

## ВОЗМОЖНОСТЬ ГОЛОГРАФИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПРЕЦИЗИОННЫХ И ОПТИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

В практике современного оптического производства основным и наиболее точным способом измерения кривизны сферических и плоских поверхностей является интерференционный способ. Измерение осуществляется пробными стеклами диаметром до 130 мм. Они бывают трех типов: ОПС — основные пробные стекла (называемые часто эталонами) для проверки поверхностей контрольных пробных стекол; КПС — контрольные пробные стекла для проверки поверхностей рабочих пробных стекол; РПС — рабочие пробные стекла для проверки поверхностей деталей. Отклонение кривизны или плоскостности обработанной поверхности от заданной чертежом проверяется наложением РПС на деталь. Между поверхностями детали и РПС возникает интерференционная картина, характер которой показывает величину и вид отклонения детали и зависит от толщины воздушного зазора между поверхностями. Интерференционную картину называют цветом. При наложении плоского РПС на точную плоскую деталь между поверхностями образуется воздушный клин и цвет в виде параллельных полос. Расстояние между полосами одного цвета тем больше, чем меньше клин (обычно принимается красный цвет). При отставивании РПС или легком нажиме на него слой воздуха выравнивается и полосы, расширяясь, переходят в однотонную окраску. При наименьшем отклонении поверхности детали от плоскости возникает соломенно-желтый цвет. Количественная оценка отклонения радиуса кривизны детали от радиуса кривизны РПС производится визуально по числу колец.

Описанный метод занимает промежуточное место между контактными и бесконтактными методами контроля.

Более точным является контроль с помощью интерферометров различных конструкций. Но эти методы применяют, в основном, в лабораторных условиях.

Чистоту поверхности оптических деталей проверяют визуально, и количественная оценка практически не дается.

Автоматизированное производство требует применения более совершенных методов, обеспечивающих объективные количественные оценки измеряемых параметров.

Методы голографической интерферометрии можно считать наиболее перспективными при решении задач контроля точных и, в частности, оптических деталей в автоматизированном производстве. Общий принцип, лежащий в основе голографических методов измерения параметров рельефа поверхности, заключается в том, что трехмерный рельеф представляется в виде плоского изображения, являющегося топографической картой объекта. Линии на этой карте, называемые линиями равного уровня, являются следами пересечения поверхности детали параллельными плоскостями с постоянным шагом. Точность голографических методов весьма велика и ограничивается длиной вол-

ны света применяемого источника излучения (например, длина волны гелий-неонового лазера  $\lambda = 0,634$  мкм) . При исследовании рельефа решается задача поиска отклонения поверхности реального объекта от некоторой поверхности сравнения (опорной поверхности) . В качестве опорной поверхности целесообразно использовать плоскость.

Следует отметить, что в качестве опорной поверхности возможно использование искусственной голограммы. Процесс сравнения осуществим как в реальном времени, так и с использованием метода двойной экспозиции. Недостатком этих методов является необходимость изготовления эталонной опорной поверхности либо ее заменителя. В условиях большой номенклатуры обрабатываемых деталей не представляется возможным создание универсальных измерительных приборов. Определенному количеству контролируемых деталей должно соответствовать такое же количество эталонов. То есть возникает потребность создания банка эталонных опорных поверхностей. Кроме того, эффективна регистрация только малых отклонений.

Наиболее перспективным является метод получения голографических топограмм. Он имеет несколько разновидностей: метод двух источников, иммерсионный, двухдлинноволновой, метод „светового ножа“.

Метод двух источников состоит в регистрации двухэкспозиционной интерферограммы объекта. Причем за время между экспозициями освещающий плоский фронт разворачивается на угол  $\alpha$ . Восстановленное изображение объекта сетется системой интерференционных плоскостей, нормальных к освещающему волновому фронту. Шаг секущих плоскостей определяется по формуле

$$d = \frac{\lambda}{2 \sin (\alpha / 2)},$$

где  $\lambda$  – длина освещающей волны.

Недостатком метода является невозможность применения его для измерения объектов с выемками на поверхности. Кроме того, контролируется та часть детали, которая открыта с направлений освещения и регистрации.

Иммерсионный метод состоит в регистрации двухэкспозиционной интерферограммы объекта, помещенного в кювету с плоским прозрачным окном, причем показатель преломления среды, заполняющей кювету, за время между экспозициями изменяется на величину  $\Delta n$ . Восстановленное изображение так же, как и в методе двух источников, сетется системой интерференционных плоскостей с шагом  $\lambda / 2 \Delta n$ , т. е. шаг секущих плоскостей зависит от разницы показателя преломления  $\Delta n$  иммерсионных сред.

Двухдлинноволновой метод заключается в регистрации интерферограммы при освещении на двух длинах волн  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$ , а восстановление осуществляется на одной длине волны. Шаг секущих плоскостей в этом методе определяется по формуле  $d = \lambda_1 \lambda_2 / 2 (\lambda_1 - \lambda_2)$  .

Метод „светового ножа“ является простейшим. Он состоит в том, что контролируемое изделие, установленное в затемненном помещении, освещается при последовательном перемещении параллельным пучком света через узкую щель. Возможности метода ограничены малым разрешением, так как дифракция не позволяет использовать для создания светового ножа щели малой ширины. Поэтому возможности этого метода весьма ограничены.

Методы получения топограмм сравнительно легко автоматизируются. О погрешностях формы можно судить по искривлению интерференциальных линий и расстоянию между ними. Определив степень искривления в области значений погрешности формы и шероховатости (чистоты оптических деталей), можно получать количественные оценки точности и шероховатости (применяя фильтры и счетно-решающие устройства). В качестве счетно-решающих устройств целесообразно использовать управляющие ЭВМ автоматической системы механической обработки либо автономные микрокомпьютеры.

На основании изложенного можно сделать выводы, что автоматизация контроля прецизионных деталей решается путем применения голографических методов, обладающих высокой точностью и надежностью измерения и быстродействием. При этом наряду с количественной оценкой погрешностей достигается наглядность представления полученных результатов измерения.

УДК 621.91

В.И.ХОДЫРЕВ, канд. техн. наук,  
В.А.МОЛОЧКОВ (ММИ)

### ПОГРЕШНОСТИ ФОРМЫ И ВЗАИМНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ ВИНТОВЫМ РОТАЦИОННЫМ РЕЗЦОМ

Настоящие исследования, проведенные на основе имитационного моделирования процесса формообразования при обработке винтовыми ротационными резцами (ВРР), показывают, что в зависимости от соотношения  $K_n$  частот вращения резца и детали наибольшие отклонения профиля обработанной поверхности могут относиться к шероховатости, волнистости или погрешностям формы. Для условий рис. 1 при  $K_n = 1,08...1,32$  образуется шероховатость, при  $K_n = 1,0$  — погрешности формы, а в остальных случаях — волнистость. Вид отклонений определялся по отношению среднего шага неровностей  $S_m$  к их высоте  $R_{max}$ . Очевидно, что если соотношение  $K_n$  выражается целым числом, то профиль поверхности в осевом сечении идентичен по форме и шагу к поверхности, обработанной ротационным резцом с круговой кромкой. Однако при этом появляются погрешности в виде отклонений от соосности обработанной поверхности, овальности или огранки с числом граней, равным произведению соотношения  $K_n$  на число заходов режущей кромки  $i$  (рис. 2). Огранка образуется и при некоторых других значениях  $K_n i$ , но ее размер при этом незначителен.

В табл. 1 приведены значения суммарных отклонений формы и расположения поверхности при обработке двухзаходным ВРР (диаметр детали 65 мм, диаметр резца 40 мм, шаг режущей кромки 6 мм, угол наклона оси резца  $25^\circ$ ).

Причиной появления тех или иных погрешностей в процессе формообразования при обработке ВРР является смещение формообразующих участков режущих кромок от плоскости подачи, которое приводит к увеличению расстояния между вершиной режущей кромки и осью вращения детали. Степень