

Аппаратно-программный комплекс автоматизированного неразрушающего контроля свойств изделий

Современный уровень развития машиностроительной отрасли накладывает жесткие требования к технологии изготовления изделий машиностроения и проводимому контролю их качества, поэтому разработка средств автоматизированного неразрушающего контроля качества изделий является актуальной задачей.

Предлагается создать конкурентоспособный аппаратно-программный комплекс экспресс контроля свойств изделий из пористых материалов, осуществляющий производительный и высокоточный контроль.

В настоящее время в области автоматизированного неразрушающего контроля сделан серьезный скачок в развитии приборостроения. Среди отечественных производителей контроля механических характеристик материалов известны ультразвуковой дефектоскоп УД2-70 (контроль форм и размеров дефектов, пористости), динамический твердомер ТЭМП-4 (контроль твердости), рентгеновский аппарат Ратмир-250 (контроль дефектов), измеритель прочности бетона ОНИКС-2.5 (контроль только прочности бетона). Однако ни одно из известных устройств, в отличие от разрабатываемого комплекса, не позволяет осуществлять одновременный контроль физических (пористость) и механических (твердость, прочность, теплопроводность) свойств материалов.

Принцип работы разрабатываемого аппаратно-программного комплекса основан на газодинамическом методе контроля, в основе которого лежит математическая модель течения газа через контролируемый пористый материал. Пористость является параметром, характеризующим как структуру материала, так и определяющим его механические свойства.

Схема устройства приведена на рис.1.

Устройство содержит измерительные камеры 1 и рабочую камеру 2, образующие с контролируемым изделием под усилием Q герметичные полости 3, 4. Камеры соединены через систему трубопровода 5 с вакуумным насосом 6. Для исключения перетечки газа между полостями 3, 4, каждая из них имеет возможность отключения от общей магистрали посредством клапанов 7. Полость 4 рабочей камеры 2 соединена клапаном 8 с атмосферой. Насос 6 имеет возможность отключения от магистрали посредством клапана 9. Полость 4 и каждая полость 2 имеют выход на датчики давления газа 10, информация с которых автоматически через систему управления 11 передается на ЭВМ 12, снабженную встроенным датчиком времени. Рабочая камера 1 снабжена датчиком температуры 13, который подключен к ЭВМ 12.

Путем последовательного смещения измерительных камер 1 по длине образца обеспечивается детальный контроль участков изделия на требуемое значение пористости, что позволяет выявить явный и скрытый брак.

Вид и размеры измерительных 1 и рабочей 2 камер выбираются в зависимости от конфигурации детали или тех сечений, на которых необходимо определить параметры пористости.

Таким образом, предлагаемый аппаратно-программный комплекс автоматизированного неразрушающего экспресс контроля физико-механических свойств изделий из пористых материалов, таких как металлокерамика, пластик, сложные керамические системы и др., позволяет осуществить процесс контроля свойств изделий машиностроения.

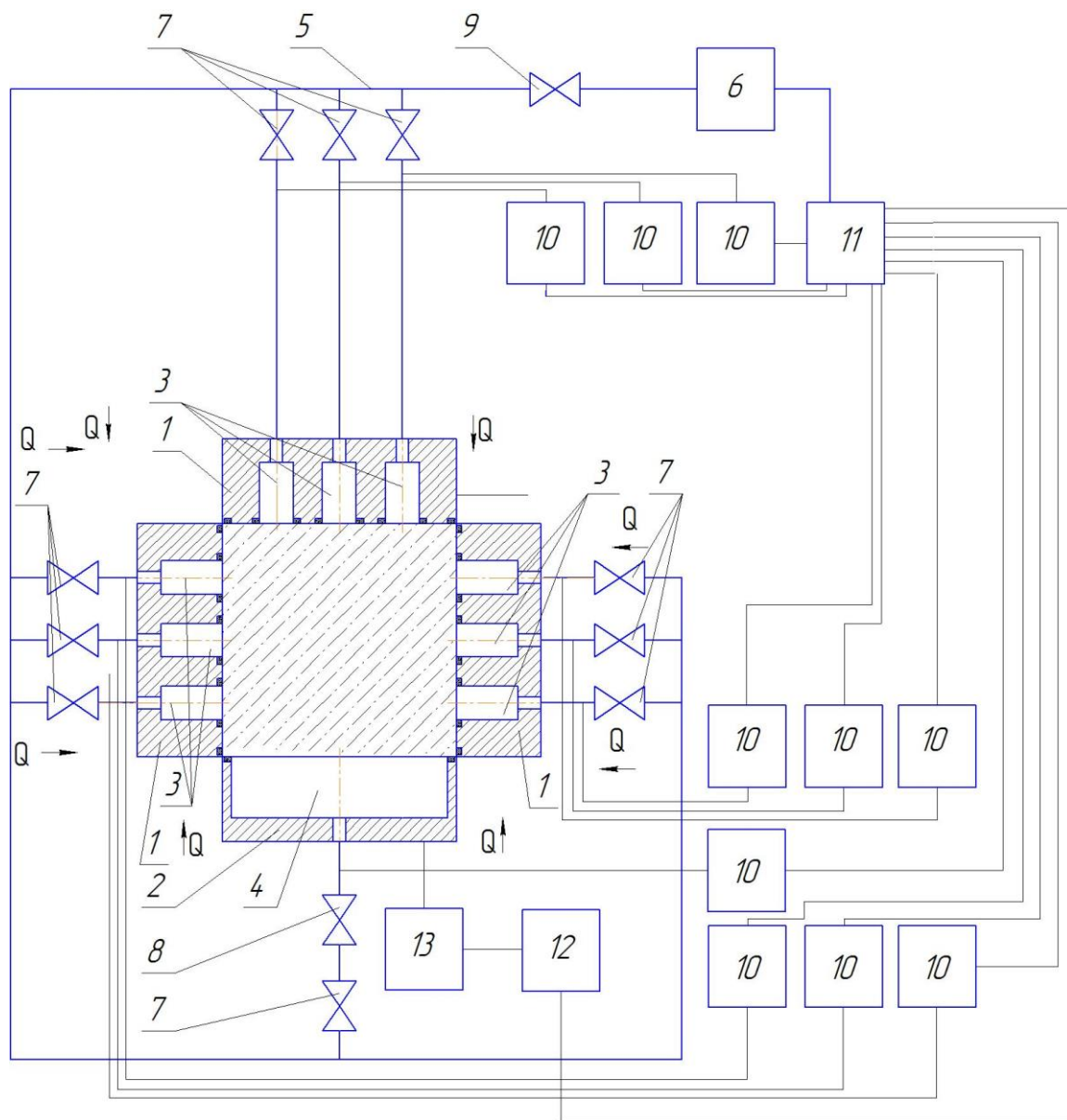


Рис. 1. Аппаратно-программный комплекс автоматизированного неразрушающего экспресс контроля физико-механических свойств изделий из пористых материалов

Литература

1. Устройство измерения параметров пористости материалов: Патент РФ № 2560751, МКИЗG01N15/08 // Житников Ю. З., Можегова Ю. Н. – Б. И. № 23, 2015 г.

Д.Р. Блурцян, Р.Ш. Блурцян, И.Р. Блурцян
Муромский институт Владимирского государственного университета
602264, г. Муром Владимирской обл., ул. Орловская, 23

Высокотемпературная газостатическая обработка стальных отливок

Стальные отливки, используемые: для изготовления деталей, работающих в условиях ударного износа, склонны в процессе кристаллизации в литейной форме к образованию трещин, усадочных пор, раковин, которые практически не выявляются качественным анализом металла. Наличие несплошностей в металле приводит к снижению износостойкости.

С целью повышения эксплуатационных свойств изделий из отливок высокомарганцовистой стали разработана промышленная технология высокотемпературной газостатической обработки (ВГО) отливок из стали 110Г13Л, используемых в железнодорожном транспорте и других отраслях. Повышение качества деталей обеспечивается залечиванием литейных дефектов в условиях обеспечения диффузионной пластической деформации при высоких температурах и давлениях газовой среды.

Технологический процесс ВГО имеет две стадии [1]. На первой стадии отливки, очищенные от пригара, нагревают в печи предварительного нагрева газостата при температуре минимальной устойчивости аустенита в течение 6 часов в атмосферной среде. При этом происходит интенсивное образование карбидов тонкой игольчатой формы во всём объёме аустенитного зерна, в результате чего зерно расчленяется на части и измельчается.

На второй стадии отливки нагревают в газостате в среде инертного газа (аргон) до 1150°C и одновременно подвергают изостатическому уплотнению аргоном давлением 146...200 МПа с последующей закалкой в воде с температуры выше 950°C. Закалка отливок производится непосредственно после выгрузки из газостата. Допускается охлаждение нагретых заготовок на воздухе до температуры не ниже 950°C. При закалке обеспечивается полный перевод стали по всему сечению отливки в однофазное аустенитное состояние. В процессе ВГО в газостате происходит залечивание литейных дефектов-несплошностей при высокопластическом течении металла в полости дефектов. При ВГО поверхности несплошностей контактируют друг с другом, и металл соединяется в монолит благодаря диффузионным процессам, что обеспечивает повышение качества отливок и увеличивает срок эксплуатации деталей. При этом ударная вязкость стали 110Г13Л увеличивается на 75...80%.

Износостойкость отливок из высокомарганцовистой стали, прошедших ВГО, была исследована в лабораторных условиях и производственных испытаниях. Лабораторные испытания износостойкости образцов проводились на машине трения. Испытуемый образец изготавливался плоским и находился в неподвижной оправке машины трения. В качестве контртела использовался ролик из бандажной стали. Исследуемые образцы из стали 110Г13Л вырезались из образцов-топориков стрелочных переводов, прошедших различную технологию упрочнения: образец № 28 – отливка базового завода (Муромский стрелочный завод), предварительный нагрев до 850°C, выдержка 16 часов, ВГО и закалка на Кулебакском металлургическом комбинате (КМК); образец № 42 – отливка базового завода, предварительный нагрев до 700°C, выдержка 7 часов, ВГО и закалка на КМК; образец «Б» – отливка базового завода, закалка на базовом заводе (базовая технология).

Образцы из стали 110Г13Л вырезались из отливок таким образом, чтобы исследованию на трение и износ подвергались рабочие поверхности образцов-топориков. Причём, за исходную поверхность трения принималась поверхность, соответствующая наружной поверхности образцов-топориков. Геометрические размеры поверхности трения назначались по ширине 6...8 мм с тем, чтобы при испытаниях было гарантировано взаимное перекрытие испытуемого образца с образцом-роликом, которые изготавливались из бандажной колёсной стали и имели следующие размеры: диаметр – 34 мм, ширина – 12 мм. Ширина ролика обеспечивала возвратно-поступательное скольжение по нему образца из стали 110Г13Л.

Методика испытаний образцов следующая: образец-ролик, вращающийся с частотой 200 мин⁻¹, и исследуемый образец нагружаются силовой пружиной усилием 30 кг. При этом момент трения, всегда имеющий в начале каждого испытания наибольшую величину, регистрировался

на самописце. В процессе трения и изнашивания поверхности приспособляются друг к другу, и поэтому момент трения несколько уменьшается. Затем, по мере накопления износа, т.е. увеличения глубины лунки, колебательно изменяющаяся нагрузка от пружины создаёт между образцами уменьшающееся усилие. Поэтому момент трения в процессе испытания непрерывно убывает. При достижении момента трения определённой заранее величины и истечении 30 минут, образцы разгружались, и вращение ролика прекращалось. Затем, после протирки бензином, образец взвешивался. Длина образовавшейся от изнашивания лунки измерялась штангенциркулем. После этого образец устанавливался в держатель, включалось вращение ролика, образец вновь нагружался усилием 30 кг. При этом обязательно контролировалось взаимное прилегание образцов и возможность их взаимного перекрытия. Данный цикл испытания повторялся 6 раз до достижения общей длительности испытания – 3 часа.

Из каждого образца-топорика испытанию на трение и износ подвергалось по два образца, т.е. повторяемость испытаний была двукратной. Скорость скольжения при испытаниях составляла 0,356 м/с, что соответствует реальным скоростям проскальзывания при качении колёс подвижного железнодорожного состава по рельсам.

Согласно методике подготовки образцов, их ширина и, следовательно, ширина поверхности трения образцов были различными. В этой связи представляется методически верным проводить сравнительную оценку закономерностей изнашивания образцов по удельному весовому износу, т.е. убыли веса, отнесённой к ширине образца.

Из полученных результатов испытаний образцов на изнашивание следует, что наименьший износ имеют образцы, прошедшие упрочнение по следующей технологии: отливка базового завода, предварительный нагрев до 850°C, выдержка 16 часов, ВГО и закалка. Этот технологический процесс ВГО отливок из высокомарганцовистой стали был реализован в опытной партии литых сердечников крестовин стрелочных переводов [2]. Опытная партия крестовин Р65 (марка 1/6) была изготовлена на ОАО «Муромский стрелочный завод» с последующей ВГО в газостате К-345 Кулебакского металлургического завода. Промышленные испытания стрелочных переводов с опытными крестовинами были проведены при участии сотрудников ВНИИЖТ на горочных путях железнодорожной станции Орехово-Зуево Московской железной дороги. При пропуске 20 и 70 млн. т брутто грузов у двух опытных крестовин на поверхностях катания дефектов не обнаружено. У крестовин, изготовленных по действующей (базовой) технологии, на этих поверхностях, как правило, после пропуска 2...10 млн. т брутто грузов возникали выкрашивания и сколы.

Проведённые исследования показывают целесообразность использования разработанной технологии упрочнения стальных отливок при производстве литых деталей из высокомарганцовистой стали, работающих в условиях ударного износа.

Литература

1. Пат. 2033436 РФ, МКИ 6С2 1Д8/00. Способ изготовления деталей из высокомарганцовистой стали/ Блурцян Р.Ш., Селихов Г.Ф., Залазинский М.Г., Ларкин А.В., Никитин А.М., Овсов Н.С., Пелевин Ю.Ф./ Открытия. Изобретения. - 1995.- № 11.- с.85.
2. Опыт высокотемпературной газостатической обработки отливок из высокомарганцовистой стали/ Р.Ш. Блурцян, Г.Ф. Селихов, М.Г. Залазинский и др.// Литейное производство. - 1996.- № 6,- с.8-9.

Борисова Е.А., Зелинский В.В., Диков А.Г.
 Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета
 602264, г. Муром Владимирской обл., ул. Орловская, 23

Влияние намагничивания на изнашивание при схватывании в трибосистеме «сталь-сталь»

Изнашивание при схватывании (ГОСТ 27674-88) происходит в результате схватывания на микроучастках сопряженных поверхностей с последующим вырывом или срезом материала, переносом его с одной поверхности на другую и воздействия возникших неровностей на сопряженную поверхность. Такой вид изнашивания свойственен режущим и деформирующим инструментам при металлообработке, системе «колесо-рельс» подвижного состава железных дорог, системе «ролик-рельс» у железнодорожных путевых машин, взаимодействию рабочих органов горных и дорожных машин и др. Во всех перечисленных случаях взаимодействующие поверхности образуют трибосистемы «сталь-сталь». Одним из методов повышения износостойкости таких трибосистем является создание на поверхностях изнашивания особого энергетического состояния наноструктурных элементов кристаллической решетки металла за счет воздействия магнитным полем.

Целью данной работы является установление и оценка влияния магнитного воздействия на силу трения и величину износа в трибосистеме «сталь-сталь» в условиях изнашивания при схватывании.

В экспериментах на образцы воздействовали магнитным полем с количеством импульсов от 1 до 7 с длительностью импульса 2 секунды. Для моделирования изнашивания использовалась машина трения, предусматривающая испытания по схеме трения «ролик-образец». Образцы изготавливались из быстрорежущей стали Р6М5 и легированной стали ХВГ с соответствующей термообработкой, а также рельсовой стали в состоянии поставки (улучшение). В качестве контртела использовались подвижные образцы-ролики из стали 40Х, подвергнутые закалке до твердости 48-49 НRC. Уровень внешнего давления для всех образцов составлял 12 МПа. По одному образцу каждой стали намагничиванию не подвергались и являлись базовыми в сравнении.

В результате испытаний по приведенной методике наименьшие износы показали образцы, намагниченные числом импульсов равным 7. Данный режим обработки полем был принят как оптимальный.

Средние значения безразмерных характеристик в виде интенсивности изнашивания и коэффициента трения базовых и намагниченных в оптимальном режиме образцов для исследуемых сталей, полученные при длительности испытаний 30 минут, представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Характеристики трения

Сталь	Интенсивность изнашивания			Коэффициент трения		
	Базовые образцы	Намагниченные образцы	Кратность снижения	Базовые образцы	Намагниченные образцы	Кратность снижения
ХВГ	$6,3 \cdot 10^{-8}$	$1,7 \cdot 10^{-8}$	3,7	0,37	0,32	1,15
Р6М5	$2,9 \cdot 10^{-8}$	$1,1 \cdot 10^{-8}$	2,6	0,45	0,36	1,25
Рельсовая	$34 \cdot 10^{-8}$	$9 \cdot 10^{-8}$	3,7	0,35	0,29	1,2

Влияние обработки магнитным полем в оптимальном режиме проявилось в снижении интенсивности изнашивания для сталей ХВГ, Р6М5 и рельсовой стали, соответственно, в 3,7, 2,6 и 3,7 раз и снижении коэффициента трения, соответственно, в 1,15, 1,25 и 1,2 раз.

В соответствии с современной трактовкой силу трения представляют в виде суммы деформационной и адгезионной составляющих. Деформационная составляющая силы трения вызвана сопротивлением при пропахивании мягкой поверхности микронеровностями сопряженной твердой поверхности. Эта составляющая уравнивается текущим давлением текучести мягкого

материала, действующим по общей площади сечения пропаянных канавок. По результатам измерения микротвердости намагниченных образцов инструментальной стали предварительная обработка магнитным полем не вносит существенных изменений в их механические свойства. Наибольший прирост микротвердости составил 5,5 %. Поэтому можно считать, что на деформационную составляющую силы трения магнитное поле влияния не оказывает.

Адгезионная составляющая силы трения $F_{схв}$, вызвана схватыванием с последующим вырывом или срезом материала новообразованного мостика схватывания в наиболее слабых тангенциальных площадках. Приняв среднюю прочность на срез в наиболее слабых плоскостях равной $\tau_{ср}$ можно записать

$$F_{схв} = \tau_{ср} \cdot A_{схв}, \quad (1)$$

где $A_{схв}$ – суммарная площадь фактических площадок контакта, на которых пластическое взаимодействие сменилось схватыванием.

Известно, что пластическое состояние в локальном объеме наступает, когда среднее касательное напряжение достигает максимального значения τ_{max} . В соответствии с условием пластичности Треска принимаем

$$\tau_{max} = 0,5\sigma_s, \quad (2)$$

где σ_s - текущий предел текучести материала мостика схватывания, значение которого, вследствие деформационного упрочнения, может превышать предел текучести исходного материала поверхности трения.

В ранее выполненных авторами исследованиях [1,2] выдвинута гипотеза о противоадгезионной природе влияния магнитного поля на величину износа. В соответствии с теорией квантово-механического строения атома внешнее магнитное поле изменяет энергетическое состояние молекулярных орбиталей взаимодействующих кристаллических решеток. При снятии поля остаточная намагниченность вместе с энергией фрикционных явлений поддерживает внесенные энергетические изменения. Созданная электронная система оказывается менее способной к образованию прочных адгезионных связей за счет взаимодействия валентных электронов. Определяющая роль взаимодействия этих электронов в условиях магнитного возмущения состоит в том, что они влияют не только на новое энергетическое состояние новообразованной электронной конфигурации в мостике схватывания, созданной в соответствии с квантовыми закономерностями, но и на силу и дальное действие сил химической связи в этой новой наноструктуре. В результате прочность адгезионных мостиков может быть уменьшенной.

Таким образом, в соответствии с изложенной моделью образования вещества очага схватывания при магнитном воздействии зависимость σ_s от силы связей валентными электронами необходимо учитывать уменьшающимся коэффициентом химической связи $K_{св}$. Тогда с учетом (1) и (2)

$$F_{схв} = 0,5\sigma_s \cdot K_{св} \cdot A_{схв}$$

Экспериментальная оценка коэффициента трения и интенсивности изнашивания базовых и намагниченных образцов исследуемых сталей показала, что результаты вполне соответствуют выводам теоретического моделирования.

Литература

1. Зелинский В.В., Борисова Е.А. Опытная оценка влияния магнитной обработки на износостойкость инструментальных сталей // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, № 3 (17), 2013,- С. 55-60.
2. Зелинский В.В. Борисова Е.А. Установление преобладающих видов и причин изнашивания режущих инструментов // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, № 2(12), 2012, с. 55-60.

Волченков А.В., Тимаков В.В.
Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета
602264, г. Муром Владимирской обл., ул. Орловская, 23
armitp@yandex.ru

Схема механического износа свёрл при сверлении алюминиевых сплавов

Обработка инструментом всегда связана трением и износом. Износ инструмента во время резания не только сокращает срок службы режущего инструмента, но и приводит к увеличению шероховатости поверхностей заготовок. Оптимальный процесс обработки – это процесс с максимальной скоростью резания и минимальным износом инструмента. Это может быть достигнуто путем выбора соответствующих режимов обработки. ИРТ является хорошим средством выбора подходящих условий обработки, которая может отражать скорости износа в различных условиях эксплуатации на одной схеме, и показывает зависимость одного механизма износа к другому.

Сплав алюминия, являясь легким конструкционным металлом, широко используется в автомобильной, электронной, аэрокосмической промышленности. Алюминиевые сплавы считаются третьим конструкционным металлическим материалом после стали и магниевых сплавов. В связи с всё большим применением алюминиевых сплавов, исследование принципов их обработки стало важным направлением в машиностроении. Принято считать, что алюминиевые сплавы имеют хорошую обрабатываемость, но было мало систематических исследований, связанных с их обработкой, особенно механизма износа инструментов в процессе резания.

В этом исследовании построена схема износа свёрл при сверлении литых алюминиевых сплавов АК4 без смазки и определена зона безопасности, в которой скорость износа будет минимальной. Сверление - это важная часть механообработки, поэтому схема износа инструмента рассматривается в этой статье. Также схему износа можно использовать для прогнозирования тенденции износа инструмента.

Для опыта мы используем литой образец с размерами 15мм x 20мм x 380мм. Тесты сверления были проведены на вертикально-сверлильном станке без использования каких-либо методов охлаждения и смазок. Было использовано сверло Р9М6. Твёрдость инструмента – 63-65 HRC. Скорость резания варьировалась от 1000 до 8000 оборотов в минуту, а скорость подачи от 0,05 до 0,3 мм/об. Отверстие было сквозное, и после сверления 180 отверстий на образце, износ по задней поверхности Из измерялся универсальным микроскопом ИМЦЛ 100x50.

Двумерная схема износа по задней поверхности инструмента получена с использованием скорости резания по оси абсцисс, скорости подачи по оси ординат. Лучшее значение скорости изнашивания - это безразмерная характеристика на схеме износа, которая зависит от длины обработки (резания). Поле на диаграмме представляет изменение скорости износа сверла, соответствующего каждому параметру сверления. Точки с одинаковой скоростью износа сгруппированы в определённой области. Четыре области разделены границами на основе изменения скорости износа, анализа инструмента стереоскопическим микроскопом, и формы стружки в различных областях. Карта скорости износа была разделена на несколько областей линиями, соединяющими схожие точки скорости износа. Это оптимальный параметр обработки в зоне безопасности с приемлемой скоростью износа. Периферии зоны безопасности является точками с высокими скоростями износа, они называются нижней областью износа. Эта часть значительно больше, чем зона безопасности, а также режимы обработки этой зоны являются менее предпочтительными нежели режимы зоны безопасности.

Егоров С.С., Яшин А.С., Силантьев С.А.
Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета
602264, г. Муром Владимирской обл., ул. Орловская, 23
E-mail:ppdsio@ya.ru

Исследование волновых процессов в ударной системе генератора механических импульсов при статико-импульсной обработке

Статико-импульсная обработка (СИО) – один из перспективных видов обработки пластическим деформированием (ППД). Для осуществления процесса СИО необходимо использование генератора механических импульсов (ГМИ). В качестве ГМИ могут быть использованы различные ударные устройства, в которых боек цилиндрической или приближенной к цилиндрической форме совершает возвратно поступательные движения, нанося удары по промежуточному звену – волноводу с сопряженным с ним деформирующим инструментом, непосредственно осуществляющим воздействие на обрабатываемую поверхность.

Одним из основных требований предъявляемым к ГМИ являются энергетическая эффективность или КПД. Для процесса СИО характерно два значения КПД: КПД ударного механизма (определяет, какая часть энергии от внешнего источника питания преобразуется в энергию ударов) и КПД процесса СИО (определяет какая часть подведенной ударной энергии идет непосредственно на пластическую деформацию). На величину КПД ударного механизма наибольшее влияние оказывает его принцип действия (электрический, гидравлический, механический, электропневматический и пр.) и конструктивные особенности. На КПД процесса СИО влияют как конструктивные характеристики ГМИ (геометрические характеристики ударной системы боек-волновод) так и технологические параметры процесса СИО (энергия ударов, величина статического поджатия, удельная энергия в пятне контакта а также геометрические характеристики деформирующего элемента). Таким образом применение ударных механизмов, разработанных для других областей применения (кузнечные молоты, отбойные молоты и пр.) не позволяет достичь высокой эффективности процесса СИО.

Для осуществления процесса СИО перспективным является применение гидравлических ударных механизмов (аналогичные используются для разрушения горных пород) и электропневматических (используются в строительстве). Преимуществом гидравлических ударников является компактность, возможность достичь больших значений энергии ударов. Электропневматические ударники характеризуются простотой конструкции, отсутствием необходимости применения дополнительных источников энергии (гидростанции, пневмолинии).

Известно, что при ударе бойка о волновод в зоне контакта образуется волна деформации, которая перемещается с определенной скоростью (зависящей от свойств материала волновода) и осуществляет перенос энергии от бойка через деформирующий элемент в обрабатываемую поверхность. [1] При этом идеальным случаем является система боек-волновод, в которой диаметр бойка равен диаметру волновода, материал бойка и волновода идентичен, длина бойка равна длине волновода, между волноводом и обрабатываемой поверхностью отсутствуют промежуточные элементы. При этом наличие на бойке волноводе ступеней, конических элементов, разность диаметров бойка и волновода, отверстий, и пр. увеличивает потери при прохождении ударного импульса от бойка в обрабатываемую поверхность [2]. Таким образом, проектирование ударных устройств сталкивается с ограничениями, связанными с особенностями принципа действия. Так, электропневмоударник имеет боек, который выполняет функцию поршня. В силу этого боек представляет собой толстостенный стакан, удар наносится торцом со стороны доньшка. В гидроударнике, вследствие необходимости формирования ударной и взводящей камеры боек необходимо выполнять в виде цилиндра, имеющего одну или две ступени различного диаметра.

Учет распространение волн деформации в ударной системе боек-волновод-деформирующий элемент при проектировании, позволит увеличить общий КПД процесса упрочнения СИО ППД.

Литература

1. Манжосов В. К. Модели продольного удара / В. К. Манжосов. – Ульяновск : УлГТУ, 2006. – 160 с.
2. Манжосов, В. К. Моделирование продольного удара в стержневых системах неоднородной структуры / В. К. Манжосов, В.В. Слепухин. – Ульяновск : УлГТУ, 2011. – 208 с.

Зелинский В.В., Борисова Е.А.
 Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета
 602264, г. Муром Владимирской обл., ул. Орловская, 23

Механизм повышения износостойкости трибосистем с ферромагнитными материалами магнитным воздействием

Перспективным физическим методом повышения износостойкости трибосистем с ферромагнитными материалами является обработка магнитным полем (ОМП) относительно невысокой напряженности (до 800 кА/м). Однако механизм и закономерности влияния ОМП на процесс изнашивания изучены недостаточно. Ранее выполненные исследования, проведенные, в основном, в производственных условиях без анализа природы и причин изнашивания, без учета исходных показателей качества материалов трибосистемы, при наличии большого количества конструктивных и режимных факторов не позволили получить надежных рекомендаций по управлению эффектом ОМП. Таким образом, отсутствие научно обоснованных подходов в применении нового метода сдерживает его практическое применение для обрабатываемых инструментов и других тяжело нагруженных трибосистем с ферромагнитными материалами.

Целью работы является установление механизма влияния импульсного магнитного воздействия на величину износа трибосистемы «инструментальная сталь – конструкционная сталь» на основе многоуровневого подхода.

Микростроение материала на рабочей части инструмента представляет собой сложную многоуровневую структуру. Распределение структурных уровней и их элементов для инструментальных и конструкционных сталей с учетом размеров элементов можно представить следующим образом (таблица 1).

Таблица 1 - Структурные уровни и структурные элементы инструментальных и конструкционных сталей

Структурные уровни	Микроструктурный	Дислокационный	Атомно-электронный
Структурные элементы	Кристаллиты, зерна отдельных фаз, посторонние включения, микропоры, легирующие добавки	Блоки кристаллической решетки, краевые и винтовые дислокации, границы дислокаций, дефекты упаковки	Ячейки решетки, атомы и ионы, электронные оболочки, атомные и молекулярные орбитали,
Размер элементов, (м)	$10^{-4} \dots 10^{-6}$	$10^{-6} \dots 10^{-8}$	менее 10^{-8}

Воздействие трением проявляется на всех структурных уровнях. На микроструктурном и дислокационном уровнях происходят видоизменения структурных элементов и образуются новые (вторичные) микроструктуры и дислокационные структуры. На атомно-электронном уровне взаимодействуют составляющие сопряженных кристаллических решеток, формируются условия для образования тех или иных химических связей.

Влияние магнитного воздействия, в соответствии с современными положениями физики, реализуется на атомно-электронном уровне. Общим результатом трибовоздействия и магнитного воздействия на атомно-электронном уровне является образование различных электронных конфигураций с измененным энергетическим состоянием. На этом структурном уровне размеры элементов (атомов, орбиталей, оболочек) составляют от десятых долей до десяти нанометров. Поэтому можно принять, что они образуют наноструктуры.

При современном уровне развития физики твердого тела считается установленным, что свойства элементов наноструктур во многом не подчиняются законам физики макромира. На них в большей мере влияют особенности и закономерности квантово-механического строения атомов. С этой точки зрения наноструктуры при трении могут приобретать новые (вторичные) свойства, обусловленные квантовой природой взаимодействия веществ.

В развитие выдвинутой гипотезы проводилось экспериментальное моделирование процесса изнашивания в трибосистеме «инструментальная сталь – конструкционная сталь» в условиях

Секция 18. Техносферная безопасность

возрастающего магнитного воздействия в виде импульсов от 1 до 7 [1,2]. Намагничивание проводили с помощью установки, излучающей магнитное поле с заданной длительностью импульса. Материалами образцов являлись быстрорежущая сталь Р6М5 и легированная сталь ХВГ, прошедшие термообработку по соответствующим технологиям. По одному образцу каждой стали намагничиванию не подвергались, и они являлись контрольными (базовыми). Для опытов на изнашивание использовалась машина трения, предусматривающая испытания по схеме трения «ролик-образец». Контртелом для каждого образца служил отдельный закаленный ролик из стали 40Х. Величина износа образцов оценивалась по убыли веса.

Результаты опытов показали, что увеличение числа импульсов магнитного воздействия обеспечивает устойчивое снижение величины износа для обеих сталей. При этом для стали ХВГ кратность снижения величины износа наиболее намагниченного образца по сравнению с контрольным образцом лежит в пределах от 2,9 до 3,6. Для стали Р6М5 кратность снижения износа при намагничивании 7 импульсами по отношению к контрольному образцу составляет от 2,42 до 2,66.

Снижение величины износа у намагниченных образцов может объясняться формированием некоторой совокупности трибологически благоприятных параметров и свойств, обеспечивающих функционирование трибоконтакта как открытой термодинамической системы. Причем оптимальные для трибоконтакта параметры и свойства формируются благодаря совместному влиянию

- 1) внешнего магнитного воздействия на атомно-электронном уровне в соответствии с квантовыми закономерностями для наноструктур.
- 2) фрикционного воздействия на микроструктурном и дислокационном структурных уровнях, и самоорганизации трения за счет подстройки напряженного состояния поверхности,

Механизм влияния магнитного воздействия на атомно-электронном уровне состоит в следующем. Инструментальные и конструкционные стали являются ферромагнетиками – веществами, способными намагничиваться во внешнем магнитном поле и создавать собственное магнитное поле, которое может значительно превосходить внешнее. В соответствии с теорией квантово-механического строения атомов внешнее магнитное поле формирует на поверхности трения образца многоэлектронную наноструктуру с измененной энергией определенных электронных конфигураций. Это обуславливает снижение способности вещества к созданию сильной адгезионной связи. В условиях трения без внешнего магнитного поля созданная электронная наноструктура продолжает осуществлять противoadгезионные функции за счет подпитки энергией остаточного магнитного поля и энергией фрикционных явлений. При этом у системы трения «железо-железо» реализуются более слабые химические связи. Прочность очагов схватывания и масштабы последующих вырывов материала, образующих частицы износа, уменьшаются.

Полученные результаты использованы при разработке научно обоснованной технологии ОМП режущих инструментов.

Литература

1. Зелинский В.В. Борисова Е.А. Установление преобладающих видов и причин изнашивания режущих инструментов // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. - 2012. - № 2(12). - С. 55-60.
2. Зелинский В.В., Борисова Е.А. Атомно-электронный подход к повышению износостойкости трибосистем с ферромагнитными материалами // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1.

Экспериментальная оценка возможностей новой триботехнологии для подшипников скольжения

В последние годы для мощных тепловозных и тракторных дизелей существенно возросло использование биметаллических подшипников скольжения с алюминий-оловянным антифрикционным слоем. Однако имеющиеся случаи повреждений в переходных и неустановившихся режимах работы, в условиях пуска-останова показали, что для новых подшипников с антифрикционным слоем из алюминий-оловянного сплава желательны более высокие задиростойкость и усталостная прочность. Также в период послеремонтной обкатки дизелей случаев задира для этих подшипников больше, чем для подшипников, имеющих медносвинцовый слой.

В настоящее время для трибосистем широко используются триботехнологии, реализующие возможности придания поверхностям трения требуемых свойств за счет определенных технологических воздействий. При этом новый комплекс свойств формируется в результате создания модифицированного поверхностного слоя.

Целью работы является экспериментальная оценка возможностей деформационно-термической триботехнологии для подшипников скольжения, совместимой с условиями капитального ремонта дизелей.

Экспериментальное исследование проводилось на плоских образцах антифрикционных материалов: баббита Б83 и алюминий-оловянного сплава АО20-1, которые применяются в тепловозных дизелях различных серий.

Первый этап модифицирования трибоповерхности образца антифрикционного материала осуществлялся путем накатывания роликом с использованием специального нагрузочно-деформирующего устройства. Опытные значения нагрузок накатывания назначались из условия отсутствия разрушения материала в поверхностном слое на основе теоретического анализа всех возможных напряженно-деформированных состояний и специальных опытов.

Второй этап модифицирования обусловлен природой явлений возврата, происходящих от нагрева при трении. Температура начала возврата (отдыха) ниже 0,2 от температуры плавления материала. Такая температура в тонком поверхностном слое основы сплава достижима при трении с относительно невысоким контактным давлением. Поэтому второй этап модифицирования осуществлялся на машине трения при малой внешней нагрузке.

Оценка результатов модифицирования проводилась по уровню приобретенных триботехнических свойств и реализованных при трении в одинаковых условиях, имитирующих тяжелый режим работы. Трению подвергались базовые (немодифицированные) и модифицированные образцы антифрикционных сплавов АО20-1 и Б83 по схеме «ролик-плоскость» при смазывании дизельным маслом. Испытания осуществлялись на лабораторном триботехническом комплексе, состоящем из модернизированной машины трения и контрольно-измерительной аппаратуры. В процессе трения непрерывно измерялись и регистрировались с помощью самописцев момент трения и температура трения. Величина износа оценивалась по ширине лунки на плоском образце, образованной трением о цилиндрический ролик.

При трении по схеме «ролик-плоскость» условия соприкосновения трущихся поверхностей соответствуют контакту цилиндра с конформной лункой на плоскости, увеличивающейся по глубине и ширине за счет изнашивания и пластического деформирования. Происходящее при этом увеличение площади контакта конформных поверхностей воспроизводит процесс макроприработки, характеризующийся повышением контурной площади контакта A_c . При этом размеры локального пластического контакта по вершинам микронеровностей, представляющего фактическую площадь контакта A_r , также увеличиваются. Учитывая, что увеличение A_r происходит исключительно за счет увеличения ширины лунки, с достаточной точностью можно принять отношение A_r/A_c постоянным для всех ступеней возрастающей нагрузки. Отсюда следует, что рост опытных значений контурного давления q не может быть обусловлен ни чем, кроме роста величины давления текучести поверхностного слоя.

Секция 18. Техносферная безопасность

Такой вывод подтвердился изменением микротвердости HV с ростом действующего контурного давления для сплава АО20-1. Микротвердость измерялась путем внедрения алмазного наконечника микротвердомера ПМТ-3М (пирамиды Виккерса) непосредственно в поверхность трения в середине лунки. Установлено, что за весь цикл повышения нагрузки вплоть до максимального значения повышение HV (пропорциональное пределу текучести) довольно значительно. Однако действующее давление q (и, следовательно, текущая несущая способность) для модифицированного образца весь период испытания существенно превышала действующее давление для базового образца. Поэтому оставалась невыясненной природа создания накатыванием более высокого значения контурной несущей способности для модифицированного образца.

Для ее раскрытия проводилось изучение характера распределения HV по глубине поверхностного слоя методом «косого шлифа». Оказалось, что для модифицированного образца характерно более глубокое распространение фрикционного упрочнения (рис. 1). Следовательно, более высокую несущую способность модифицированного образца обеспечивал более увеличенный, по сравнению с базовым образцом, объем материала, претерпевший пластическую деформацию при трении и, следовательно, фрикционное упрочнение. Отсюда следует, что несущую способность трибоповерхности обуславливает не только уровень давления текучести и наличие градиента сдвиговых сопротивлений, но и в значительной степени глубина фрикционного упрочнения.

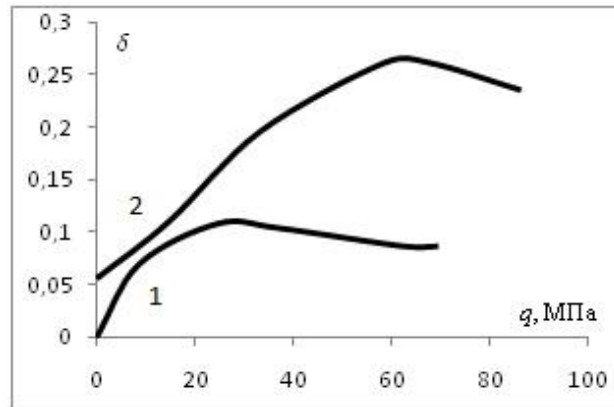


Рис. 1. Изменение глубины распространения фрикционного упрочнения δ поверхностного слоя от давления q для сплава АО20-1 (1 – базовый образец, 2 – модифицированный образец)

Опыты показали, что модифицированием достигнуто снижение износа до 3-х раз, сокращение длительности приработки до 3-х раз и повышение давления заедания до 1,5 раз.

Зимин А.И., Суменков А.Л.

Новомосковский институт (филиал) Российского химико-технологического университета им.

Д.И. Менделеева

301650 г. Новомосковск Тульской обл., ул. Дружбы, 8, НИ РХТУ

Zimin1951@yandex.ru

Применение струйного напыления порошкового полимера для защиты металлической трубы от коррозии

Металлические трубы широко используются в промышленности и в коммунальном хозяйстве, всюду, где они эксплуатируются, есть вещества, которые взаимодействуя с металлами постепенно их разрушают. Возникающая вследствие этого дефицитность металлов вообще, и в особенности нержавеющей стали, специальных сплавов и цветных металлов резко увеличивает значение применения защитных покрытий и футеровок из неметаллических материалов. При этом использование органических полимеров, особенно в виде тонких слоев, благодаря их высокой химической стойкости, представляет особый интерес. На первое место выходят термопластичные полимеры, поскольку именно к этой группе относятся наиболее химически стойкие и наименее диффузионнопроницаемые полимеры: фторопласты, полиолефины, хлорсодержащие термопласты.

Защитные покрытия из термопластов используются, как правило, в виде адгезионных соединений. Однако роль полимерных слоев в формировании адгезионных соединений в некоторых случаях неодинакова представляется, что применительно к покрытиям точнее говорить об адгезионной способности полимерного слоя, а в случае футеровок - об его адгезионной восприимчивости, поскольку при получении покрытия полимер активно участвует в установлении адгезионной связи, а при футеровании активную роль в обеспечении контакта выполняет клей.

Расчеты показывают, что теоретическое значение адгезионной прочности в системе полимер- металл должно достигать 200- 1200 Мпа. Однако экспериментально определяемая адгезионная прочность значительно ниже и, как правило, не превышает 10- 40 Мпа. Физико-механические, адгезионные и противокоррозионные свойства покрытий определяются не только свойствами исходных полимерных материалов, но и в значительной мере технологическими режимами получения на их основе покрытий.

На основе опытов и технических решений была разработана технологическая схема нанесения покрытия из полиэтилена высокого давления (ПЭВД) на трубы длиной до 6 метров диаметром от 50 миллиметров. Предлагаемый нами процесс осуществляется на простом оборудовании, стоимость которого невелика. Кроме того, предлагаемый процесс допускает варьирование толщины напыляемого слоя и диаметра трубы.

Процесс создания покрытия состоит из трех стадий: 1- подготовка внешней и внутренней поверхности трубы, включающая ее очистку и создание ювенильной поверхности; 2- нанесение на внешнюю и внутреннюю поверхности трубы слоя порошкового полимера; 3- оплавление полимерного слоя в муфельной цилиндрической печи, формирование покрытия.

Для повышения эффективности процесса нанесения порошкового термопласта применялась его предварительная электризация. Использовался способ зарядки порошка в поле коронного разряда, при этом достигалась высокая степень зарядки, близкая к теоретически возможной. Однако, данный метод требует использования высоковольтных источников напряжения (до 80 кВ) и создания электрических полей высокой напряженности, это создает дополнительные сложности в процессе эксплуатации и увеличивает энергоемкость процесса. Гораздо более технологичным оказался способ зарядки порошкового термопласта методом трибоэлектризации, основанный на образовании разнополярных зарядов на поверхности материалов с различными физико- химическими свойствами при их механическом взаимодействии. В нашем случае газодисперсный поток с порошком ПЭВД пропускаться через устройство, позволявшее частицам порошка контактировать с фторопластовыми поверхностями, это позволяло им приобретать значительный электрический заряд.

Лобанов Н.Ф.
 Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева
 301665, Тульская область, г. Новомосковск, ул. Дружбы, 8
 k_ohp@dialog.nirhtu.ru

Газотермическое напыление активированных оксидных порошков

Целью экспериментального исследования являлось рассмотрение возможности повышения качества плазменного покрытия и экономичности процесса напыления за счет воздействия электрического поля на трибозаряженный (после питателя) оксидный порошок. Внешнее электрическое поле от независимого источника «накладывалось» на дистанцию напыления между срезом анода и деталью. Эксперименты проводились на базе серийной установки плазменного напыления УПУ-3Д с использованием порошка типа корунд с диаметром частиц 60-80 мкм, наносимого на прогретые до 90-120 ° цилиндрические образцы с D= 0,04 м, изготовленные из стали Ст.45. Поверхность всех образцов перед напылением обрабатывалась чугунной дробью, а параметры работы модернизированного плазматрона-распылителя были стабилизированы.

Напыляемый порошок подавался радиально на срез анодного сопла плазматрона с электрической мощностью 15-16 кВт. Расход плазмообразующего газа (смесь аргона и азота) был равен 2,5-2,8 м³/час, массовый расход порошка – 0,03-0,04 кг/мин. При дистанции напыления – около 0,1 м при толщине напылённого слоя от 0,25 до 0,4 мм. Коэффициент использования напыляемого материала (КИП) рассчитывался как:

$$k = \left(1 - \frac{\Delta M_{ГТН}}{dM_0 \cdot \tau} \right)$$

где dM_0 – секундный расход питателя порошка, $\Delta M_{ГТН}$ – прирост массы образца с напылением, τ – время напыления.

Зарядка порошка осуществлялась при трении частиц о внутреннюю поверхность при подаче через фторопластовую трубку диаметром 3мм и длиной около 2 м. Наличие заряда на порошке определялось по току электризации изолированного участка зарядного канала. Было установлено, что порошок приобретает положительный заряд так же, как и в условиях коронного разряда при напряженности внешнего поля 40 кВ/см. В опытах напряженность электрического поля между заземлённым анодом плазматрона и отрицательно заряженной деталью ступенчато варьировалась в диапазоне от 0 до 1 кВ/м.

Из таблицы видно, что процесс нанесения порошкового материала в постоянном электрическом поле (с подачей дополнительного отрицательного потенциала на деталь) позволяет получить повышение адгезии покрытия на 20-25% и увеличение коэффициента использования порошка (КИП) в 1,3-1,7 раза. Положительный эффект по адгезии вероятно достигается за счет разрушения окисной пленки на стальной основе образца из-за некоторого ускорения заряженных частиц, скорость которых в зоне торможения увеличивается. Это повышает долю частиц порошка прочно сцепляющихся с обрабатываемой поверхностью. Следует отметить, что трибоэлектрическая зарядка напыляемого порошка более экономична и безопасна, чем в коронном разряде. Но уровень накопленного положительного заряда при течении непроводящего порошка при увеличении длины полимерной трубки выше 2 м неизбежно стабилизировался. Недостаточный уровень зарядки порошка в аспекте прироста скорости твёрдых частиц можно компенсировать увеличением «ускоряющего» электрического поля. Однако при значениях напряженности более 1,0 кВ/см процесс становился неустойчивым, что приводило к появлению следов эрозии на детали.

Таблица -Результаты плазменного напыления поверхностно-заряженного порошка в электрическом поле

№ п/п	Напряженность поля E, [кВ/см]	Коэффициент использования порошка, %	Прочность сцепления [кг/см ²]	Примечания
1.	0	41	92	
2.	0	41	93	
3.	0	42	93	
1.	0,08	44	96	С зарядкой исходного порошка
2.	0,15	51	104	
3.	0,75	68	112	
4.	1,0	72	119	
5.	1,2	75	121	Процесс не стабилен

Как следует из представленных экспериментов (таблица) положительный эффект по приросту степени использования порошкового материала (КИП) носит более управляемый и устойчивый характер.

Лодыгина Н.Д.
Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета
602264, г. Муром Владимирской обл., ул. Орловская, 23
E-mail: nina.lodygina@yandex.ru

Расчет ленточного фундамента на сплошном упругом основании

В инженерной практике часто встречаются балки, лежащие на сплошном упругом основании. Упругое основание деформируется под действием веса балки и расположенной на ней нагрузки и при этом оказывает упругое противодействие прогибу. К таким балкам могут быть отнесены шпалы железнодорожного пути, ленточные фундаменты различных сооружений, передающие нагрузку на грунт, фундаменты плотин. Расчет балки на упругом основании не может быть выполнен с помощью уравнений статики. Эта задача является статически неопределимой, в которой внутренние усилия не могут быть найдены без рассмотрения деформаций [1]. Уравнение статики позволяет найти только суммарную реакцию со стороны основания и не дает возможности определить закон распределения реакции по длине балки. Величина реакции в каждой точке зависит от прогиба балки, а прогиб балки в свою очередь зависит от реакции со стороны основания.

Для решения задачи обычно принимаются гипотезы, связывающие величины реакций с осадкой основания. Одной из наиболее распространенных гипотез является гипотеза о пропорциональной зависимости между реакцией и осадкой основания. Такая гипотеза относительно свойств грунта, впервые была предложена Н. И. Фуссом в 1801 году и в применении к балкам на упругом основании использована Е. Винклером. Согласно этой гипотезе реакция основания в каждой точке пропорциональна упругой осадке в этой точке. Следовательно, реакция упругого основания в данной точке пропорциональна величине ее просадки и не зависит от величины просадок соседних точек.

Иными словами, чем больше прогиб, тем больше и реактивное сопротивление. Таким образом, реакция упругого основания по отношению к балке представляет собой изменяющуюся по длине балки равномерно распределенную нагрузку.

Расчет балок на упругом основании проведен с применением метода начальных параметров. Преимущество этого метода заключается в том, что для любого вида нагрузки и любого способа закрепления концов балки уравнение изогнутой оси балки на упругом основании содержит только четыре начальных параметра, которыми являются прогиб, угол наклона, изгибающий момент и поперечная сила в каком-либо поперечном сечении балки, принимаемом за начало координат. Причем два из этих параметров всегда известны, а для нахождения двух других необходимо решить систему двух линейных уравнений с двумя неизвестными.

В работе рассматривается ленточный фундамент на сплошном упругом основании с нагрузкой, равномерно распределенной по всей его длине. Нагрузка представляет собой вес сооружения и фундамента. Расчет напряжений и перемещений сечений для ленточного фундамента по всей его длине проводился по методу начальных параметров. Проведен расчет наибольших напряжений ленточного фундамента с учетом карстового провала. Напряженное состояние и деформация ленточного фундамента на упругом основании зависит от нагрузки и жесткости фундамента и упругого основания.

Литература

1. Александров А.В., Потапов В.Д., Державин Б.П. Сопротивление материалов: Учеб. для вузов. – М.: Высш. Шк., 1995. -560 с.: ил.

Суменков А.Л., Зимин А.И.

*Новомосковский институт (филиал) Российского химико-технологического университета
имени Д.И. Менделеева»*

*301650, г. Новомосковск Тульской обл., ул. Дружбы, 8, НИ РХТУ
asumenkov@dialog.nirhtu.ru*

Структурно-механические свойства новых материалов

Существенный рост научных исследований и производства в области получения новых нанодисперсных материалов определяется их качественно лучшими характеристиками по сравнению с «традиционными» материалами. Известно, что при значительном уменьшении размера частиц наноматериалов у них проявляются такие характеристики, которые имеют существенные отличия от характеристик, как атомов, так и широко используемых материалов. Значительное уменьшение размеров нанодисперсных материалов приводит к снижению температуры и повышению скорости спекания и плавления, появлению неравновесных фаз, увеличению однородности и плотности покрытий и конструкционной керамики. Кардинально меняются механические свойства нанодисперсных материалов по сравнению с используемыми материалами: повышаются твердость (до 7 раз), предел прочности (до 8 раз), предел текучести (до 3 раз), выражаются эффекты пластичности у керамики, сверхпластичности у металлов и т.д.

Наноматериалы используются в виде наноструктурных покрытий, наночастиц, нанопленок. В машиностроении, например, применяют, в основном, объемные наноструктурные материалы, порошковые материалы и комплекующие наноизделия.

Одним из порошковых наноматериалов является диоксид титана. Он относится к числу материалов, применяемых широко, как в «традиционном», так и в наноструктурном виде. Благодаря своим свойствам двуокись титана используется при производстве товаров различного назначения. Так, более 50% всего объема диоксида титана идет на изготовление товаров лакокрасочной отрасли (титановые белила), поскольку диоксид обладает отличными красящими свойствами. Это: краски, лаки и эмали, смеси и растворы для грунтования, шпаклевки, штукатурки, цементирования, а также полиуретановые и эпоксидные покрытия, в том числе и для древесины. Более 20% объема производства двуокиси титана потребляется для изготовления пластических масс с высокими термическими свойствами и изделий на их основе. Около 14% используется при производстве бумаги. Диоксид титана химической чистоты 99,9998% применяется при производстве оптоволоконных изделий, медицинского оборудования, в радиоэлектронной промышленности. Также соединение может использоваться как катализатор в химическом и фармацевтическом производстве для получения специфических промежуточных продуктов.

При получении и переработке нанодисперсных порошков могут использоваться такие механические процессы, как дозирование, транспортирование, прессование, измельчение, смешение и др. Качество проведения этих процессов определяется механическими свойствами, прежде всего, слипаемостью (аутогезией) коэффициентами внутреннего и внешнего трения. На механические свойства оказывают влияние фазовый и дисперсный состав порошков, температура, влажность, давление окружающей атмосферы. В связи с этим появляется возможность получать нанодисперсные материалы с заранее заданными свойствами, что, в свою очередь, расширяет перспективы разработки технологии управления свойствами новых материалов, повышающей их эксплуатационные характеристики.

Целью работы являлось исследование влияния температуры на слипаемость нанодисперсных порошков. Объекты изучения – плазмохимические порошки диоксида титана со средним размером частиц от 0,2 до 1,0 мкм. Применялся метод отрыва пластины со связкой.

Выяснено, что слипаемость нанодисперсных порошков TiO_2 возрастает с ростом температуры, при этом наблюдается четко выраженный минимум.

Получено подтверждение возможности получения наноматериалов с заранее заданными механическими свойствами и перспективность оптимизации процессов синтеза и дальнейшего использования новых материалов (наносистем) в радиоэлектронной промышленности, машиностроении, строительстве, химической и других отраслях промышленности.

Вибрационная устойчивость процесса выглаживания металлов.

При обработке методами поверхностного пластического деформирования при определенных условиях появляются вибрации системы деформирующее устройство - деталь. Для определения частот колебаний выглаживающей системы проведены экспериментальные исследования частоты колебаний в зависимости от технологических факторов обработки выглаживанием. Исследовался диапазон скоростей от 15 до 150 м/мин; подач от 0,018 до 0,1 мм/об. Усилие выглаживания в пределах 50 Н, диаметр индентора $\varnothing 5$ мм. Диаметр заготовки $\varnothing 80 \dots 150$ мм (материал Д16Т). В результате проведения экспериментальных исследований замерялась частота вибраций технологической системы. Результаты приведены в таблице.

Частоты колебаний выглаживающей системы при обработке

Скорость обработки, м/мин	Подача, мм/об	Частота колебаний, Гц
17,75	0,018	Нет
22,5	0,018	Нет
28	0,018	Нет
35,5	0,018	Нет
45,5	0,018	Нет
56	0,018	Нет
70	0,018	1858
70	0,023	1724
70	0,027	1923
70	0,032	1852
70	0,036	2125
70	0,045	2039
70	0,054	1922
70	0,064	1829
70	0,072	10* (частота очагов вибраций)
70	0,080	Нет
90	0,080	1723
112	0,080	1900
140	0,080	1934 (206)**
* Вибрации протекают лишь в местах максимального биения, постепенно увеличиваясь по дуге цилиндра в направлении подачи		
** Появляются колебания более низкой частоты и суммируются с установившимися колебаниями (частота указана в скобках)		

Установлено, что частота вибраций не зависит от технологических факторов обработки и остается практически постоянной при изменении материала заготовки. Частота колебаний при обработке деталей из меди, АЛ 99,999%, сплава Д16Т составляет 1800 ... 1950 Гц.

Значит, если частота не зависит от технологических факторов обработки, геометрических характеристик заготовки, материала заготовки, то это частота собственных колебаний деформирующего устройства.

Можно проследить (см. таблицу), что при увеличении подачи до уровня 0,08 мм/об прекращаются вибрации, а при увеличении скорости до 90 м/мин возникают вновь. Из этого можно заключить, что для любой скорости обработки имеется подача, при которой появляются вибрации. Это явление можно объяснить величиной перекрытия следов обработки индентора.

Таким образом, на устойчивость процесса резания влияют следующие характеристики:

- характеристики выглаживающего устройства;

Секция 18. Техносферная безопасность

- коэффициент перекрытия следов обработки или подача (Чем больше коэффициент перекрытия, тем при меньшей скорости начнутся вибрации).
- Отсюда вытекают следующие рекомендации:
- для достижения хорошего качества поверхности индентор должен быть возможно большего диаметра;
- для исключения вибраций подача должна быть возможно максимальной;
- для достижения необходимой производительности скорость обработки должна быть возможно максимальной.

Несмотря на кажущуюся противоречивость этих рекомендаций, рациональное их сочетание позволяет добиться хороших результатов при обработке вязких пластичных материалов в условиях граничного трения.

Телков И.А., Лазуткин С.Л.
Муромский институт Владимирского государственного университета
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, д. 23
E-mail: telkoviv@yandex.ru

Общность технологических задач при обработке хрупких и пластичных материалов

Процессы обработки различных материалов, таких как металл, дерево, смеси из минералов и металлических порошков имеют значительные различия из-за физико-механических свойств объектов. Однако, процессы, происходящие при обработке таких материалов давлением, во многом сходны между собой и позволяют выявить общность подходов к ним.

Явления, имеющие место при контакте тел, во многом определяются свойствами материалов, из которых они изготовлены, а также состоянием их поверхностных слоев. Считается, что при контакте нагруженные участки поверхностей получают энергетические воздействия на уровне разрушения структурных связей. Однако в реальной действительности доля энергии, создающей разрушение, снижается в очень значительной степени. Это снижение обусловлено диссипативными свойствами поверхностных структур (диссипативных структур).

Все твердые материалы делятся на кристаллические и аморфные. Однако, с физической точки зрения твердыми телами могут считаться только кристаллы. Их атомы располагаются в узлах регулярной пространственной структуры - кристаллической решетки, структурной единицей которой является элементарная ячейка.

Аморфные вещества, в отличие от кристаллических, имеют ближний порядок в расположении молекул, который становится хаотическим при удалении от данной молекулы на несколько диаметров. У таких веществ отсутствует точка плавления. Они изотропны. Течение, как и у жидкостей, происходит при любой нагрузке и резко интенсифицируется с повышением температуры, поэтому они не обладают пределом текучести. Напряжения и деформации являются функциями нагрузки, времени и температуры.

Атомы и другие частицы, находящиеся внутри тела, взаимодействуют при наиболее плотной укладке с соседними. Результирующая всех сил взаимодействия стремится к нулю. Для частицы, находящейся на поверхности, взаимодействие не уравновешивается и направлена внутрь тела. Иначе говоря, некая сила действует на граничную молекулу. Поэтому, поверхностная частица обладает избыточной энергией по сравнению с внутренними (поверхностной энергией).

Наличие нескомпенсированных связей у граничных частиц приводит к оседанию на поверхности частиц окружающей среды, что снижает запас поверхностной энергии. Процесс поглощения поверхностью частиц называют адсорбцией. Поверхность в разных точках имеет разную поверхностную энергию. Микродефекты обладают повышенной адсорбционной активностью. За счет физической адсорбции на поверхности молекулы газов и воды оседают в первую очередь на активных участках - центрах адсорбции.

Сорбированные частицы образуют пленки. Свойства пленок могут существенно отличаться от свойств материала основы. Наиболее важными являются коэффициент теплового расширения, хрупкость, прочность. Из-за различия в свойствах пленки могут растрескиваться и отслаиваться, что существенно влияет на интенсивность разрушения.

Особое значение имеет физическая адсорбция молекул поверхностно-активных веществ (ПАВ). ПАВ, адсорбированные на поверхности твердого тела, способны уменьшать сопротивление пластической деформации поверхностного слоя, пластифицируют его. Это явление называют эффектом П.А. Ребиндера. Материал легче обрабатывается, поэтому в состав смазочно-охлаждающих жидкостей, применяемых при механической обработке металлов, добавляют ПАВ. Вторым проявлением эффекта является проникновение молекул ПАВ в систему микротрещин и места скопления дислокаций. Добираясь до устья микротрещины, молекулы ПАВ, стремясь к началу устья, действуют как клин, раздвигают микротрещину, и она продвигается дальше внутрь материала. Так понижается прочность всего тела, которое при определенных условиях без силового воздействия может распасться на мелкие блоки.

С геометрической точки зрения тело делимо до бесконечности, но тела физические имеют предел делимости. Например, разделяя гранитный массив на более мелкие агрегаты, можно получить элементарные составляющие, которые уже не представляют собственно гранит, а

Секция 18. Техносферная безопасность

слюду, ортоклаз или кварц (составные части гранита). В случае с грунтом, в конце концов получим частицы песка и коллоидальные частицы, различающиеся по форме, физическим свойствам и химическому составу, для стали получают частицы различных свойств с различным содержанием углерода и пр.

Взаимное перемещение частиц, приводящее в конечном счете, к их более плотной переупаковке и получению более плотной структуры сводится к полному или частичному разрушению связей между ними. Наиболее прямым путем разрыва связей между двумя любыми агрегатами явилось бы создание в зоне их контакта напряжения растяжения, достаточного для образования начальной трещины и последующего разрыва. При этом, в пластичных материалах, взаимное перемещение агрегатов и частиц легче происходит от касательных напряжений, вызывающих сдвиговые деформации, а в хрупких – от напряжения разрыва.

В процессе энергообмена, сопровождающего технологическое воздействие на материал происходит накопление внутренней энергии, что приводит к росту напряжений и температуры. При этом происходит переход элементарных ячеек на новый энергетический уровень взаимодействия (рис.3). Согласно закону о сохранении энергии можно записать:

$$E_{под} = E_{погл} + \Delta E, \quad (1)$$

где $E_{под}$ – количество подведённой энергии в материал; $E_{погл}$ – энергия поглощённая материалом; ΔE – диссипативные потери.

Диссипация предполагает, что не вся подводимая энергия рассеивается, часть её остаётся в поверхностном слое материала. При этом следует создать условия для того, чтобы оставшуюся часть энергии использовать на осуществление фазовых превращений, появления новых фаз, изменение сплошности, шероховатости, химической неоднородности, твердости, коэффициента трения и пр.

Очевидно, что количество поглощаемой энергии разными материалами определяется гравитационными и электромагнитными взаимодействиями между элементарными ячейками и, в конечном счёте, имеет наследственную природу. При этом система переходит на новый стационарный уровень.

Тогда

$$E_{под}^n = E_{погл}^{n-1} + \Delta E, \quad (2)$$

где $E_{под}^n$ – подводимая к материалу энергия необходимая для перевода на следующий энергетический уровень; $E_{погл}^{n-1}$ – накопленная материалом энергия при предыдущем энергетическом воздействии.

Если при воздействии на материал количество подводимой энергии будет меньше чем существующий энергетический уровень взаимодействия элементарных ячеек, то условие перевода на другой энергетический уровень не будет выполняться, и подведённая энергия рассеется. С другой стороны, если $E_{под} \gg E_{погл}$, то начнётся процесс разрыва связей между элементарными ячейками и в материале начнутся фазовые и структурные изменения - материал начнёт разрушаться.

Таким образом, важное значение приобретает дозировка и локализация вводимой в обрабатываемый материал энергии. При этом физическое состояние материала характеризуется уровнями энергии взаимодействия элементарных ячеек последнего. Их состояние определяет эффективность оборудования и технологии его применения. В связи с этим существует необходимость выбора вида и характера энергетического потока и его наиболее рациональное сочетание с распределением общего энергетического поля между механической, физической и химической составляющими. Этот выбор и управление можно осуществить по критерию интенсивности поглощения энергии обрабатываемым материалом при его нагружении.

Шибаршин Д.А., Титов А.С., Силантьев С.А.
Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета
602264, г. Муром Владимирской обл., ул. Орловская, 23
E-mail: ppsio@ya.ru

Исследование прочностных характеристик деформирующего инструмента при статико-импульсной обработке

В ходе эксплуатации деталей машин поверхностный слой, находящийся в зоне повышенных нагрузок с течением времени начинает терять свои первоначальные свойства. На поверхности образуются сколы, трещины, неровности. Поверхностное пластическое деформирование - вид отделочно-упрочняющей обработки, при котором не образуется стружка, а происходит упругопластическое деформирование поверхностного слоя заготовки. При ППД происходит поверхностное упрочнение - повышение сопротивляемости материала или заготовки, то есть разрушение или остаточная деформация путем изменения свойств поверхностного слоя.

Известны три основных типа ППД: статические (обработка происходит под действием неизменяющейся силы - такие как накатка, раскатка, выглаживание), динамические (воздействие осуществляется периодическими ударными импульсами – такие как дробеструйная обработка, чеканка) и комбинированные (наряду с приложением статической нагрузки осуществляется дополнительное воздействие ударными импульсами).

ППД имеет ряд преимуществ: сохраняет целостность волокон, образует мелкозернистую структуру поверхностного слоя; имеет отсутствие термических дефектов; стабилизирует процесс обработки; обеспечивает качественную поверхность; создает минимальный параметр шероховатости как на термически необработанных сталях, цветных сплавах, так и на высокопрочных материалах; уменьшает шероховатость поверхности в несколько раз за один рабочий проход; создает микронеровности с большей долей опорной площади; создает благоприятные сжимающие остаточные напряжения в поверхностном слое; стабилизирует микротвердость поверхности.

Как правило в качестве инструмента при ППД используют тела вращения, такие как: стержневой ролик, профильный ролик, шар с принудительной осью вращения или без нее, дорн с не режущими кольцами, либо инденторы, такие как боек-чекан различного профиля.

Основными параметрами при упрочнении ППД являются степень упрочнения и глубина упрочнения. В ряде случаев, в соответствии с условиями эксплуатации детали необходимо получение поверхностного слоя с высокой поверхностной твердостью, приближающейся к твердости самого инструмента, при этом актуален как вопрос износостойкости инструмента, так и вопрос работоспособности инструмента, определяющийся прочностными характеристиками.

Одним из комбинированных методов является статико-импульсная обработка (СИО). Процесс СИО осуществляется следующим образом: Импульс генерируется при ударе подвижным бойком, совершающим возвратно-поступательное движение с высокой частотой о волновод, на котором закреплен деформирующий элемент в виде шара или ролика непосредственно воздействующий на обрабатываемую поверхность. Инструмент в процессе работы испытывает ударные нагрузки, статические нагрузки, кроме того деформирующая поверхность изнашивается вследствие скольжения, адгезии и микросваривания. Для комбинированных методов ППД в настоящее время недостаточно разработан вопрос расчета деформирующего инструмента.

Расчет деформирующего инструмента предполагается провести с помощью современных методов моделирования методом конечных элементов. Однако износостойкость инструмента трудно поддается расчету. Для определения износостойкости требуется проведение дополнительных экспериментальных исследований.