

при истечении жидкости из смесителя в атмосферу.

Результаты расчётов сопоставлены с результатами гидравлических испытаний (рис.1).

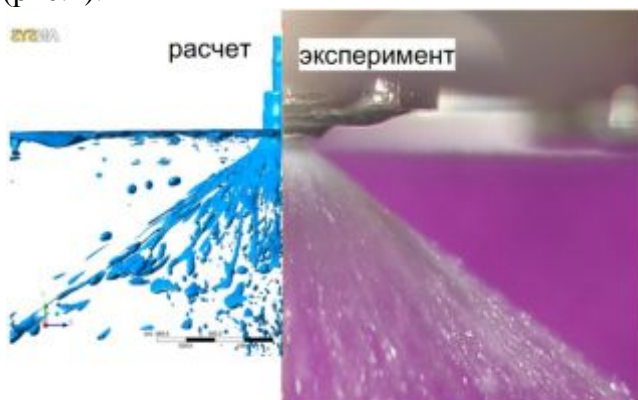


Рис.1. Сравнение результатов расчёта и эксперимента

Библиографический список

1. Дербенев М.А. К расчёту центробежной форсунки. Молодежный научно-технический вестник. Издатель ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Н. Э. Баумана». Эл № ФС77-51038., <http://sntbul.bmstu.ru/doc/555712.html>.
2. ANSYS CFX-Solver, Release 10.0: Theory. – ANSYS Europe Ltd, 2005. – 266 p.
3. Стернин Л.Е., Шрайбер А.А. Многофазные течения газа с частицами. / Л.Е. Стернин, А.А. Шрайбер. - М.: Машиностроение, 1994, 320 с. - ISBN 5-217-01797-X.
4. Гарбарук А.В. Моделирование турбулентности в расчётах сложных течений: учебное пособие / А.В. Гарбарук, М.Х. Стрелец, М.Л. Шур – СПб: Изд-во Политехн. Унта, 2012. – 88 с.

УДК 621.91.01.015

К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РАСЧЁТА ИЗНОСА ЗУБЬЕВ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ФРЕЗ

©2018 Б.М. Силаев, Д.В. Евдокимов

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

TO A QUESTION OF CYLINDRICAL MILL TEETH WEAR CALCULATION IMPROVEMENT

Silaev B.M., Evdokimov D.V. (Samara National Research University,
Samara, Russian Federation)

The possibility of developing a technique for calculating the wear of the flank surface of mills is shown on the basis of a generalized friction model, taking into account the entire complex of the main external factors acting and the physical and mechanical characteristics of the materials of the interacting surfaces of the tool and the workpiece. The calculated dependence of the wear values, the influence of some hard-to-consider factors is supposed to be taken into account by the experimentally determined proportionality coefficients and the index of the calculated ratio, has been proposed.

Согласно теории резания металлов [1,2] инструменты, работающие с малыми толщинами среза (такие, как цилиндрические фрезы, развёртки, резцы для чистового точения и др.) в основном изнашиваются по задней поверхности режущей части. В качестве критерия стойкости инструмента при фрезеровании принята величина износа по задней поверхности, при которой качество обработанной поверхности не удовлетворяет заданным требованиям. Вопросом изнашивания и износостойкости металлорежущих инструментов посвящено достаточно большое количество работ, среди которых можно назвать следующие [2,3,4]. Однако, совокупное

воздействие всех основных факторов на изнашивание поверхностей инструментов в процессе резания установлено не было, т.е. не учтён одновременный вклад каждого явления и каждого фактора в наблюдаемом суммарном износе инструмента.

В предлагаемом исследовании принята попытка разработки модели изнашивания задней поверхности зубьев фрезы на основе обобщённой модели трения и изнашивания при относительном перемещении контактируемых твёрдых тел [5,6]. Указанная математическая модель представляет собой общее решение задачи о трении и изнашивании поверхностей в виде концепции

открытой термодинамической системы-трибореактора, в котором происходят обменные процессы энергией, массой и количеством движения. Она показывает, что интенсивность изнашивания I_h определяется комплексом факторов, обуславливающих источники и стоки массы с поверхности трения, связанные с тангенциальным перемещением и деформированием среды; с явлениями диффузии из-за различия концентраций компонентов в различных точках движущейся среды, а также наличия термо- и бародиффузии, с наличием пространственной неоднородности в распределении температуры и переносом теплоты путём теплопроводности, конвекции и излучения, а также с химическими реакциями в зоне трения, с механическим отделением частиц среды и с взаимодействием среды с энергией других видов и др.

В агрегированном виде обобщённая математическая модель износа h поверхностей имеет вид [5]:

$$h = I_h L_T = K \left(\theta_s h_s / |\vec{j}| \right)^a L_T. \quad (1)$$

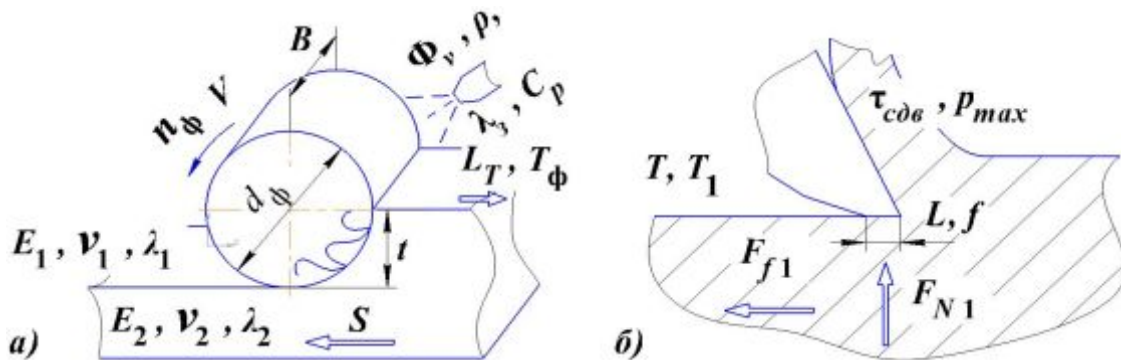


Рис. 1. Структурно-функциональная схема цилиндрического фрезерования (а) и трибосистемы по задней поверхности зубьев фрезы (б)

С учётом вышеизложенного обобщённая математическая модель (1) для рассматриваемого случая изнашивания зубьев фрезы по задней поверхности получена в следующем виде:

$$h = K \left[\left(\tau_s \nu_s / h_s + \gamma_d T_\sigma T_\varepsilon + \frac{1}{T_q} \sum |\vec{j}_q| |\nabla T| \right) h_s / \sum |\vec{j}_q| \right]^a L_T, \quad (2)$$

где τ_s и ν_s – касательные напряжения и скорость скольжения на задней поверхности зуба фрезы; γ_d , T_σ и T_ε соответственно, ко-

эффициент гистерезисный потерь, тензоры напряжений и скоростей деформации; ∇T и \vec{j}_q – градиент температуры и плотность потока (поток на единицу площади тепловой энергии), соответственно. В уравнении (1) $I_h = K \left(\theta_s h_s / |\vec{j}| \right)^a$ – интенсивность изнашивания поверхности, определяемая обобщённым безразмерным термокинетическим критерием изнашивания, характеризующим отношение производства энтропии θ_s в подвергаемом трибовоздействиям слое h_s твёрдого тела к изменению энтропии в указанном слое за счёт переноса её потоком $|\vec{j}|$; K, a – соответственно коэффициент пропорциональности и показатель степени, определяемые экспериментально; L_T – путь трения.

При адаптации обобщённой модели (1) к конкретному виду трибосопряжения необходимо решить вопрос о том, чтобы выделить ведущие процессы изнашивания, установить основные воздействующие факторы, определяющие контактное взаимодействие элементов трибосистемы. Для наглядного представления её функционирования составляется структурно-функциональная схема трибосистемы (рис. 1), на которой приводят все взаимодействующие элементы и параметры.

В уравнении (2) первый член показывает потери, связанные со скольжением в пределах площади контакта; второй член уравнения учитывает затраты мощности на деформирование материала контактной поверхности, т.е. с эффектом упругого гистерезиса; третий член связан с наличием про-

странственной неоднородности в распределении температуры вследствие переноса теплоты; знаменатель соотношения (2) выражает влияние изменения энтропии в поверхностном слое за счёт переноса теплоты путём теплопроводности, конвекции и излучения. Все величины, входящие в уравнение (2) в соответствии с рекомендациями [1,2] и др., можно выразить через известные параметры процесса фрезерования и контактного взаимодействия по задней поверхности фрезы с обрабатываемой деталью (см. рис. 1).

Таким образом можно констатировать, что полученное уравнение (2) включает в себя практически все элементы и параметры, определяющие комплексное влияние на процесс изнашивания задней поверхности зубьев фрезы при цилиндрическом фрезеровании.

Библиографический список

1. Клушин М.И. Резание металлов / М.И. Клушин – М.: Машгиз. 1958. – 454 с.

2. Макаров А.Д. Износ инструмента, качество и долговечность деталей из авиационных сплавов: учеб. пособие / А.Д. Макаров, В.С. Мухин, Л.Ш. Шустер – Уфа: Изд-во Уфимского авиационного института им. Орджоникидзе. 1974. – 272 с.

3. Грановский Г.И., Шмаков Н.А. О природе износа резцов из быстрорежущих сталей дисперсионного твердения // Вестник машиностроения. 1971. №11. С. 65-70.

4. Зорев Н.Н., Клауч Д.М., Батыров В.А. и др. О природе износа твёрдосплавного инструмента // Вестник машиностроения. 1971. №11. С. 70-73.

5. Силаев Б.М. Обобщённая модель процесса внешнего трения и изнашивания // Машиноведение. 1989. №2. С. 56-65.

Силаев Б.М. Термодинамические основы обобщённых модельных представлений процесса трения и изнашивания // Трение и износ. 2017. Т. 38 №6. С. 546-555.

УДК 621.671.22

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

©2018 А.Д. Максимов, Т.А. Чубенко, В.М. Зубанов

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

MODELING WORK PROCESS IN CENTRIFUGAL HIGH-PRESSURE PUMP OF A ROCKET ENGINE

Maximov A.D., Chubenko T.A., Zubanov W.M. (Samara National Research University,
Samara, Russian Federation)

The article presents the results of modeling work process in centrifugal high-pressure pump of a rocket engine. Received diagrams of dependence of fall and efficiency from the volume flow.

Современный ТНА мощного ЖРД представляет собой высоконагруженный энергетический узел, в котором нашли воплощение широкий круг научно-технических достижений и оригинальных конструкторских решений, обеспечивающих его надёжную работу, многократность включения, многократное использование, контроль и диагностику его состояния.

В настоящее время вычислительная гидрогазодинамика (Computational Fluid Dynamics – CFD) становится всё более популярным инженерным инструментом. Применение компьютерных технологий при создании ТНА и его элементов позволяет не только автоматизировать процесс разработки, но и повысить качество проектируемых изделий, существенно сократить сроки их создания и привести к снижению затрат на весь жизненный цикл. В данной статье приведены результаты моделирования рабочего процесса центробежного насоса горючего для подачи компонента в газогенератор жидкостного