

УДК 621.357

ВЛИЯНИЕ НАПЫЛЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ЗАТУХАНИЕ КОЛЕБАНИЙ

канд. техн. наук М.А. ЛЕВАНЦЕВИЧ, канд. техн. наук М.А. БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ
(Институт механики и надежности машин НАН Беларуси, Минск),

В.М. РУДЬКО, В.А. ЛЕВАНЦЕВИЧ

(Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск)

Приведены результаты экспериментальной оценки влияния полимерных покрытий, сформированных газопламенным напылением полимерного порошка полиэтилентерефталата, на демпфирующие свойства пластинчатых образцов из стали 20 и серого чугуна СЧ-20 при поперечных изгибных колебаниях. Показано, что благодаря покрытиям демпфирующую способность деталей можно увеличить на 35...45 %.

Введение. Известно, что для деталей и узлов машин, работающих в циклическом режиме, наибольшую опасность представляют резонансные колебания, обуславливающие перегрузку и преждевременное разрушение деталей [1 - 3]. Демпфирование резонансных колебаний в значительной степени уменьшает опасность разрушения деталей машин и является большим резервом повышения прочности в машиностроении. Кроме того, например, в металлообрабатывающих станках, снижение вредных резонансных колебаний путем демпфирования обеспечивает значительное повышение динамической устойчивости станка при резании, что позволяет улучшить качество поверхности обрабатываемых изделий и повышает точность их изготовления [4].

Демпфирование вредных колебаний практически может быть достигнуто применением специальных конструкций элементов сопряжения и различного рода демпфирующих прокладок и пружин, подбором наилучшего, с точки зрения демпфирования колебаний, материала деталей и нанесением на поверхность деталей, работающих в циклическом режиме, демпфирующего покрытия [2, 3]. Применение того или иного способа демпфирования колебаний в каждом отдельном случае обусловлено конкретными условиями работы деталей машин и их конструкцией.

В настоящей работе изучалась возможность демпфирования колебаний путем нанесения на поверхность деталей полимерных покрытий, сформированных методом газопламенного напыления полимерного порошка полиэтилентерефталата (ПЭТФ), полученного путем криогенного помола брикетированных отходов синтетического волокна.

Необходимо отметить, что демпфирующие свойства покрытий из неметаллических материалов, на основе полимеров, эластомеров, клеев, пластмасс, резин и др., достаточно хорошо как в теоретическом, так и практическом плане изучены в работах [1 - 3], где показана высокая эффективность их применения. Вместе с тем в указанных работах не получили должного освещения вопросы, связанные с влиянием адгезии сформированных покрытий на их демпфирующие свойства.

Практика показывает, что в сравнении с известными, напыленные покрытия из полимерных порошковых материалов отличаются высокими значениями прочности сцепления с основой. В зависимости от метода подготовки поверхности под нанесение и режимов напыления значение адгезии покрытия к основе может достигать от 5,0 до 10,2 МПа, что намного превышает значения этого параметра у известных неметаллических покрытий. По-видимому, это следует учитывать как при выборе материала, так и метода напыления вибропоглощающих покрытий. Однако известных данных пока недостаточно, чтобы обоснованно осуществить такой выбор.

Целью настоящей работы явилась, экспериментальная оценка влияния толщины полимерных покрытий, сформированных методом газопламенного напыления, на их демпфирующую способность.

Методика эксперимента. Демпфирующую способность напыленных полимерных покрытий определяли по значениям логарифмического декремента затухания колебаний δ , определяемого по виброграмме колебаний, полученной с помощью установки, описанной в работах [6, 7]. Установка предназначена для измерения интенсивности затухания свободных затухающих изгибных колебаний в интервале амплитуд от $\pm 0,5$ до ± 250 мкм. Образцы - прямоугольные пластинки (2x20x80 мм), на одну из поверхностей которых напылялись полимерные покрытия, изготавливались из стали 20 (состояние поставки) и литого серого чугуна СЧ-20.

В качестве примера на рис. 1 представлены образцы с напыленными полимерными покрытиями.

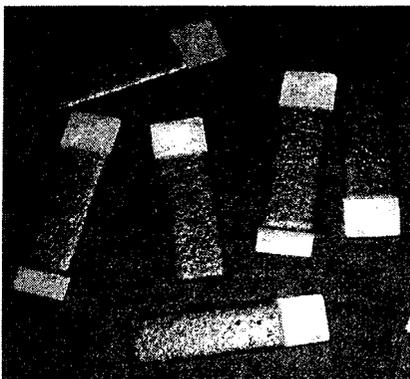


Рис. 1. Образцы с напыленными полимерными покрытиями для исследования демпфирующих свойств

Перед нанесением полимерного покрытия поверхности образцов подвергались струйно-абразивной обработке. Напыление полимерных покрытий осуществлялось установкой газопламенного напыления порошковых материалов типа «ТЕРКО-П», разработанной в ИМИНМАШ НАН Беларуси [5]. При напылении давление и расход пропан-бутана составляли соответственно 0,2 МПа и 1 м³/ч; воздуха - 0,5 МПа и 22 м³/ч.

В качестве материала для нанесения покрытий использовали полученный криогенным помолом порошок полиэтилен-терефталата марки ПЭТФ ТУ 6-06-С199-86 с размером частиц до 200 мкм. Адгезия покрытия к основе составляла 7,0..7,2 МПа.

Исследование влияния толщины покрытия на интенсивность затухания колебаний образцов проводилось непосредственно после нанесения покрытия на образец с последующим удалением слоев покрытия до поверхности основного металла.

Логарифмический декремент колебаний при построении диаграммы его зависимости от амплитуды деформации определялся по формуле [1]:

$$\delta = \frac{1}{n-1} \ln \frac{A_0}{A_n},$$

где δ – логарифмический декремент затухания колебаний; n – число циклов колебаний; A_0 – начальная амплитуда колебаний; A_n – амплитуда колебаний через n циклов.

Результаты и обсуждение. Обработанные экспериментальные данные представлены на рис. 2, а, б.

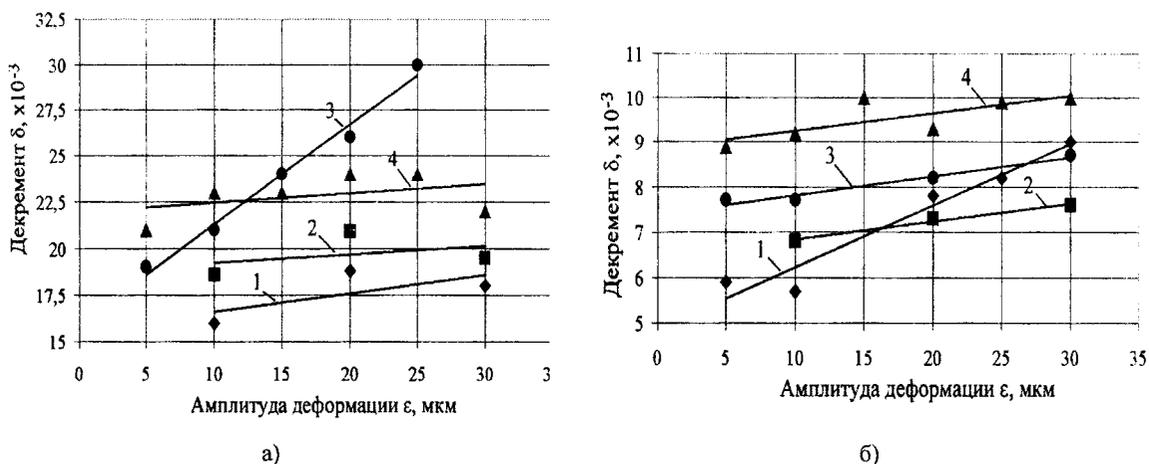


Рис. 2. Зависимости логарифмического декремента затухания колебаний δ от амплитуды деформации ϵ образцов из серого чугуна СЧ-20 (а) и стали 20 (б) с полимерным покрытием различной толщины:

- а) 1 – без покрытия; 2 – с покрытием толщиной 0,54 мм; 3 – с покрытием толщиной 0,93 мм; 4 – с покрытием толщиной 1,582 мм; б) 1 – без покрытия; 2 – с покрытием толщиной 0,373 мм; 3 – с покрытием толщиной 0,88 мм; 4 – с покрытием толщиной 1,232 мм

Как видно из рисунков, напыленные полимерные покрытия повышают величину логарифмического декремента затухания колебаний для обоих материалов образцов, несмотря на разницу в их исходном затухании. При малых амплитудах деформации, для образцов из серого чугуна (рис. 2, а), затухание увеличивается в 1,3... 1,4 раза; при больших амплитудах - в 1,2... 1,3 раза. Особенно интенсивно для этих образцов затухание колебаний наблюдается при толщине покрытия 0,9... 1,0 мм (рис. 2, а, линия 3). В данном случае значение декремента при увеличении амплитуды деформации возрастает в 1,6... 1,7 раза.

Для образцов из стали 20 (рис. 2, б) при малых амплитудах деформации затухание увеличивается в 1,4... 1,5 раза. При увеличении амплитуды деформации наблюдается рост декремента затухания в самом образце (рис. 2, б, линия 1). Значения данного параметра могут быть выше, нежели у образцов с покрытием толщиной от 0,3 до 1,0 мм.

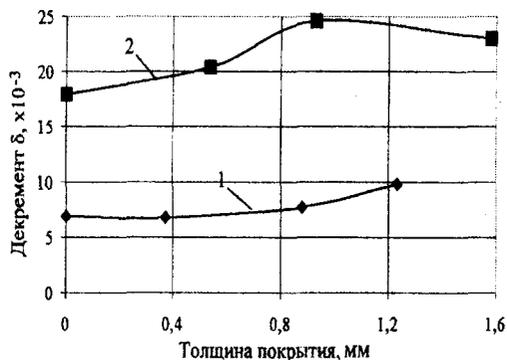


Рис. 3. Зависимости логарифмического декремента затухания колебаний 5 от толщины напыленных полимерных покрытий:
1 - сталь 20; 2 - серый чугун СЧ-20

Необходимо отметить, что данный факт пока не получил достаточных объяснений. Логично предположить, что если с увеличением амплитуды деформации возрастает затухание в самом образце, то соответственно должно возрасть затухание и у образцов, даже со сравнительно небольшой толщиной покрытия.

Однако из полученных данных этого не следует. Очевидно, что для выяснения данного вопроса требуется проведение дополнительных исследований.

Вместе с тем наблюдаемая на рис. 2 некоторая параллельность большинства полученных зависимостей декремента от амплитуды деформации позволяет утверждать, что напыленные полимерные покрытия повышают демпфирование колебаний. Дополнительным подтверждением тому являются данные, проиллюстрированные рисунком 3. Зависимости построены с использованием значений амплитуд половинного спада,

т.е. амплитуд, составляющих половину начальной амплитуды $A_n = \frac{A_0}{2}$.

Как видно из рисунка, наблюдается увеличение декремента затухания колебаний с ростом толщины полимерных покрытий. Для образцов из серого чугуна СЧ-20 (см. рис. 3, линия 2) при толщине покрытия 0,9... 1,0 мм увеличение декремента составляет 35...38 %. Для образцов из стали 20 соответствующее увеличение на 42...45 % происходит при толщине покрытий 1,2... 1,3 мм.

Необходимо отметить, что при изучении демпфирующих свойств материалов и покрытий одним из основных является вопрос о механизме и причинах рассеивания колебательной энергии [1 - 3]. Влияние покрытий на интенсивность затухания свободных колебаний объясняют действием следующих факторов: потерь энергии колебаний, обусловленных природой материала нанесенного слоя полимера; потерь, имеющих место в пограничном слое между основным металлом и покрытием; потерь, обусловленных явлениями, сопутствующими процессу газопламенного напыления; потерь, обусловленных увеличением массы образца [1 - 3]. Анализ результатов проведенных исследований показывает, что повышение демпфирующей способности образцов с покрытием, вероятно, не связано со снижением частоты собственных колебаний пластинок за счет увеличения их массы в результате нанесения покрытия. Указанное снижение незначительно (для стали 20 составляет 2,5...3,0 %, для чугуна СЧ-20 - 3...3,5 %). По-видимому, основную роль в повышении демпфирующей способности играют иные факторы, связанные как с природой материала полимерного покрытия, так и явлениями, сопутствующими газопламенному напылению и адгезионному взаимодействию покрытия с основой.

Выводы. Полимерные покрытия, сформированные методом газопламенного напыления порошковых полимерных материалов на поверхностях деталей и узлов машин, могут обеспечить повышение их демпфирующих свойств на 35...45 %, при толщине покрытия 0,9... 1,5 мм, зависящей от исходного состояния материала детали. Благодаря указанным покрытиям представляется возможным обеспечить значительное снижение отрицательного влияния вибраций на эксплуатационные показатели технологического оборудования и условия труда обслуживающего персонала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. Вибропоглощающие свойства конструкционных материалов: Справочник. - Киев: Наукова думка, 1971. - 375 с.
2. Рассеяние энергии при колебаниях механических систем: Материалы X всесоюз. науч.-техн. совещ., Киев, декабрь 1974 г. / Под. общ. ред. Г.С. Писаренко. - Киев: Наукова думка, 1976. - С. 264.
3. Чернышев В.М. Демпфирование колебаний механических систем покрытиями из полимерных материалов. - М.: Наука, 2004. - 288 с.
4. Вейц В.Л., Дондошанский В.К., Чиряев В.И. Вынужденные колебания в металлорежущих станках. - М.: Машгиз, 1959. - 288 с.
5. Белоцерковский М.А. Технологии активированного газопламенного напыления антифрикционных покрытий. - Мн.: Технопринт, 2004. - 200 с.
6. Демпфирующие свойства тонких покрытий / М.А. Леванцевич, А.А. Лукашик, Н.Н. Ишин и др. // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Междунар. сб. науч. тр. - Донецк: ДонГТУ, 2003.-Вып. 28.-С. 94-98.
7. Оценка качества наноструктурных покрытий по декременту затухания колебаний / М.А. Леванцевич, А.А. Лукашик, Т.И. Бодрых, Л.И. Степанова // Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов: Материалы междунар. науч.-техн. конф. - Могилев: Белорусско-Российский ун-т. - 2004. - С. 113 - 115.