

Таблица 2 – Расчет неизвестных коэффициентов

Модель (№ формулы)	Коэффициенты в рамках моделей $F(x_1, x_2)$				
	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4
Функция твердости $F_1(x_1, x_2)$					
1	1,6881	17,683	26,100	-1,407	-6,085
2	60,000	6,000	2,272	3,000	1,591
3	60,000	6	2,500	3,000	1,750
Функция относительной износостойкости $F_2(x_1, x_2)$					
1	1,001	0,548	0,233	-0,121	-0,013
2	1,560	3,000	1,591	6	2,273
3	1,560	3,000	1,75	6	2,500

Литература:

1. Тенненбаум М.М. Сопротивление абразивному изнашиванию. – М.: Машиностроение, 1976. – 271 с.
2. Виноградов В. Н. Абразивное изнашивание. / В. Н. Виноградов, Г. М. Сорокин, М. Г. Колокольников – М., 1990. – 244 с
3. Износостойкость сплавов, восстановление и упрочнение деталей машин ; под общ. ред. В.С. Попова. – Запорожье : Издат. ОАО «Моторсич». – 2006. – 420 с.
4. Посыпайко И.Ю., Соценко О.В. Повышение износостойкости сменных деталей промышленных смесителей // Металл и литье Украины, 2011. – № 1. – С. 32 – 35.
5. Чигарёв В. В. Математическое моделирование влияния легирующих элементов на твердость и износостойкость наплавленного металла, содержащего метастабильный аустенит / В. В. Чигарёв, А. М. Зусин, О. Б. Носовская, С. П. Десятский // Университетская наука – 2015 : тезисы докладов междунар. науч.-техн. конф., 19-20 мая 2015 г. : в 4-х т. / ГВУЗ «ПГТУ». – Мариуполь, 2015. – Т. 2. – С. 135-136.

УДК 67.04

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛОСКОГО ШЛИФОВАНИЯ ПУТЕМ
ПРИМЕНЕНИЯ ТВЕРДЫХ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ С НАПОЛНИТЕЛЯМИ ИЗ
ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ И НАНОМАТЕРИАЛОВ**

СТЕПАНОВ А.В., заведующий лабораторией, ВЕТКАСОВ Н.И., заведующий кафедрой

Ульяновский государственный технический университет, г. Ульяновск,
Российская Федерация

Ключевые слова: шлифование, твердый смазочный материал, наноматериал, высокодисперсный материал.

Реферат: в статье приведены результаты экспериментального исследования влияния твердых смазочных материалов с наполнителями из высокодисперсных и наноматериалов, наносимых контактным способом на рабочую поверхность круга, на эффективность операции плоского шлифования периферией круга.

В современных рыночных условиях повышение производительности механической обработки и качества обработанных деталей является решающим фактором конкурентоспособности выпускаемой предприятиями продукции. Как правило, заданные геометрические и физико-механические свойства деталей формируют на операциях окончательной обработки, значительное место среди которых занимают операции шлифования.

Для повышения производительности операций шлифования, а также качества шлифованных поверхностей деталей широко применяют смазочно-охлаждающие жидкости

(СОЖ). Однако существует ряд технологических операций, где их применение ограничено. Например, при шлифовании магнитных головок или роторов электродвигателей, заточке режущего инструмента и др.

Повышение производительности обработки и качества обработанных поверхностей на операциях, выполняемых без применения СОЖ, может быть обеспечено за счет применения твердых смазочных материалов (ТСМ), эффективность смазочного действия которых можно усилить путем подбора различных наполнителей. Как показал анализ научно-технической и патентной информации, наиболее кардинально на эффективность смазочного действия влияют наполнители из высокодисперсных и наноматериалов. На сегодняшний момент известны успешные попытки применения в качестве антифрикционных наполнителей смеси высокодисперсных порошков сверхпластичных сплавов: Al (67%) – Cu (33 %) и Mg (67 %) – Al (33 %) [1, 2], наноприсадок магнитного действия из частиц Fe₃O₄ [3], фуллереновой сажи [4].

Однако следует заметить, что большинство используемых наполнителей ТСМ достаточно дорогостоящие. Например, порошок дисульфида молибдена марки ДМИ-7 стоит 2000 руб./кг. Поэтому авторами было предложено использовать в качестве наполнителей дешевые высокодисперсные порошки голубой глины, диатомита, нанопорошки меди и алюминия.

Выбор голубой глины обусловлен, с одной стороны, ее высокими смазочными свойствами, обусловленными ламеллярной структурой, с другой стороны, голубая глина является дешевым аналогом монтморелонита, представляющего собой наноструктурированный материал. Количество монтморелонита в составе голубой глины составляет около 50 % по массе. Выбор нанопорошков меди и алюминия обусловлен высокой теплопроводностью этих материалов и их хорошими антифрикционными свойствами. В связи с чем авторами была выдвинуто предположение, что применение данных материалов будет способствовать повышению эффективности процесса шлифования.

Для проверки этого предположения в лаборатории абразивной обработки УлГТУ был проведен комплекс исследований по плану полного факторного эксперимента 2⁴. Заготовки из стали Р6М5 шлифовали на плоскошлифовальном станке мод. 3Е711ВФ2 при варьировании скоростью стола $V_{СТ}$ в диапазоне от 5 до 15 м/мин, врезной подачей $S_{BP} = 0,01 \dots 0,03$ мм/дв.ход, твердостью $S = 49 \dots 55$ ЗИ и зернистостью шлифованного круга $Z = 250 \dots 400$ мкм. В процессе шлифования были испытаны восемь составов ТСМ с наполнителями из наноматериалов и высокодисперсных материалов (табл. 1). В качестве базовых использовали состав М1 на основе дисульфида молибдена и ТСМ производства НПО «Алтай» с кластерными алмазами, обозначенный как состав А.

Размеры частиц применяемых порошков голубой глины и диатомита варьировались в диапазоне от 7 мкм до 100 нм, а размеры нанопорошков меди и алюминия – от 50 до 70 нм (ТУ 1791-003-36280340-2008).

Таблица 1 – Составы ТСМ

Обозначение состава	Компоненты, % масс.						
	Серая глина	Парафин	Графит	Диатомит	Дисульфид молибдена	Нанопорошок Cu	Нанопорошок Al
М1	-	60	10	-	30	-	-
Г2	40	60	0	-	-	-	-
Г5	25	60	15	-	-	-	-
Д1	-	60	0	40	-	-	-
Д4	-	60	15	25	-	-	-
Г2М5	40	59,5	0	-	-	0,5	-
Г2А5	40	59,5	0	-	-	-	0,5
Д1М5	-	59,5	0	40	-	0,5	-
Д1А5	-	59,5	0	40	-	-	0,5

В качестве критериев оценки технологической эффективности были выбраны: средняя контактная температура T_k , составляющие силы шлифования P_z, P_y , шероховатость шлифованных

поверхностей по параметрам Ra , Rz , $Rmax$, величина остаточных напряжений в поверхностном слое шлифованной детали σ_0 .

Некоторые результаты технологических исследований представлены на рис. 1 – 4.

По результатам натуральных экспериментов было установлено, что введение в состав ТСМ наполнителей из высокодисперсных порошков голубой глины, диатомита, а также нанопорошков меди повышает эффективность процесса шлифования по сравнению с базовыми составами М1 и А.

Результаты экспериментальных исследований подтверждены в условиях действующих производств ООО «ДИЗ» (г. Димитровград, Россия), ООО «Сервис-Газ» (г. Ульяновск, Россия), ОАО «Утес» (г. Ульяновск, Россия).

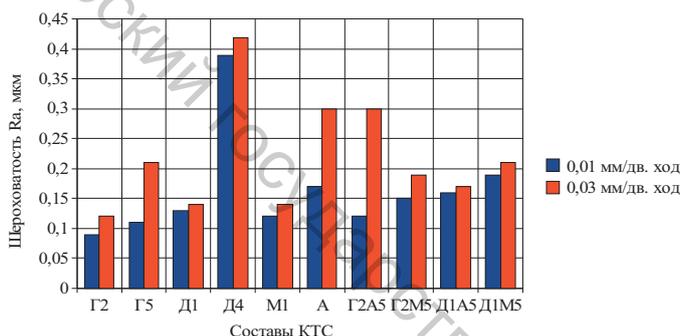


Рисунок 1 – Зависимость среднего арифметического отклонения профиля шлифованной поверхности Ra от врезной подачи $S_{вр}$ и состава ТСМ: материал заготовки - сталь Р6М5; круг – 1-300x40x76 25А F46 М 5 V А; $V_{см}$ - 5 м/мин

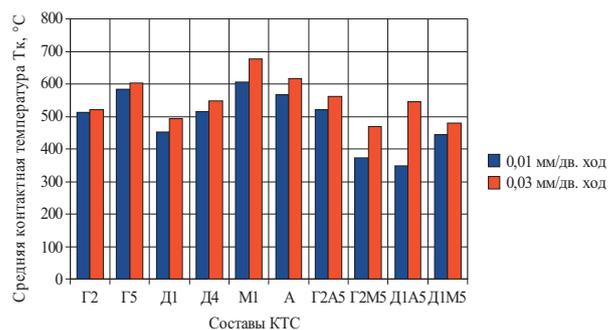


Рисунок 2 – Зависимость средней контактной температуры T_k от врезной подачи $S_{вр}$ и состава ТСМ: материал заготовки - сталь Р6М5; круг – 1-300x40x76 25А F46 Q 5 V А; $V_{см}$ - 5 м/мин

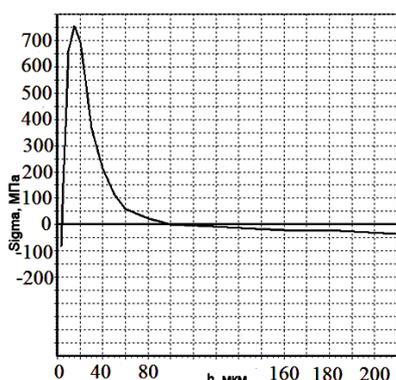


Рисунок 3 – Распределение остаточных напряжений σ_0 по глубине поверхности детали, шлифованной кругом 1-300x40x76 25А F46 Q 5 V с применением состава ТСМ Г2: материал заготовки – сталь Р6М5; круг – 1-300x40x76 25А F46 Q 5 V А; $S_{вр} = 0,03$ мм/дв.

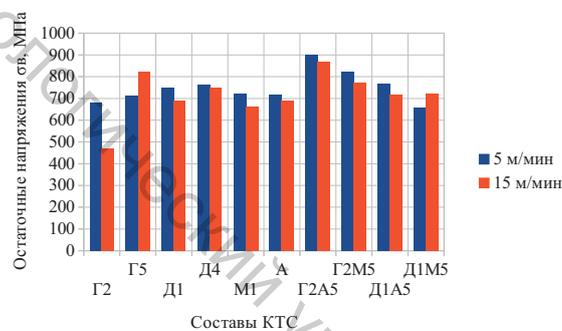


Рисунок 4 – Зависимость максимальной величины растягивающих остаточных напряжений σ_e от скорости стола $V_{см}$ и состава ТСМ: материал заготовки – сталь Р6М5; круг – 1-300x40x76 25А F46 Q 5 V А; $S_{вр} = 0,03$ мм/дв.

Литература

1. Грабовский, М. В. Структурная сверхпластичность металлов. – М.: Металлургия, 1975. - С. 64-67, с. 249 – 257.
2. Новиков, И. И. Сверхпластичность сплавов с ультрамелким зерном. – М.: Металлургия, 1981. – С. 133 – 140.
3. Перекрестов А. П. Механизм действия противоизносной присадки на магниевой основе. // Вестник АГТУ. Сер. Механика. – 2008. – Вып. 2. – С. 46 – 50.

4. Яхьяев Н. Я. Новая смазочная композиция для модификации поверхностей трибосопряжений судового малоразмерного дизеля / Н. Я. Яхьяев, Ж. Б. Бегов, Ш. Д. Батырмурзаев // Вестник АГТУ. Сер. Морская техника и технология. – 2009. – Вып. 1. – С.251 - 255.
5. Ильин А. П. Влияние суспензии «моторное масло+смесь нанопорошков меди и никеля» на трибологические свойства пары трения "углеродистая сталь - эколегированная сталь" / А. П. Ильин, О. Б. Назаренко, С. В. Рихерт // Известия Томского политехнического университета, 2004. - Т. 307. - № 3. - С. 77-79.

УДК 685.34.03: 685.34.072

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЛАКСАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВЕРХА ОБУВИ

ТОМАШЕВА Р.Н., доцент, ГОРБАЧИК В.Е., профессор

Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь

Ключевые слова: релаксация деформации, механическая модель, вязко-упругие свойства, системы материалов.

Реферат: исследована возможность применения трехкомпонентной модели Кельвина-Фойгта для моделирования процессов релаксации деформации в системах материалов для верха обуви. Установлено, что данная механическая модель позволяет достаточно точно описывать реологические свойства систем материалов с различным сочетанием комплекующих в период нагружения и несколько хуже – в период отдыха. Для более точного описания процесса релаксации деформации систем материалов предложено использовать четырехкомпонентную модель, обеспечивающую лучшее совпадение теоретических и эмпирических значений деформации.

Качество выполнения ряда ответственных технологических операций производства обуви обуславливается релаксационным характером поведения материалов заготовки при действии механических сил. Реологические свойства материалов определяют стабильность размеров и формы изделия во времени и технологические режимы обработки материалов на стадии производства обуви. Однако, изучение реологических свойств материалов носит трудоемкий характер и сопряжено со значительными затратами времени на проведение испытаний. Поэтому, в настоящее время, для изучения и описания процессов релаксации широко применяются модельные методы, позволяющие глубоко изучить и прогнозировать закономерности изменения деформационных свойств материалов во времени.

Наиболее часто описание релаксационных процессов в упруго-вязких материалах осуществляется с использованием механических моделей, представляющих собой различные комбинации соединенных между собой идеально-упругих элементов, подчиняющихся закону Гука, и вязких элементов, подчиняющихся закону Ньютона. Простейшая схема структуры упруго-вязкого материала состоит из одного упругого элемента и одного вязкого, соединяемых последовательно (модель Максвелла) или параллельно (модель Кельвина-Фойгта). Используя различные комбинации простых элементов создают механические модели, свойства которых с той или иной степенью точности описывают реальное поведение конкретных материалов. С помощью механических моделей составляются реологические уравнения поведения исследуемых материалов.

В настоящее время известно много различных механических моделей, описывающих релаксационные процессы в упруго-вязких материалах. Так, объединенная модель, предложенная рядом ученых для описания свойств текстильных материалов [1], состоит из элемента Кельвина-Фойгта, вставленного между двумя элементами модели Максвелла, и дает хорошее совпадение с эмпирическими данными преимущественно в области малых напряжений. Обобщенная трехкомпонентная модель Кельвина-Фойгта использовалась Кобляковым А. Н. [2] для описания ползучести трикотажных полотен, а Бузовым Б. А. и Петропавловским Д. Г. [3] – для