системы на электромагнитных опорах имеют неограниченный ресурс, невысокое энергопотребление, сравнительно высокую жесткость при управлении тяговым усилием электромагнита и незначительный коэффициент сопротивления вращению. Отсутствие механического контакта позволяет таким подшипникам работать в экстремальных условиях. Несмотря на эти достоинства, роторы на электромагнитных опорах не нашли широкого применения в машиностроении вследствие невысокой несущей способности и сложности как самих роторных систем, так и их электронных систем управления.

Одним из возможных путей дальнейшего повышения выходных характеристик роторных систем состоит во внедрении в их конструкции нового типа подшипников – газоманнитных опор (ГМО). Они лишены недостатка газовых опор – невысокой несущей способности, которая компенсируется магнитными силами. Недостаток магнитных опор по неустойчивости положения шпинделя и, как следствие, сложной системы управления, компенсируются самоустанавливающимся полем газовых сил в опоре [3, 5, 6].

В Комсомольском-на-Амуре ГТУ проведен широкий комплекс теоретических [7-9] и экс-

периментальных [1, 2, 4] исследований газоманнитных опор и шпиндельных узлов, в состав которых входят такие подшипники. Установлено, что ГМО имеют грузоподъемность примерно в два раза больше, чем традиционные газостатические подшипники и обеспечивают точность вращения вала на 40...50% выше, чем у газовых опор.

Список литературы

1. Космынин А.В. Влияние размера магнитопровода на характеристики шпиндельного узла с газоманнитной опорой / А.В. Космынин, В.С. Щетинин, А.С. Хвостиков, А.В. Смирнов, С.С. Блинков // *Фундаментальные исследования*. – 2011. – № 12-1. – С. 129-132.
2. Космынин А.В. Стенд для исследования выходных характеристик шпиндельного узла на газоманнитных опорах / А.В. Космынин, В.С. Щетинин, Н.А. Иванова, А.С. Хвостиков, С.С. Блинков // *СТИН*. – 2010. – №5. – С. 8-10.
3. Космынин А.В., Щетинин В.С., Виноградов С.В. Комбинированная опора шпиндельного узла // *Фундаментальные исследования*. – 2007. – №12-1 – С. 83-84.
4. Космынин А.В., Щетинин В.С. Влияние магнитной силы в газоманнитных подшипниках на эксплуатационные показатели высокоскоростных шпиндельных узлов металлообрабатывающего оборудования // *Вестник машиностроения*. – 2010. – №5. – С. 24-25.
5. Космынин А.В., Щетинин В.С., Иванова Н.А. Применение магнитной силы в газостатических опорах высокоскоростных шпиндельных узлов // *Вестник машиностроения*. – 2009. – №5. – С. 19-21.
6. Космынин А.В., Щетинин В.С., Иванова Н.А. Шпиндельные узлы на газоманнитных опорах // *Фундаментальные исследования*. – 2008. – №10. – С. 76.
7. Космынин А.В., Щетинин В.С. Расчет несущей способности газоманнитных опор высокоскоростных шпиндельных узлов // *СТИН*. – 2010. – №9. – С. 6-8.
8. Космынин А.В., Щетинин В.С. Эксплуатационные показатели высокоскоростных шпиндельных узлов металлообрабатывающего оборудования с газоманнитными опорами // *Успехи современного естествознания*. – 2009. – №11. – С. 69-70.
9. Щетинин В.С., Космынин А.В. Математическая модель расчета несущей способности высокоскоростного шпиндельного узла на газоманнитной опоре // *Трение и смазка в машинах и механизмах*. – 2010. – № 8. – С. 31-35.

ПЕРСПЕКТИВЫ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Космынин А.В., Чернобай С.П.

*Комсомольский-на-Амуре государственный
технический университет, Комсомольск-на-Амуре,
e-mail: avkosm@knastu.ru*

Высокоскоростная механическая обработка является одним из приоритетных направлений современной технологии изготовления деталей летательных аппаратов. Внедрение такой обработки в авиационную промышленность позволяет существенно повысить производительность труда при одновременном повышении точности обработки и качества изготовления самолетных деталей [4, 5]. Важным фактором успешной реализации высокоскоростной обработки являются виды опор, применяемых в шпиндельных узлах (ШУ) металлорежущих станков [3]. В настоящее время шпиндели металлорежущих станков устанавливают на опоры качения, что приводит к не-

стабильной траектории движения шпинделя, тепловым смещениям подшипниковых узлов, ограниченному ресурсу ШУ и т.д. Перечисленных недостатков лишены ШУ с подшипниками на газовой смазке. Газовые подшипники способны надежно работать при высокой и низкой температуре и влажности, их применение исключает загрязнение окружающей среды, уменьшает уровень шума и вибрации. Такие подшипники практически лишены износа, поэтому высокие показатели точности вращения шпинделя сохраняются практически весь срок эксплуатации станков [6]. Вопросы разработки, испытания и исследования высокоскоростных шпинделей с подшипниками на газовой смазке рассмотрены в целом ряде работ. При этом во всех представленных конструкциях ШУ использовались газовые опоры с дроссельными ограничителями расхода. Вместе с тем анализ подшипников с внешним наддувом газа показывает, что лучшие эксплуатационные характеристики имеют частично пористые газостатические опоры [7]. В Комсомольском-на-Амуре ГТУ проведен комплекс экспериментов по исследованию динамического положения шпинделей, работающих на газовых опорах с пористыми вставками и дросселями. Экспериментальные исследования выполнены с использованием автоматизированной системы, построенной на базе персонального компьютера. Результаты наблюдений одной из главных выходных характеристик ШУ – точности вращения шпинделя, позволили установить практическое отсутствие размытости его кривой подвижного равновесия, т.е. ось шпинделя двигалась по постоянной траектории, занимая стабильное положение в подшипнике. Количественная оценка результатов наблюдений показала на заметное снижение погрешности вращения вала, работающего на опорах с пористыми вставками.

В целом, комплекс экспериментальных исследований и теоретических расчетов [1, 2] показали, что использование газовых подшипников в металлорежущих станках позволяет исключить загрязнение окружающей среды, уменьшить уровень шума и вибрации, а значит иметь высокий уровень параметрической надежности шпинделя практически на весь срок эксплуатации станка.

Список литературы

1. Космынин А.В. О результатах экспериментальной проверки расчетных характеристик высокоскоростных шпиндельных узлов металлорежущих станков с частично пористыми газостатическими опорами / А.В. Космынин, В.И. Шаломов, И.Г. Суходоев, С.В. Виноградов // *Фундаментальные исследования*. – 2009. – №1. – С. 32-33.
2. Космынин А.В., Чернобай С.П., Виноградов С.В. Расчет частично пористых газовых подшипников высокоскоростных шпиндельных узлов // *Автоматизация и современные технологии*. – 2008. – №10. – С. 8-12.
3. Космынин А.В., Чернобай С.П. Оптимизация процессов высокоскоростной обработки // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2012. – №4. – С. 94-95