

УДК 621.362

Огородников В.А., д.т.н, проф.

Винницкий национальный технический университет

ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ В МЕХАНИКЕ ДЕФОРМИРУЕМЫХ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

Применение современных вычислительных программ при исследовании механики деформируемых твердых тел, позволило изучить напряженно-деформированное состояние широкого круга задач обработки металлов давлением, а также задач прочности элементов конструкции машин за пределами упругости. При этом при решении задач деформирования твердых тел в условиях сложного нагружения, при анализе аварийных ситуаций, возникает необходимость привлечения экспериментальных данных, играющих решающую роль при ответах на вопрос о причинах разрушения металлов при обработке их давлением, а также в аварийных ситуациях.

Феноменологическая теория деформируемости металлов без разрушения, развиваемая в Украине с 70-х годов прошлого столетия, позволяет на стадии проектирования технологических процессов прогнозировать разрушение и оценивать предельное формоизменение заготовок, обрабатываемых давлением в условиях сложного нагружения [1]. При этом важнейшими условиями являются феноменологические аспекты решения указанных задач. Таковыми являются дополнительные параметры, полученные из эксперимента, вводимые в расчетный аппарат теории пластичности. Кроме того, современные феноменологические критерии содержат экспериментальные данные о механических характеристиках материалов, формируется «карта материала» [2].

Другим важным феноменологическим аспектом технологической механики является применение этого подхода для решения задач экспертных оценок надежности деталей и узлов машин при аварийных ситуациях.

Так, при авариях летательных аппаратов можно имея обломки разрушенного в результате аварии турбинного диска, определять число его оборотов, при котором он разрушится.

Предельную угловую скорость вращения диска можно определить по формуле

$$\omega = \sqrt{\frac{3g\sigma_u(\epsilon_u)}{\gamma(r_2^2 + r_2r_1 + r_1^2)}} \quad (1)$$

где $\sigma_u(\epsilon_u)$ – кривая течения материала диска, определенная с помощью метода твердости [3].

Аппроксимируя кривую $\sigma_u = f(\epsilon_u)$ степенной функцией

$$\sigma_u = A\epsilon_u^n \quad (2)$$

и подставив (2) в (1) получим искомую формулу, где ϵ_u можно вычислить после измерения внутреннего диаметра диска.

Применение экспериментальной механики машин к задачам их надежности рассмотрим на примере оценки времени эксплуатации седельноцепного устройства.

Так критерием износа узла сцепного устройства предлагается полная затрата энергии на износ, при котором узел заменяется. При этом экспресс-метод позволяет определять безопасный ресурс на любой стадии эксплуатации.

Важнейшей феноменологической составляющей физической модели разрушения являются экспериментальные методы, применяемые при проведении автотехнических экспертиз. Определение энергии деформации и разрушения элементов конструкции транспортных средств важно не только для определения экспертных оценок их скорости движения перед столкновением. При конструировании и изготовлении современных скоростных автомобилей необходимо учитывать их безопасность. Это можно достичь созданием конструкций, которые в случае аварийной ситуации обеспечат максимальную защиту водителю и пассажирам. При этом особое внимание уделяется параметрам технологии обработки давлением, создающим «память материала», обеспечивая необходимую прочность, податливость, жесткость [4]. Современные компьютерные модели аварий должны быть ориентированы на сложные истории деформирования, так как при моделировании аварий приходится описывать двухступенчатый процесс – статическое деформирование при операциях вытяжки, штамповки, обтяжке и др. и последующее динамическое деформирование при ударе.

Ряд зарубежных фирм, например фирма «Mattem» (Германия, Мюнхен), разрабатывают программное обеспечение аварийного разрушения транспортных средств с целью прогнозирования, при известной скорости движения автотранспорта перед ударом, ожидаемых повреждений. Результаты этих работ составляют основу создания безопасных конструкций и позволяют сократить дорогостоящие малоинформативные «crush-tests» [5].

Развивая эти подходы, в работе решается задача оценки энергии деформации поврежденных в результате удара элементов конструкции при различных скоростях движения перед ударом на основе натуральных испытаний в английской интерпретации как «full-scale test», т.е. полномасштабное или натурное испытание.

Список литературы

1. Огородников В. А. Оценка деформируемости металлов при обработке давлением / Огородников В. А. – К.: Головне вид-во «Вища школа», 1983 – 175 с.
2. Огородников В. А. Ресурс пластичности металлов при холодном объемном формоизменении : Монография / В. А. Огородников, И. А. Деревенько, Л. И. Алиева. – Винница : ВНТУ, 2016. – 176 с.
3. Огородников В. А. Энергия. Деформация. Разрушение. (Задачи автотехнической экспертизы). : Монография / В. А. Огородников, В. Б. Киселев, И. О. Сивак. – Винница : Универсум, 2005. – 195 с.
4. Огородников В. А. Керування технологічною спадковістю при листовому штампуванні з метою підвищення безпеки конструкцій / В. А. Огородников, В. С. Перлов, С. В. Войтків // Вісник національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» Серія «Машинобудування». – 2010. - № 60. – С. 133-137.
5. Dell H. Continuous Failure Prediction Model for Nonlinear Load Paths in Successive Stamping and Crash Processes / Dell H., Gese H., Kessler L., Werner H., Hooputra H. // SAE-paper 2001-01-1131, New Sheet Steel Products and Sheet Metal Stamping (SP-1614). SAE 2001 World Congress, Michigan, March 5-8, 2001. – P. 113-122.