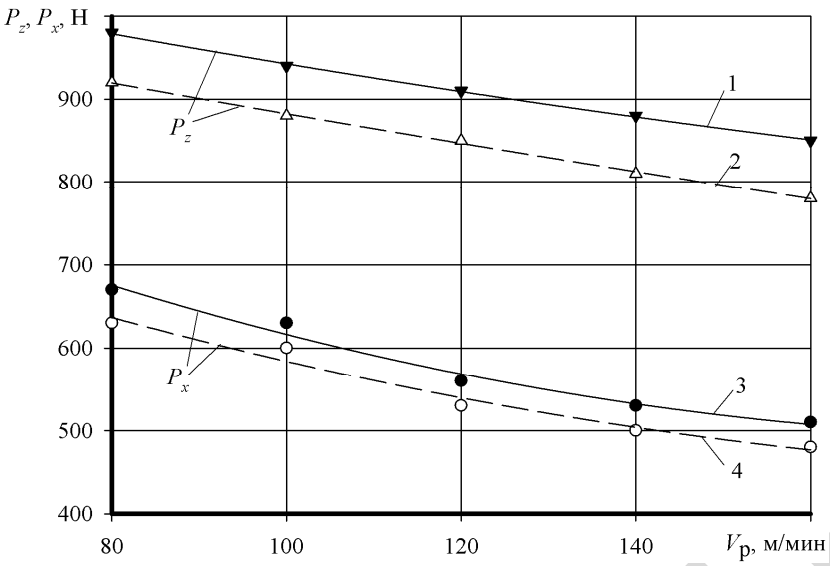

Рис. 3. Зависимости составляющих сил резания P_x и P_z
от скорости резания $V_р$ при традиционном и вибрационном точении:
1, 3 – традиционное точение (t_p = 1,5 мм; S_o = 0,25 мм/об); 2, 4 – вибрационное точение

ЛИТЕРАТУРА

1. Подураев, В. Н. Автоматически регулируемые и комбинированные процессы резания / В. Н. Подураев. – М. : Машиностроение, 1978. – 304 с.
2. Каштальян, И. А. Физические параметры кинематически нестабильных режимов резания на токарных ГПМ / И. А. Каштальян // Материалы, технологии, инструменты. – 2003. – № 2. – С. 63 – 67.

УДК 621.787: 621.91

РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАСЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

В. Ю. Блюменштейн
Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, Кемерово

Представлены правила и направления научных исследований технологического наследования качества поверхностного слоя деталей машин.

В рамках механики технологического наследования сформулированы правила в категориях программ нагружения [1]:

1. Технологическое наследование проявляет себя в формировании наследственных программ нагружения в зависимости от наследственных очагов деформации, выступающих в качестве комплекса начальных и граничных условий при решении задач механики деформирования.

2. История нагружения описывается в категориях программ на предшествующих стадиях нагружения. Технологическое наследование на каждой последующей стадии проявляет себя через трансформацию программ нагружения.

3. Наследуемая программа нагружения «затухает» в соответствии с экспоненциальным наследственным законом, что проявляется в смещении ПН на диаграммах пластичности. Скорость накопления деформаций на каждом последующем этапе уменьшается в соответствии с экспоненциальным наследственным законом.

4. Формирование программ по стадиям в зависимости от истории нагружения (от накопленной или наследуемой степени деформации сдвига) описывается линейным интегральным уравнением второго рода:

$$\Lambda(\Pi) = \Lambda_0 + k\sum_{j=1}^{j=n}\left\{\int_{i=0}^{i=m}\left[\frac{1}{\Pi_{ij}}\cdot\frac{\Lambda_{ij}}{(-45,2)\exp(-(\Lambda(\Pi_i))^2/0,28}\right]\Lambda(\Pi_i)d\Pi\right\},$$

где Λ – степень деформации сдвига, накопленная к данному моменту времени;

i – номер квазимонотонного этапа;

j – номер стадии нагружения;

$\Lambda(\Pi_i)$ – программа нагружения на текущем квазимонотонном этапе;

Λ_{ij} и Π_{ij} – соответственно степень деформации сдвига и показатель схемы напряженного состояния в конце текущего квазимонотонного этапа нагружения.

5. Остаточное напряженное состояние наследственно зависит от суммарных (накопленных) значений степени деформации и степени исчерпания запаса пластичности.

Технологическое наследование в механической постановке – это взаимодействие различных программ последовательного нагружения со все уменьшающимся очагом деформации, когда накопление дефектов на каждом последующем этапе происходит в условиях более «жестких» схем нагружения, чем на предшествующем.

Технологическое наследование – закономерность, характеризующая способность предшествующих программ нагружения оказывать влияние на формирование программ нагружения на последующих стадиях, и являющихся следствием определенной истории нагружения металла поверхностного слоя изделия.

Автор считает, что развитие основных положений теории технологического наследования имеет научную перспективу, а аналитические и экспериментальные исследования в этом направлении, в том числе, в наношкале позволяют уточнить разработанные математические и эмпирические модели, пополнить базу данных технологического наследования и выйти на уровень реального автоматизированного проектирования.

К числу важнейших задач автор относит следующие.

1. Развитие теории формирования и трансформации состояния поверхностного слоя на стадиях обработки и эксплуатации деталей машин. Основными элементами теории являются: эволюционность, описание непрерывного формирования поверхностного слоя на стадиях механической

PolotskSU

обработки с учетом истории нагружения; достоверные модели экспериментальной оценки запаса пластичности металла в зависимости от истории нагружения; физические закономерности накопления деформации и исчерпания запаса пластичности при сложных немонотонных нагружениях; унифицированные модели и физические закономерности течения металла в очагах пластической деформации; закономерности и взаимосвязи характеристик металла поверхностного слоя в макро-, микро- и нанометровом диапазонах.

2. Развитие представлений о наследственной механике резания и поверхностного пластического деформирования (ППД), а именно: развитие задач механики упрочняемого тела, в том числе, в объемной постановке; исследование и моделирование программ с учетом истории нагружения; топологическая и физическая 3D-характеризация поверхности (морфология, текстура, шероховатость, фазовый состав) в наношкале; оценка твердости, закономерностей и механизмов пластической деформации в наношкале; моделирование повреждений структуры и износа в нанометровом диапазоне; применение методов непрерывного измерения жесткости (CSM), оценка микроструктуры и механизмов локальной деформации в наношкале; наноскрэтчинг, исследование пластического волнообразования (pile-up) и очагов локальной пластической деформации, моделирование процессов резания и ППД и накопления пластической деформации в наношкале.

3. Развитие теории формирования и трансформации остаточного напряженного состояния в наследственной постановке, для чего расчеты (моделирование) тензора остаточных напряжений в упрочненном изделии с учетом пластической, упругой и тепловой составляющих на основе использования МКЭ, в том числе, в объемной постановке; наноиндентирование, определение тензора остаточных напряжений и его связи с основными механическими характеристиками; исследование закономерностей релаксации компонент тензора остаточных напряжений в процессах эксплуатации, в том числе, в нанометровом диапазоне; экспериментальные исследования показателя схемы напряженного состояния с учетом релаксации остаточных напряжений, в том числе, с использованием физических методов контроля упрочненного материала.

4. Развитие представлений о наследственной механике усталостного нагружения, в том числе: аналитическое и экспериментальное описание накопления малых (неупругих) деформаций и исчерпания запаса пластичности в каждом цикле усталостного нагружения с использованием наноразмерных методов и средств контроля; исследование закономерностей накопления предельных деформаций в точке вероятного разрушения металла поверхностного слоя в наследственной постановке; наноиндентирование, реализация циклических испытаний в условиях многоциклового и малоциклового нагружения; наноиндентирование, определение трещи-

Polotsk SU

ностойкости приповерхностных слоев; исследование накопления деформаций и исчерпания запаса пластичности в устье усталостной трещины в категориях теории технологического наследования.

5. Развитие представлений о наследственных программах нагружения в наноразмерном диапазоне, классификация упрочняющих деформирующих процессов на основе метода энтропийного анализа.

6. Уточнение основных положений методики проектирования упрочняющих технологий, обеспечивающих ресурсосбережение в процессах изготовления и высокую долговечность в процессах эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Блюменштейн, В.Ю. Механика технологического наследования на стадиях обработки и эксплуатации деталей машин [Текст] / В.Ю. Блюменштейн, В.М. Смелянский. – М. : Машиностроение-1, 2007. – 400 с.

УДК 621.313

ДИАГНОСТИКА ГТУ ПО СПЕКТРАМ МОДУЛЯЦИЙ ИХ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ В РЕАЛЬНОМ МАСШТАБЕ ВРЕМЕНИ

Г. Н. Здор, В. Б. Тимошевич, И. Н.Северин
Белорусский национальный технический университет, Минск

Показана возможность контроля технического состояния газотурбинных установок (ГТУ) на газоперекачивающих станциях (ГПС) в реальном масштабе времени с использованием разработанного для поставленных задач программного продукта «Радиоспектр-1».

Газотурбинные двигатели широко используются в промышленности из-за их высокой эффективности, энергоемкости, возможности продолжительной работы, и к тому же они не требуют внешних источников электроэнергии. Их применяют в авиации, в составе мобильных электростанций небольшой мощности, в ГТУ в составе ГПС.

ГТУ в составе ГПС должны работать непрерывно в течение тысяч часов до плановой остановки на профилактику. Время от пуска до остановки определяется экспериментально и должно быть существенно меньше времени наработки на отказ в связи с серьезными затратами на ремонт, например, при оторвавшейся лопатке турбины. С другой стороны, при отсутствии серьезных повреждений безаварийный пуск остановленной турбины вовсе не гарантирован. Дело в том, что при увеличении частоты вращения турбокомпрессора, а затем и свободной турбины проходят величины, соответствующие резонансным частотам механических элементов ГТУ либо сопряженных с ней, как то опоры турбины и компрессора и другие корпусные детали. При этом