

В качестве демонстрации полученного решения представим 3D-визуализацию **моделирования движения материальной точки при падении**. Как видно из рисунка 2 (а), при сбрасывании тела (имеющего массу во много раз меньше Земной) с 500-метровой высоты (с нулевой начальной относительной скоростью) материальная точка будет отклоняться от прямолинейной «отвесной» траектории на юг (к экватору) на 1,5 м (в работе [2] это отклонение не учитывалось) и на восток (по широте) на 12 см за счёт центробежной силы инерции (стремящейся отклонить точку к экватору) и за счёт Кориолисовой силы инерции. Данное решение может быть адаптировано и для любых других начальных условий, если точно установлено, что на подлётной траектории проникновение тела в атмосферу Земли произойдёт под заданным углом при известной начальной скорости. Например, при экстренном торможении тела (вызванном ударом) находящегося на орбите Земли (с высотой 300 км), его траектория падения представлена на рисунке 2 (б), где видно, что отклонение от абсолютно отвесной траектории составит 940 м на восток и 1840 м на юг.

Область применения данного решения может быть распространена на решение прикладных задач, связанных с расчётом точной скорости, траектории и места падения сводимых с орбиты космических объектов (спутники различного назначения, мусор, оставшийся от пилотируемых станций, ступени разгонных блоков ракет), представляющих в настоящий момент серьёзную проблему для орбитальной навигации существующих спутников и международной космической станции.

Список цитированных источников

1. Мещерский, И.В. Задачи по теоретической механике: учебное пособие. – 49-е изд., стер. / Под ред. В.А. Пальмова, Д.Р. Меркина. – СПб.: Издательство «Лань», 2008. – 448 с.: ил. – (Учебник для вузов. Специальная литература).
2. Теоретическая механика. Динамика. Практикум: учеб. пособие. В 2 ч. / В.А. Акимов [и др.]; под общ. ред. проф. А.В. Чигарёва и доц. Н.И. Горбача. – Минск: Новое знание; М.: ЦУПЛ, 2010. – Ч.1: Динамика материальной точки. – 528 с.: ил.

УДК 621.793

Демиденко П.В.

Научный руководитель: ст. преподаватель Ялковский Н.С.

ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ ИЗ ОКСИДНОЙ КЕРАМИКИ В УСЛОВИЯХ ГИДРОАБРАЗИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Согласно ГОСТ 16429-70 изнашивание – процесс постоянного изменения размеров тела при трении, проявляющийся в отделении от поверхности трения материала и (или) его остаточной деформации. Изнашивание, обусловленное воздействием твердых частиц, называется абразивным.

Интенсивному абразивному изнашиванию подвергается оборудование в цементной, энергетической, абразивной, металлургической промышленности и других отраслях, связанных с дроблением, измельчением, резкой и транспортировкой сырья и материалов.

Одной из разновидностей абразивного изнашивания является изнашивание под воздействием абразивного потока (газовый, гидросток).

Перспективным методом повышения долговечности оборудования, работающего в условиях гидроабразивного воздействия, является формирование на изнашиваемых поверхностях различного рода защитных покрытий, в том числе газотермических покрытий из керамических материалов.

Распространенным материалом для изготовления износостойких покрытий является оксид алюминия Al_2O_3 с добавками оксида титана TiO_2 . Для плазменного напыления применяются конгломерированные порошки и механические смеси данного химического состава с различным процентным содержанием компонентов.

Основными факторами, определяющими интенсивность гидроабразивного изнашивания, являются:

- 1) длительность процесса изнашивания;
- 2) концентрация абразива в смеси;
- 3) размер абразивных частиц;
- 4) скорость частиц в потоке;
- 5) коэффициент твердости, являющийся отношением твердости абразивных частиц к твердости изнашиваемого материала (H_a/H_m);
- 6) коэффициент формы абразивных частиц, характеризующий количество выступов частицы, способных вступить во взаимодействие с изнашиваемым материалом и радиус вершин этих выступов;
- 7) угол взаимодействия абразивного потока с поверхностью изнашиваемого материала (угол атаки);
- 8) разупрочняющее воздействие среды на изнашиваемый материал.

Наибольший интерес представляет влияние на абразивное изнашивание факторов, которые могут привести к инверсии (изменению) ряда износостойкости. К числу последних относятся: коэффициент твердости, угол взаимодействия потока и изнашиваемого материала.

Угол взаимодействия гидроабразивного потока и изнашиваемого материала (α) – это один из основных параметров, определяющих характер изнашивания. При значениях α близких к 90° в поверхностных слоях материала реализуются процессы аналогичные процессам, происходящим при ударно-абразивном изнашивании. В этом случае в зависимости от характеристик материала и интенсивности внешнего воздействия преобладают полидеформационное, усталостное разрушение или выкрашивание. Когда угол α близок к 0° , гидроабразивное изнашивание аналогично изнашиванию в условиях скольжения по абразиву. При этом разрушение материала протекает преимущественно в результате микрорезания и деформирования с образованием коротких царапин.

В рассматриваемой работе величина угла α имеет значения 20 и 80° .

Существенное влияние на процесс изнашивания оказывает коэффициент твердости, который представляет собой отношение твердости абразивных частиц к твердости изнашиваемого материала. Для того чтобы получить предельную характеристику износостойкости покрытия, следует использовать абразив, твердость которого значительно (в $1,3...1,7$ раза) превышает твердость покрытия. Учитывая, что твердость покрытия составляет 11000 МПа, в качестве абразивного материала принимаем электрокорунд твердостью 18000 МПа.

Остальные факторы, определяющие интенсивность изнашивания, поддерживались в процессе испытаний на постоянном уровне:

скорость гидроабразивного потока	52 м/мин
размер абразивных зерен	0,315...0,4 мм
концентрация абразива в потоке	30...35%,

испытания проводились в нейтральной среде.

В качестве исследуемого выбрано защитное покрытие из механической смеси оксидов алюминия Al_2O_3 и титана TiO_2 . Рассматривались покрытия с 2, 8, 14 и 20% оксида титана в составе.

Покрытие формировалось из порошков зернистостью 40 мкм на установке плазменного напыления швейцарской фирмы "Плазма-Техник АГ", имеющей следующие технологические характеристики:

- энергетическая мощность 50 кВт;
- ток плазменной дуги до 800 А;
- напряжение холостого хода 100 В;
- производительность при напылении
 - оксиды 2,5 кг/час;
 - самофлюсующиеся сплавы 12-16 кг/час;
- расход рабочих газов 60-80 л/мин.

Напыляемый порошок подавался на срез сопла плазматрона, подача осуществлялась тарельчатым порошковым питателем механического типа, обеспечивающим точную регулировку расхода порошка в диапазоне до 1500 см³/час.

В качестве плазмообразующего газа использовался азот.

Напыление производилось на образцы, выполненные из стали 40, имеющие форму диска с размерами: диаметр – 50 мм, высота – 10 мм.



Рисунок 1 – Фотография образца

Для увеличения прочности сцепления напыляемого покрытия с поверхностью образца использовался подслои из алюминид никеля (NiAl) толщиной 0,1 мм.

Перед напылением поверхность образца для повышения прочности сцепления с покрытием подвергалась дробеструйной обработке.

Толщина защитного покрытия – 0,4 мм, микротвердость – 11000 МПа.

Определение износостойкости напыленного покрытия производилось на установке роторного типа с вращающимися образцами (Рисунок 2).

Несмотря на некоторые недостатки, характерные для данной конструкции (вовлечение абразива в совместное движение с испытуемыми образцами, неравномерность концентрации абразивных частиц по объему гидроабразивной смеси и т.д.), установки данного типа широко используются. К их преимуществам относятся простота конструкции и возможность сопоставления полученных результатов с результатами подобных испытаний, проведенных ранее и широко представленных в литературных источниках.

В качестве базового агрегата для установки использовался вертикально-сверлильный станок 2М112.

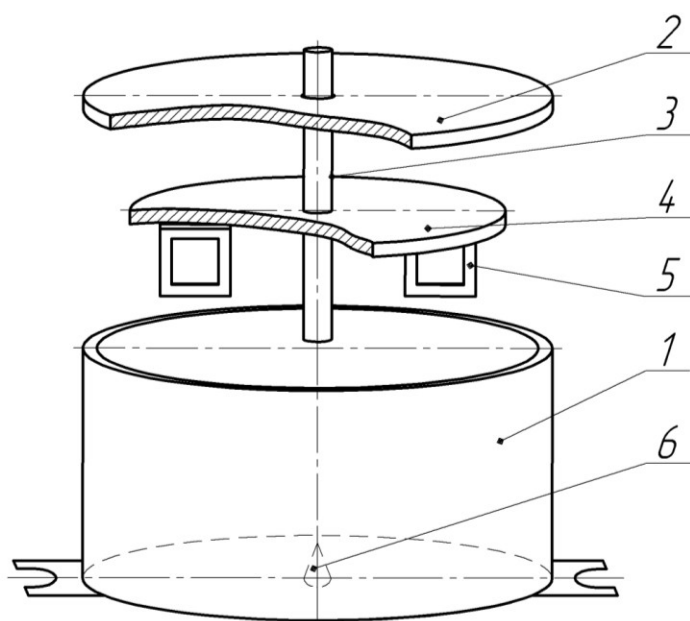


Рисунок 2 – Схема установки

Резервуар (1), заполненный в нашем случае водой и абразивным материалом, устанавливается и закрепляется на столе станка. Установка должна быть произведена таким образом, чтобы опора вала (6) располагалась соосно оси шпинделя.

Испытуемые образцы крепились к держателям (5) и вместе с валом (3) и диском (4) установки приводились во вращение от шпинделя станка.

В диске предусмотрена система отверстий, позволяющих закреплять образцы под различными углами к направлению гидроабразивного потока.

Продолжительность изнашивания составляла 45 мин.

Поверхность образца, подвергаемая абразивному изнашиванию, имела площадь 12 см². Использовалась весовая методика определения величины износа. Определение массы образцов до и после испытаний производилось на аналитических весах модели ВЛА-200-М, которые обеспечивают взвешивание образцов массой до 200 г с точностью 0,0001 г.

Полученные результаты сравнивались с величиной гидроабразивного износа стали 40, принятой в качестве эталона.

Определялся объемный износ защитного покрытия, при этом плотность покрытия в соответствии с [1] принимали равной 3,4 г/см³.

Результаты измерений и расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Объемный износ и относительная износостойкость плазменных покрытий из смеси оксидов алюминия и титана

Содержание TiO ₂ в покрытии	Объемный износ мм ³ /час		Относительная износостойкость	
	$\alpha = 20^\circ$	$\alpha = 80^\circ$	$\alpha = 20^\circ$	$\alpha = 80^\circ$
2%	0,98	1,51	0,40	0,22
8%	0,86	1,43	0,46	0,23
14%	0,78	1,29	0,50	0,26
20%	0,94	1,33	0,44	0,25

Вывод

Гидроабразивная износостойкость покрытий из механической смеси оксидов алюминия и титана невысока и в зависимости от условий воздействия абразивного потока составляет 0,4-0,5 при угле взаимодействия 20° и 0,22-0,26 при угле взаимодействия 80°. Этот факт определяется особенностями строения плазменного покрытия, а именно:

1. Высоким уровнем остаточных напряжений в материале покрытия.
2. Высокой хрупкостью керамического покрытия.
3. Наличием в покрытии большого числа пор, которые уменьшают прочность материала и служат концентраторами напряжений при разрушении.
4. Невысокой прочностью сцепления между частицами покрытия, так как взаимодействие между частицами покрытия вследствие скоротечности его формирования ограничивается только химическими связями.

Наибольшей износостойкостью в обоих рассматриваемых случаях (воздействие гидроабразивного потока под углами 20 и 80°) обладает покрытие состава 86% Al₂O₃ и 14% TiO₂. По-видимому, при таком соотношении компонентов формируемое покрытие характеризуется оптимальным соотношением наиболее важных для износостойкости свойств (твердость, пористость, когезионная прочность).

Список цитированных источников

1. Газотермические покрытия из порошковых материалов (справочник) / Ю.С. Борисов, Ю.А. Харламов, С.Л. Сидоренко, Е.Н. Ардатовская. – К.: Наукова думка, 1987. – 544 с.

УДК 62.001.66

Есавкин А.Э., Белобородов А.Н.

Научный руководитель: ст. преподаватель Есавкин В.И.

МАЛАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАБОТ

В настоящее время для выполнения работ на приусадебном участке выпускается большой ассортимент механизмов, механизированного инструмента для земляных работ (для вспашки, культивирования почвы, разработки грунта, прокладки траншей, уборки снега).

Большинство этих механизмов имеют режущие рабочие органы (плужные, фрезерные), для которых характерны следующие недостатки: это необходимость использования мощных двигателей, так как половина мощности двигателя расходуется на самопередвижение, кроме того, мотоблоки имеют крайне недостаточную сцепную массу (в 5-6 раз меньше минимально необходимой), поэтому они не могут создать достаточное тяговое усилие для вспашки, буксуют. Практика эксплуатации мотоблоков различных моделей подтверждает, что пахать можно только если сцепная масса не менее 600 кг (как у лошади). А она у всех колесных тракторов рассчитывается так, чтобы на метр ширины