

НОВЫЙ ПРЕЦИЗИОННЫЙ ОТТИСКНО-СЛЕПОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И МИКРОРЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ, В ТОМ ЧИСЛЕ ПРИ НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ

Г.А.Матюшин, А.С.Беличенко, Т.Г. Матюшин, Г.Б. Кайнер*

ГУП «ГосНИИМедполимер», г. Москва

*ОАО «НИИ Измерений»

Развитие новых технологий высокоточного изготовления и обработки деталей из уникальных материалов, в том числе нанотехнологий, требует объективного и точного контроля геометрических параметров и микрорельефа поверхностей деталей, как на этапах изготовления, так и при окончательной комплексной оценке параметров качества. Однако доступ к объекту контроля существующими методами не всегда возможен, например, в поднутрениях, скрытых полостях, в зазорах, в резьбе и других малодоступных местах. Кроме того, многие сложные детали обрабатываются за один установ, и промежуточный контроль деталей непосредственно на обрабатывающем центре в цехе становится затруднительным. Одним из решений этой проблемы является получение слепка (оттиска) контролируемой поверхности для последующего инструментального контроля.

Из известных слепочных материалов, каждый из которых имеет ряд недостатков, ограничивающих их применение для копирования поверхности, наибольшее распространение в промышленности получили материалы на основе смеси метилметакрилата (ММА) в качестве связующего и порошка полиметилметакрилата (ПММА) в качестве наполнителя, оба компонента смеси подлежат отдельному хранению до применения. Такие материалы выпускают фирмы Taylor – Hobson (Великобритания), Flexbar (США) и другие. Указанные слепочные материалы обеспечивают копирование микрорельефа поверхности в диапазоне шероховатостей Ra от 0,2 до 4,0 мкм с точностью 10 %, однако при шероховатостях Ra выше 4 мкм слепки с поверхности имеют невысокую точность в связи с большой усадкой ММА при отвержде-

нии (до 25 %). Другим существенным недостатком является то, что ММА представляет собой легковоспламеняющуюся, летучую, токсичную жидкость, имеющую высокую растворяющую способность. Этот недостаток не позволяет использовать материал для получения слепков с поверхности некоторых лакокрасочных покрытий, а также препятствует перевозкам материала через таможенные границы.

В ГУП «ГосНИИМедполимер» разработан новый прецизионный оттисочно-слепочный композиционный материал «Компар» [1]. Материал позволяет получать высокоточные твердые трехмерные копии (слепки) поверхности деталей из различных материалов, в том числе в малодоступных местах.

Материал «Компар» выпускается и хранится (перевозится) в виде двух паст желаемой консистенции (вязкости). При его применении пасты смешивают, и смесь формируют на контролируемой поверхности детали. Через примерно 20 минут смесь самоотверждается, и полученную твердую копию поверхности снимают с детали.

Материал «Компар» относится к композиционным материалам холодного отверждения и представляет собой смесь нелетучих диметакрилатов с неорганическими нанодисперсными наполнителями. Материал не оказывает местного раздражающего действия, нетоксичен, имеет невысокую растворяющую способность, не относится к легковоспламеняющимся веществам.

Материал «Компар» имеет санитарно-эпидемиологическое заключение от Департамента государственного санитарно-эпидемиологического надзора Главного государственного санитарного врача [2].

Полученный слепок воспроизводит микрорельеф поверхности в диапазоне шероховатостей Ra от 0,025 мкм до 10,00 мкм с отклонениями не более 20 %, в том числе на криволинейных поверхностях. По этому показателю материал «Компар» признан средством измерения [3] и зарегистрирован в Реестре Системы сертификации средств измерений под № 020010163. Квалификационные испытания материала, проведенные во Всероссийском научно-исследовательском институте метрологической службы (ВНИИМС) представлены в Таблице 1.

Для надежных измерений шероховатостей Ra в субмикронном диапазоне необходимо определить предельные возможности материала по копированию рельефа, ог-

раниченные так называемым «уровнем шума» материала, понимаемом как параметр шероховатости Ra для слепка с идеально точной поверхности. Во ВНИИМС были измерены параметры шероховатости слепков, снятых с доведенных поверхностей ситалла и стали. Результаты измерений представлены в Таблице 2. Исходные значения Ra для ситалла и стали находились в диапазоне $0,008 \div 0,013$ мкм. Слепки материала воспроизвели эти поверхности с точностью $24 \div 28$ %, показав значения Ra $0,010 \div 0,016$ мкм. Принимая эти значения за уровень шума материала (значительно завышенный, так как правильнее брать разницу между Ra слепка и Ra образца) и учитывая, что надежность результатов применения материала определяется соотношением сигнал:шум не менее 2:1, можно утверждать, что приведенное в Таблице 1 значение $Ra = 0,025$ мкм является надежно измеряемым с помощью материала «Компар» показателем шероховатости нанорельефа поверхности детали. Такое высокое качество поверхности слепка позволяет получать микро- и макро интерференцию на его поверхности. Уровень шума материала фирмы Taylor –Hobson составляет $0,1$ мкм [4].

Материал позволяет получать индикации локальных дефектов в диапазоне высот/глубин от $0,08$ мкм, а также микротрещин с шириной раскрытия от $0,5$ мкм с фиксацией глубины и внутренней поверхности микротрещины.

Твердость получаемых слепков составляет не менее 200 МПа. Это позволяет измерять параметры микрорельефа и дефектов, скопированных на поверхность слепка, контактными инструментальными методами. Слепок можно также разрезать в произвольных сечениях, что удобно для неразрушающего контроля резьбы, поднутрений, сложно-профильных рельефов. Усадка слепков в процессе хранения в течение $3 \div 4$ лет составляет не более 4 %, водопоглощение отсутствует, что обеспечивает стабильность геометрических параметров слепков и позволяет использовать их в качестве арбитражных образцов или объемных индикаций последовательных стадий развития дефектов или износа при хранении, эксплуатации, нагрузочных испытаниях деталей.

Эксплуатационные условия применения базового состава материала «Компар» достаточно просты. Время приготовления смеси паст составляет от $0,3$ до 1 минуты,

время формования смеси на поверхности детали от 1,5 до 3 минут, время отверждения смеси на поверхности детали от 10 до 20 мин, усадка после отверждения смеси не более 10 %. Требуемая температура поверхности детали при получении слепка от 10° С до 40° С. При отверждении смесь разогревается до 60° С при объеме замеса 3 г, при увеличенных объемах возможен разогрев до 100÷110° С. Оптимальная толщина слепка 1÷2 мм. Сохраняемость паст до 1,5 лет при температуре хранения до 15° С. Указанные технические характеристики соответствуют базовому составу материала «Компар». Для конкретных применений возможен выпуск модификаций материала по вязкости, по временным и температурным характеристикам, максимально отвечающим условиям применения.

Использование материала «Компар» открывает новые возможности в решении проблем неразрушающего контроля, в частности, проблемы повышения степени достоверности контроля.

Например:

- а) возможность получения долгоживущей и адекватной индикации дефекта,
- б) точный метрологический анализ индикации,
- в) надежная экспертная оценка дефекта, позволяющая сделать уверенное решение о качестве детали,
- г) длительное сохранение полной информации о дефекте на адекватной физической копии дефекта для последующего анализа.

Эти условия могут быть решены применением материала «Компар».

Для капиллярного метода неразрушающего контроля материал «Компар» может служить специализированным пенетрантом, позволяющим получать трехмерные (т.е. и в глубину несплошности) долгоживущие индикации специфических для этого метода дефектов: коррозии, технологических трещин, в том числе микротрещин, растрескиваний, царапин, рисок, а также неспецифических дефектов: вмятин, заливинов (волосин), механических повреждений поверхности, контактных трещин, что расширяет возможности метода. Индикации всех этих дефектов в виде слепков легко анализируются методом визуально-оптического неразрушающего контроля с возможностью метрологической классификации дефектов.

Одной из проблем неразрушающего контроля является метрологическая аттестация и контроль износа (или сохраняемости) стандартных образцов.

Например, для ультразвукового неразрушающего контроля поверхностных дефектов важна надежная аттестация и последующий контроль стандартных образцов трещин, рисок, пропилов, отверстий, зарубок, сверлений, а также плоскодонных и уголковых отражателей. Слепок, сделанный с помощью материала «Компар», переводит все эти уходящие в тело детали нарушения сплошности в легко контролируемую, удобную для измерений выпуклую форму, пригодную для метрологического анализа. Копии начального состояния стандартных образцов далее во времени служат эталоном для контроля износа или старения рабочего стандартного образца, играя роль вторичного эталона. Одновременно эта копия может служить в некоторых случаях матрицей для тиражирования стандартных образцов.

Аналогично с помощью материала «Компар» могут быть аттестованы стандартные образцы для капиллярного метода неразрушающего контроля.

Имеются положительные результаты применения материала «Компар» для контроля сложнопрофильных и криволинейных поверхностей, в том числе резьбы, а также неразборных соединений, например, подшипников. Неразрушающий контроль детали здесь может быть трансформирован в разрушающий контроль копии (слепок), позволяющий измерять, как уже говорилось выше, параметры сложнопрофильной поверхности в любом сечении. Это дает дополнительные технологические возможности изготовителям по прецизионной доводке конфигурации режущего инструмента, а также по контролю износа ответственных деталей, в том числе режущего инструмента, на последовательном наборе слепков.

Материал «Компар» увеличивает возможности дискретных методов неразрушающего контроля. Ввиду этого он применим и для дефектоскопии действующих установок и изделий. Практическая польза и экономический эффект от его применения в неразрушающем контроле ожидается в следующих случаях:

1. дополнительная углубленная разбраковка сомнительных дорогостоящих деталей, выявленных классическими методами неразрушающего контроля.

2. отработка и уточнение критериев разбраковки деталей классическими методами неразрушающего контроля путем накопления копий реальных дефектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Матюшин Г.А., Беличенко А.С., Матюшин Т.Г., Кайнер Г.Б. Применение новых композиционных материалов для прецизионного контроля параметров дефектов на поверхностях деталей. – Тезисы докладов Третьего всероссийского научно-технического семинара «Метрологическое обеспечение в области неразрушающего контроля». Госстандарт России, ФГУП Всероссийский научно-исследовательский институт оптико-физических измерений, Москва, 2002.

2. Государственная санитарно-эпидемиологическая служба Российской Федерации. Санитарно-эпидемиологическое заключение от 23.01.2002 № 77.99.04.224.Д.000285.01.02 на «Материал композиционный оттисковый(слепочный)«Компар» ТУ 2243-015-00482134-2001», срок действия до 23.01.2007, Главный государственный санитарный врач, Департамент государственного санитарно-эпидемиологического надзора, Москва, 2002.

3. Система сертификации средств измерений. Сертификат соответствия № 0000825, действителен до 01.04.2005 на «Композиционный оттисковый (слепочный) материал «Компар» для получения копий с поверхностей», Госстандарт России, Орган по сертификации ВНИИМС, Москва, 27.03.2002.

4.Описание к набору слепочного материала фирмы Taylor-Hobson “Replica Kit for “Talysurf” Instruments”.

ТАБЛИЦА 1

Результаты испытаний материала композиционного оттискового (слепочного) «Компар»

№№ п.ТУ	Наименование показателя	Допустимые значения	Результаты ис- пытаний	Выводы
1	2	3	4	5
1.2.12	Проверка воспроизведе- ния параметра шерохова- тости R_a $R_a = 0,025$ мкм $R_a = 3,2$ мкм	Не более 20 %	17,5 % 2,8 %	Соответствует Соответствует

ТАБЛИЦА 2

Результаты измерений оттисков материала «Компар»

Материал	Образец, №	Параметр шероховатости					
		$(R_a)_o$ образца, мкм	$(R_a)_c$ слепка, мкм	$\frac{(R_a)_c - (R_a)_o}{(R_a)_o}$, %	$(R_z)_o$ образца, мкм	$(R_z)_c$ слепка, мкм	$\frac{(R_z)_c - (R_z)_o}{(R_z)_o}$, %
Ситалл	1	0,0085	0,0101	x	0,0476	0,0674	x
	2	0,0082	0,0106	x	0,0463	0,0641	x
	среднее	0,0083	0,0103	24	0,0470	0,0657	40
Сталь 08X18H10T	1	0,0132	0,0126	x	0,0818	0,0872	x
	2	0,0126	0,0195	x	0,0795	0,1208	x
	3	0,0125	0,0172	x	0,0736	0,1069	x
	среднее	0,0128	0,0164	28	0,0783	0,1049	34

Примечание: знак «x» означает, что разовые измерения слепков и образцов нельзя сопоставлять из-за объективно разных базовых линий измерения для образцов и слепков. Усреднение параметров шероховатости следует вести или по разовым измерениям различных слепков и образцов, или по многократным измерениям одного слепка и образца по различным базовым линиям.