

показаны результаты моделирования, полученные с помощью численного интегрирования методом Рунге-Кутты 4-го порядка уравнений (10).

Заметим, колебания происходят вблизи основного относительного угла увода равного 1,1. Для рассматриваемого случая $k_L = 1,13$.

Выводы

В рамках метода малого верчения [9] предложена механико-математическая модель колебаний подвески шасси пневмоколесной машины относительно заданным образом движущегося корпуса. Потенциально в системе возможны колебания шимми. В отличие от известных работ по шимми учтена боковая скорость корпуса и, как следствие, изучаемое движение происходит вблизи значительного угла увода пневмоколеса. Рассмотрен пример, относящийся к передней стойки шасси самолета. Наблюдаемые колебания обусловлены немонотонностью трения на шине пневмоколеса. В целом работа направлена на совершенствование математического моделирования динамики пневмоколесных машин.

Список літератури: 1.Келдыш М.В. Шимми переднего колеса трехколесного шасси [Текст] /М.В. Келдыш// Труды ЦАГИ, 1945. - №564. - 37 с. 2.Sura N.K. Closed-form analytical solution for the shimmy instability of nose-wheel landing gears [Текст]/ N.K. Sura, S. Suryanarayan// Journal of aircraft.- 2007.- Vol. 44, No 6. – P. 1985 - 1990. 3.Sura N.K. Lateral response of nonlinear nose-wheel landing gear models with torsional free play [Текст]/ N.K. Sura, S. Suryanarayan// Journal of aircraft.. - 2007.- Vol.44, No. 6. - P. 1991-1997. 4.Sura N.K. Lateral response of nose-whell landing gear system to ground-induced excitation [Текст]/ N.K. Sura, S. Suryanarayan//Journal of aircraft. – 2007.- Vol.44, No. 6. – P. 1998-2005. 5.Sura N.K. Stability and response studies on simplified modes of nose-whell landing gear with hard tires [Текст]/ N.K. Sura, S. Suryanarayan//Aerospace engineering division journal of the institution of engineers. – 2004.- Vol. 85. - P. 29-36. 6.Pacejka H.V. Tyre and vehicle dynamics [Текст]/ H.V. Pacejka. - Butterworth-Heinemann, 2006. - 642 p. 7.Журавлев В.Ф. О механизме явления шимми [Текст]/В.Ф. Журавлев, Д.М. Климов//Доклады РАН. – 2009.- Т.428, №6. - С.761-764. 8.Журавлев В.Ф. Теория явления шимми [Текст]/ В.Ф. Журавлев, Д.М. Климов// Изв. РАН. МТТ. – 2010.- №3. - С.22-29. 9.Шифрин Б.М. О математическом моделировании колебаний транспортных машин при уводе пневмоколес [Текст]/ Б.М. Шифрин //Восточно-европейский журнал передовых технологий, 2010, 6/9(48). С.29-39.

Поступила в редколлегию 12.05.2011

УДК 612.9-621.98

А.И. БЕЛОВОД, канд. техн.наук, доц., Полтавская государственная аграрная академия

В.В. ДУДНИК, асп., Полтавская государственная аграрная академия

А.В. КАНИВЕЦ, асп., Полтавская государственная аграрная академия

А.А. ДУДНИКОВ, канд. техн. наук, проф., Полтавская государственная аграрная академия

ВЛИЯНИЕ ТРЕНИЯ НА ИЗНАШИВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Розглянуті питання класифікації процесу зношування деталей машин під час тертя.

Ключові слова: поверхня контакту, довговічність, шорсткість, коефіцієнт тертя, вібраційне зміцнення, контактне тертя

Рассмотрены вопросы классификации процесса изнашивания деталей машин при трении.
Ключевые слова: поверхность контакта, долговечность, шероховатость, коэффициент трения, вибрационное упрочнение, контактное трение.

The questions of classification of process of wear of details of machines are considered at a friction.
Keywords: surface of contact, longevity, roughness, coefficient of friction, oscillation work-hardening, pin friction.

Введение

При обработке металлов давлением, как правило, возникает неоднородность напряженного состояния, а следовательно, и неоднородность деформации. В связи с неоднородностью деформации отдельные слои и элементы деформируемого тела стремятся к различному изменению размеров. В результате, кроме внутренних сил, уравнивающих внешне приложенные силы, в обрабатываемом материале возникают взаимно уравнивающиеся внутренние силы, обуславливающие напряжения [1].

Возникновение дополнительных напряжений в процессе деформирования вызывает следующие нежелательные последствия при обработке металлов давлением:

- увеличение сопротивления деформированию;
- снижение пластичности;
- искажение характера распределения напряжений в обрабатываемом слое поверхности.

Одним из факторов, влияющим на процесс деформирования, является контактное трение, возникающее на поверхности соприкосновения обрабатываемой детали и обрабатывающего инструмента. Трение в ряде случаев создает неоднородное напряженное состояние, а в других случаях увеличивает степень неоднородности. Так, при обработке режущих рабочих органов сельскохозяйственных машин методом осадки в результате контактного трения однородность деформации нарушается. Снижение контактного трения уменьшает неоднородность деформации, т.е. повышает качество обрабатываемой поверхности.

Постановка проблемы

При обработке металлов давлением на поверхности трения действуют высокие давления, достигающие 250 МН/м^2 и более и происходит значительное обновление поверхности контакта инструмента с деформируемым металлом в связи с общим увеличением поверхности последнего [2].

подавляющее число операций обработки металла деталей давлением осуществляется в условиях соприкосновения обрабатываемого металла с давящим инструментом. При этом частицы деформируемого металла скользят по поверхности инструмента, в результате чего возникают силы контактного трения, затрудняющие это скольжение.

Трение при обработке металлов давлением, в основном, является вредным фактором. Поэтому является важным проведение исследований по влиянию трения на долговечность обрабатываемого материала деталей при обычном и вибрационном деформировании.

Анализ основных исследований и публикаций по данной проблеме

Контактное трение приводит к увеличению необходимого деформирующего усилия и работы деформации. Увеличение усилия бывает весьма заметным – в несколько раз [3].

Большое внимание особенностям пластического трения уделил Н.М. Павлов, которым были сформулированы основные отличия его от непластического («машинного») трения [4].

При пластическом деформировании поверхность инструмента деформируется упруго, а обрабатываемый материал детали деформируется пластически; его поверхность подвергается смятию и стремится принять форму поверхности инструмента.

В результате действительная площадь контакта пластически деформируемой детали с инструментом увеличивается с повышением степени деформации и необратимо приближается к номинальной, т.е. к геометрической площади трущихся поверхностей.

Действительная площадь контакта при вибрационном деформировании растет более интенсивно.

При пластическом деформировании главное значение имеет непрерывное «обновление» поверхности контакта деформируемого тела, так как в процессе деформации на эту поверхность непрерывно поступают из глубины новые частицы металла.

По данным С.И. Губкина, при увеличении деформируемого объема от 25 до 25000 см³ коэффициент Ψ_0 уменьшается от 1 до 0,4 [5].

Исследованиями указанных авторов установлено, что контактное трение несколько снижается с увеличением относительной скорости скольжения металла по поверхности инструмента, т.е. с увеличением скорости деформирования.

Как сказано ранее, трение для подавляющего числа операций обработки металлов давлением оказывает негативное влияние. Поэтому следует принимать все возможные меры к снижению трения. Среди наиболее эффективных методов повышения качества обработки поверхности является метод вибрационного деформирования.

Результаты исследований

При трении скольжения изнашивание деталей машин происходит в первую очередь под влиянием внешних факторов, к которым следует отнести: характер нагрузки, скорость относительного перемещения трущихся тел, форма и размеры поверхности и др.

Изменение внешних факторов вызывает изменение физико-механических свойств материала пары трения и изнашивание трущихся поверхностей деталей.

При одной и той же нагрузке коэффициент и сила трения могут изменяться в широких пределах в зависимости от указанных выше факторов. При трении скольжение поверхности трения касаются ограниченными участками, количество и размеры которых зависят прежде всего от шероховатости поверхности и нагрузки.

Трение имеет двойственную молекулярно-механическую природу. Различают виды взаимодействия поверхностей: механическое зацепление

отдельных шероховатостей; молекулярное взаимодействие соприкасающихся твердых тел, проявляющееся в их притягивании.

Условия трения могут изменяться в широком диапазоне. Отдельные параметры условий трения могут принимать различные значения вследствие явлений и процессов, происходящих в поверхностных слоях металла.

Под влиянием внешних условий трения поверхностные слои существенно изменяются. Эти слои металла с новыми полученными физико-механическими свойствами, в свою очередь, вступают во взаимодействие с внешней средой. В каждом отдельном случае некоторые параметры трения могут оказывать решающее влияние на протекание процессов изнашивания.

В зависимости от условий трения и материала может иметь место тот или иной вид нарушения фрикционных связей и изнашивания. С учетом сказанного разработана классификация видов изнашивания, служащая основой для разработки направлений борьбы с изнашиванием деталей и сборочных единиц.

Металлические поверхности в процессе пластического деформирования упрочняются, микронеровности округляются. Сила и напряжение трения зависят от изменяющихся свойств деформируемого тела и закономерностей изменения их в процессе деформации. Закономерности изменения упрочнения приконтактных слоев зависят от степени и скорости деформации. По нашему мнению прочность приконтактных слоев больше прочности остальных слоев металла детали в результате дополнительных деформаций сдвига, среза неровностей при холодной деформации.

Строение поверхностного слоя и явления, возникающие в нем, имеют особое значение при протекании процесса изнашивания материала деталей машин. Состояние поверхностного слоя определяют процессы, возникающие при взаимодействии с окружающей средой или с другим телом. Кроме того, большинство видов разрушения деталей начинается с поверхности и зависит от ее состояния в результате следующих причин:

– поверхностные слои наделены избыточной энергией, поскольку молекулы и атомы этих слоев имеют свободные связи, благоприятствующие возникновению таких явлений, как когезия (схватывание), адсорбция (прилипание) и др., когда поверхностный слой приобретает особое строение;

– поверхностный слой формируется в результате разных технологических процессов, которые не только формируют необходимую форму поверхности и изменяют свойства материала, а и вызывают ряд побочных явлений, которые изменяют свойства твердого тела и его поверхности. Физико-химические параметры поверхностного слоя, его структура и напряженное состояние, как правило, существенно отличаются от свойств остального материала;

– в процессе работы соединения происходит непрерывное изменение (трансформация) параметров поверхностного слоя деталей в значительно большей мере, чем в остальном объеме.

Поэтому большинство отказов деталей машин связано с процессами, происходящими в поверхностных слоях, природу которых нельзя объяснить без анализа тех изменений, которые претерпевают характеристики поверхностного слоя при эксплуатации объектов.

Происходящие в поверхностных слоях процессы оцениваются параметрами, характеризующими их состояние:

- геометрию поверхностного слоя, включая микрогеометрию и отдельные дефекты поверхности;
- возникающие в поверхностных слоях напряжения на отдельных участках поверхности;
- структуру материала поверхностного слоя, изменяющуюся в процессе деформации.

Вследствие специфической конфигурации микронеровностей жесткость контакта в направлении движения достаточно велика, а деформация мала. Поэтому за время контакта выступы микронеровностей деформируются только в направлении действия внешнего нормального нагружения. Отдельные, наиболее выступающие микронеровности пластически деформируются даже при незначительных нагрузках, так как возникающие напряжения будут превышать предел текучести деформируемого материала вследствие малой площади контакта. С увеличением фактической площади контакта возрастает сила трения.

Увеличение трения происходит пропорционально действительной площади контакта. При этом происходит перераспределение нагрузок, в результате чего микронеровности деформируются неравномерно и имеют разные напряженные состояния. При продолжительном контакте, что имеет место при обычном деформировании, величина деформации стремится до определенного предела, а следовательно, и фактическая площадь контакта стремится до какого-то постоянного значения при заданном нагружении.

Фактическая площадь контакта изменяется больше в деталях с малой шероховатостью и существенно не изменяется в грубо обработанных деталях (рис.1).

Поскольку фактическая площадь контакта и сила трения зависят главным образом от шероховатости, физико-механических свойств материала и вида нагружения, то при решении конкретной задачи необходимо определить основной вид деформации.

При давлении металлические слои упрочняются и при повторном деформировании пластическая деформация будет осуществляться при нагрузке, превышающей предел текучести металла до упрочнения. Изменение напряжения упрочненного слоя учитывается коэффициентом C , который зависит от свойств материала и режимов деформирования:

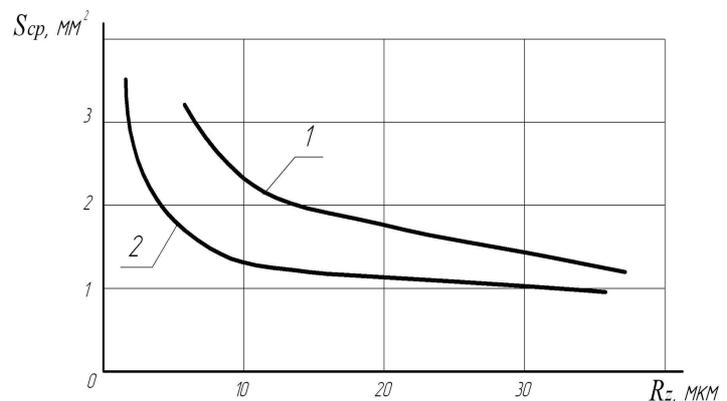


Рис. 1. Зависимости фактической площади контакта от шероховатости поверхности: 1 – бронза; 2 – сталь

$$C = \frac{h_1 E}{2,4 R_z \sigma_T}, \quad (1)$$

где h_1 – изменение сближения поверхности обрабатываемой детали и инструмента; R_z – параметр шероховатости; E – модуль упругости более мягкого материала.

Исследованиями установлено, что C изменяется от 1 до 6. При вибрационном деформировании $C = 7 \dots 10$.

На величину изнашивания оказывает влияние продолжительность контакта отдельных участков.

При перемещении трущихся поверхностей с малыми скоростями скольжения возникают механические релаксационные колебания, обусловленные трением.

Вибрационное деформирование способствует уплотнению обрабатываемой поверхности и увеличению износостойкости восстанавливаемых (изготавливаемых) деталей.

В интервале давлений и скоростей, при которых металл в тонком поверхностном слое упрочняется, изнашивание деталей происходит за счет разрушения металла на отдельных, наиболее сближенных участках контакта, а также за счет абразивного изнашивания. Основной причиной, вызывающей снижение износа, является упрочнение металла при обработке давлением.

Выводы

Для увеличения долговечности деталей необходимо назначать такие режимы обработки, при которых в активном поверхностном слое происходило бы дальнейшее упрочнение металла в результате структурных изменений, вызванных пластическим деформированием. Для этого необходимо проведение дальнейших исследований для определения влияния основных факторов на протекание процесса изнашивания деталей определенной номенклатуры.

Список літератури: 1.Березкин В.Г. Формоизменение металлов при обработке давлением / В.Г. Березкин. – М.: Машиностроение, 1973. – 154 с.2.Сулима А.М. Поверхностный слой и эксплуатационные свойства деталей машин / А.М. Сулима, В.А. Шулов, Ю.Д. Ягодкин. – М.: Машиностроение, 1988. – 240 с.3.Крагельский И.В. Трение, изнашивание и смазка / И.В. Крагельский, В.В. Алисин. – М.: Машиностроение, 1978. – 400 с.4.Павлов Н.М. Теория прокатки / Н.М. Павлов. – М.: Металлургия, 1965. – 610 с.5.Губкин С.Н. Пластическая деформация деталей. – М.: Металлургиздат, 1970. – 400 с.

Поступила в редколлегию 11.05.2011

УДК 629.463.65+629.463.66

В.В. ФОМІН, заст. дир. ЗАО «Донецксталь»- металлургический завод»

ОПТИМІЗАЦІЙНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СТІНИ БОКОВОЇ ОКАТИШЕВОЗІВ 20-9749 ЗА КРИТЕРІЄМ МІНІМАЛЬНОЇ МАТЕРІАЛОЄМНОСТІ

В статті представлені особливості та результати оптимізаційного проектування елементів стіни бокової окатишевозів моделі 20-9749 за критерієм мінімальної матеріалоемності.

Ключові слова: оптимізаційне проектування, елементи стіни бокової.