

Рисунок 2 – Динамическая конечно-элементная модель образца

Экологическое проектирование автомобильных литых конструкций на основе инновационного способа определения динамических модуля упругости Юнга и коэффициента Пуассона

д.т.н. проф. Нюнин Б.Н., д.т.н. проф. Графкина М.В.
МГТУ «МАМИ»

8 (495) 223-05-23 доб. 1313, eco@mami.ru

Аннотация. На основе разработанных инновационных методов экологического проектирования и определения физико-механических характеристик литейных конструкций (патент № 2431819 от 20.10.2011 Бюл. № 29) впервые получены конструкции с заданными физико-механическими характеристиками, обеспечивающие минимальное негативное воздействие на окружающую среду в жизненном цикле.

Ключевые слова: экологическое проектирование, физико-механические характеристики материалов, модуль Юнга, коэффициент Пуассона.

Экологическое проектирование требует рассмотрения биосферных процессов и всех стадий жизненного цикла создаваемых конструкций не как изолированных друг от друга событий, а как элементов общей системы, т.е. глубоко интегрировано. При таком подходе любая конструкция оказывает влияние на процессы природопользования и качество окружающей среды. Исследование показателей жизненного цикла конструкций и имплицативных связей параметров проектируемой системы с частными экологическими показателями делает возможным минимизировать негативные процессы в окружающей среде.

В настоящее время наиболее полно исследованы возможности повышения экологической безопасности конструкций на этапе их эксплуатации. В то же время получение матери-

альных и энергетических ресурсов, переработка сырья и производство конструкционных материалов является первой стадией жизненного цикла любой системы. На этом этапе жизненного цикла любая конструкция напрямую взаимодействует с окружающей средой и оказывает на нее мощное техногенное воздействие.

Конструкторы в настоящее время при выборе материалов ориентированы на их физические, эксплуатационные и технологические характеристики, которые определяют качество и технологичность проектируемой конструкции, а также на стоимостные показатели. Конструкционные материалы во многом определяют функциональные и технические показатели (прочность, износостойкость, электропроводность, магнитную проницаемость, виброакустические характеристики, внешний вид проектируемых систем и др.). Экологические требования к конструкционным материалам не отменяют всех предыдущих требований, они дополняют их с целью снижения негативного воздействия и сохранения природных ресурсов с учетом жизненного цикла.

Надежность расчетов прочностных характеристик автомобильных литых конструкций во многом зависит от точности математических динамических моделей, описывающих их поведение в реальных условиях эксплуатации, и во многом определяется исходными данными материалов и сплавов, которые закладываются в расчеты (модуль Юнга, коэффициент Пуассона, плотность). Поэтому разработка инновационных методов определения физико-механических характеристик материалов является весьма актуальной задачей как с позиций экологии, так и повышения надежности прочностных расчетов.

Существующие способы определения статического модуля упругости Юнга (Авторское свидетельство СССР №954850, МПК G 01 N 3/08, 1982; Авторское свидетельство СССР № 957054, МПК G 01 N 3/42, 1982; патент РФ № 2292029, МПК G01N3/08, 2006), ГОСТ 25095-82 «Метод определения модуля упругости (модуля Юнга)» не предназначены для определения динамических: модуля упругости Юнга и коэффициента Пуассона. Эти способы не учитывают также влияния технологии изготовления стержневых литых деталей и их химического состава на значения интегральных динамических показателей сплавов. Поэтому исследования были сосредоточены на выявлении влияния технологии изготовления стержневых литых деталей и их химического состава на динамические характеристики сплавов и способа их определения.

Инновация данного подхода заключается в том, что динамический модуль упругости Юнга и коэффициент Пуассона берутся не из известных справочных данных, а определяются по образцу, максимально соответствующему конструкции, технологии изготовления и химическому составу реальной детали (патент № 2431819 от 20.10.2011 Бюл. № 29). Поставленная задача решается расчетно-экспериментальным способом.

Динамические модуль упругости Юнга и коэффициент Пуассона определяют в следующей последовательности:

1. Выбирают форму образца в виде толстостенного кольца.
2. Образец изготавливают с применением формовочных смесей и режимов заливки в соответствии с технологией изготовления реальной литой конструкции.
3. Образец подвешивают через центральное отверстие на упругой подвеске 2 (резиновый шнур), подобная упругая подвеска практически не оказывает влияния на резонансные формы колебаний образца, а колебания возбуждают путем импульсного силового воздействия ударами молотка 3 (по крайней мере 10 ударов) последовательно по боковой и торцевой поверхности образца (рисунок 1).
4. Акустический сигнал от образца воспринимает микрофон 4, и через предусилитель 5 передается на анализатор (БПФ) 6, который определяет пять собственных частот (см. табл. 1).
5. По ГОСТ 20018 «Метод определения плотности» определяют экспериментальным путем реальную плотность образца с погрешностью не более 0,01 г/см³.
6. Создают конечно-элементную динамическую модель образца в виде толстостенного

кольца (рисунок 2, где $7 - i$ -ый конечный элемент) исходными данными которой являются:

- геометрические размеры образца, уточненные после его отливки;
 - экспериментально по ГОСТ 20018 полученная плотность образца;
 - табличные значения модуля упругости Юнга и коэффициента Пуассона для сплава.
7. Рассчитывают, по крайней мере, пять форм и пять собственных частот колебаний образца и методом аппроксимации, в заданных диапазонах изменения значений модуля упругости Юнга и коэффициента Пуассона, определяют значения динамических: модуля упругости Юнга и коэффициента Пуассона, при которых рассчитанные частоты совпадают с экспериментальными данными в пределах 0,1% (см. таблицу 1).

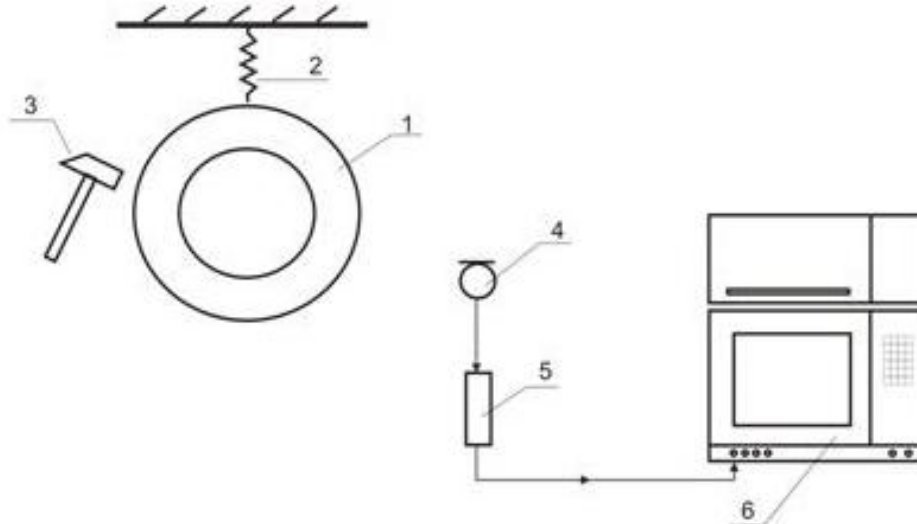


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

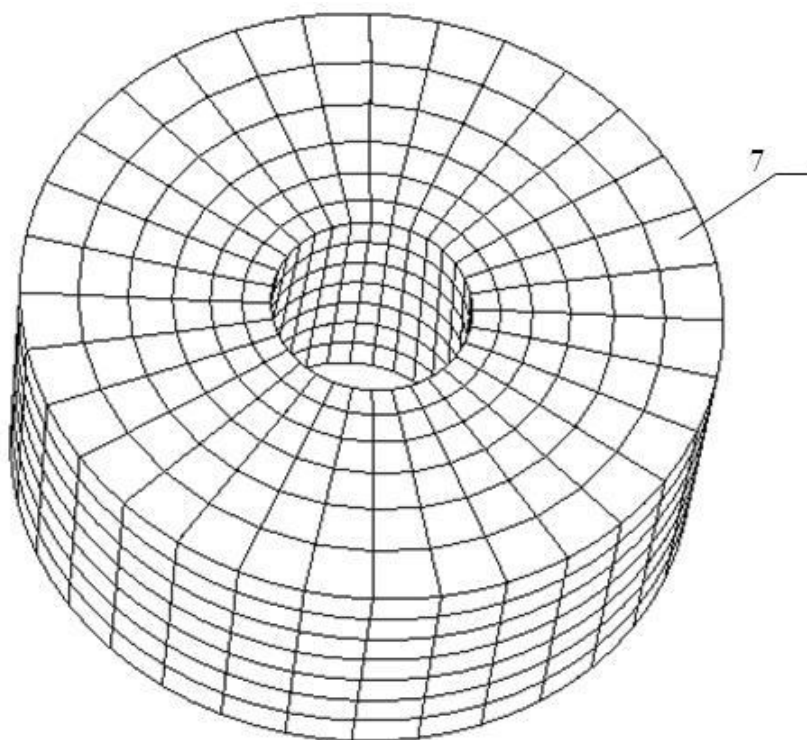


Рисунок 2 – Динамическая конечно-элементная модель образца

Сравнение измеренных и рассчитанных пяти собственных частот образца при различных значениях модуля упругости Юнга и коэффициента Пуассона

Физические параметры	Изм.	Р	О	Физические параметры	Изм.	Р	О
1	2	3	4	5	6	7	8
м. Юнга	2	2	1.	м. Юнга	2	2	0.
1.04	651	615	38%	1.06	678	669	34%
30E+05	3	3	1.	00E+05	3	3	1.
к. Пуассона	4	4	0.	к. Пуассона	4	4	0.
0.33	379	378	02%	0.34	438	437	02%
64	5	5	-	46	5	5	-
плот	488	489	0.02%	плот	543	547	0.07%
8.70	5	5	-	8.70	5	5	-
8E-06	491	908	7.06%	8E-06	548	963	6.96%

1	2	3	4	5	6	7	8
м. Юнга	2	2	0	м. Юнга	2	2	1
1.04	668	642	.98%	1.03	654	615	.49%
70E+05	3	3	1	90E+05	3	3	1
к. Пуассона	4	4	0	к. Пуассона	4	4	-
0.34	413	408	.11%	0.33	377	378	0.02%
03	5	5	0	28	5	5	0
плот	524	519	.09%	плот	491	489	.04%
8.70	5	5	-	8.70	5	5	-
8E-06	524	937	6.96%	8E-06	498	908	6.94%

1	2	3	4	5	6	7	8
м. Юнга	2	2	0	м. Юнга	2	2	0
1.08	684	669	.56%	1.05	615	615	.00%
80E+05	3	3	1	20E+05	3	3	1
к. Пуассона	4	4	0	к. Пуассона	4	4	0
0.33	437	437	.00%	0.37	379	378	.02%
87	5	5	0	плот	5	5	-
плот	556	547	.16%	плот	403	489	1.57%
8.70	5	5	-	8.70	5	5	-
8E-06	557	963	6.81%	8E-06	432	908	8.06%

Полученные таким способом значения динамического модуля упругости Юнга и динамического коэффициента Пуассона используются в динамических математических моделях при разработке компьютерной технологии проектирования литых конструкций (картер двигателя автомобиля, блок цилиндров, клапанные крышки и др.) с заданными физико-механическими характеристикам, что приводит к сокращению материальных затрат на стадии НИОКР. Достоверность результатов математического моделирования с использованием инновационного способа подтверждена при проектировании литых деталей.

Экологическая эффективность данного подхода выражается в ресурсо- и энергосбережении; снижении материальных потоков на входе и выходе в производственные системы; уточнении массовых характеристик изделия; исключении дополнительных технологических операций по доводке; оптимизации химического состава с учетом негативного воздействия исходных материалов в жизненном цикле.

На примере проектирования литых конструкций из оловянистой бронзы показано, что использование методов экологического проектирования и инновационных методов определения физико-механических характеристик материалов позволило исключить дополнительную доводку образца, снизить вес конструкции и негативное воздействие на окружающую среду.

При годовом выпуске литых конструкций из оловянистой бронзы в 70 тонн в печах сопротивления типа СМБ сокращение негативных выбросов в атмосферу составило по:

- пыли 3 кг;
- оксиду углерода 1 кг;
- оксидам азота 1,5 кг;
- прочим выбросам 0,6 кг.

Таким образом, на основе разработанных инновационных методов экологического проектирования и определения физико-механических характеристик литейных конструкций (патент № 2431819 от 20.10.2011 Бюл. № 29) впервые получены конструкции с заданными физико-механическими характеристиками, обеспечивающие минимальное негативное воздействие на окружающую среду в жизненном цикле.

Литература

1. Нюнин Б.Н., Графкина М.В. Патент № 2431819 «Способ определения модуля упругости Юнга и коэффициента Пуассона литых деталей» от 20.10.2011 Бюл. № 29
2. Гридел Т.Е., Алленби Б.Р. Промышленная экология: Учебное пособие для вузов /Пер. с англ. под ред. проф. Э.В. Гирусова. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. – 527 с.
3. Графкина М.В. «Экологическое проектирование продукции.» – М.: МГТУ «МАМИ», 2006.– 224 с.

Исследование коллоидно-графитовых теплозащитных покрытий для высокоуглеродистых сталей

к.т.н. доц. Петров А.Н.

МГТУ «МАМИ»

8-916-505-0754, alexander_petr@mail.ru

Аннотация. В данной статье представлены исследования и методика выбора коллоидно-графитовых покрытий для заготовок из высокоуглеродистых сталей. Приведено комплексное исследование коллоидно-графитовых покрытий. Методика оптимального выбора коллоидно-графитовых покрытий учитывает физико-химические и технологические свойства состава покрытия. Выбранные коллоидно-графитовые покрытия по предлагаемой методике нашли применение в процессах полугорячей калибровки подшипниковых колец.

Ключевые слова: горячая объемная штамповка, потеря массы при нагреве, коллоидно-графитовые покрытия, теплозащитные свойства.

В зависимости от требований технологического процесса, материала заготовки, температуры штампов и т.д. смазочные материалы могут наноситься не только на инструмент (штамп), но и на заготовку. В этом случае смазочный материал играет роль теплоизолятора (при нагреве заготовки перед штамповкой) и смазки в процессе штамповки. Известны различные составы покрытий. Например, покрытия на основе стекла успешно используют для изотермической штамповки титановых лопаток. Графитовую суспензию с добавками мела и других компонентов применяют для полугорячей штамповки колец подшипников. Смесь окиси алюминия, медных опилок и асбеста применяют для выдавливания тугоплавких металлов. В статье рассмотрено коллоидно-графитовое покрытие для полугорячей калибровки колец подшипников из стали ШХ15, функциональное назначение которого – защита от окис-