

Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Технології в машинобудуванні. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2008. – № 35. – 128 с.

В збірнику представлені теоретичні та практичні результати наукових досліджень та розробок, що виконані викладачами вищої школи, аспірантами, науковими співробітниками різних організацій та установ в галузі машинобудування, металорізального обладнання, оснащення та засобів автоматизації.

Для викладачів, наукових співробітників, спеціалістів.

В сборнике представлены теоретические и практические результаты исследований и разработок, выполненных преподавателями высшей школы, аспирантами, научными сотрудниками различных организаций и предприятий в области технологии машиностроения, металлорежущего оборудования, оснастки и средств автоматизации.

Для преподавателей, научных сотрудников, специалистов.

**Рекомендовано до друку Вченою радою НТУ «ХПІ»  
Протокол № 7 від «4» липня 2008 р.**

© Національний технічний університет «ХПІ»

**УДК 621.753.4**

*В.Н. БЕЛИК*

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ УНИФИЦИРОВАННОЙ ПЕРЕНАЛАЖИВАЕМОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ МЕТОДОМ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ**

У процесі конструювання технологічного оснащення розглянуті питання твердості переналагоджуваних верстатних пристосувань, призначених для точної механічної обробки деталей на верстатах типу ОЦ. При дослідженнях застосований сучасний метод голографічної інтерферометрії.

Точность обработки деталей, изготавливаемых на металлообрабатывающих станках, во многом зависит как от возможностей применяемого металлорежущего оборудования, так и от технических характеристик используемой технологической оснастки. В частности, недостаточная жесткость станочных приспособлений может существенно понизить класс достижимой точности станка и ухудшить качество обработки деталей. Стремление повысить прочностные и жесткостные характеристики оснастки за счет увеличения толщины стенок конструкций, массивности базовых оснований и т. п. приводит к росту ее металлоемкости и понижению мобильности, что особенно нежелательно для переналаживаемых и универсальных конструкций. Поэтому на стадии разработки технологической оснастки необходимы соответствующие инженерные расчеты и экспериментальная проверка конструктивных параметров, обеспечивающих выполнение условий жесткости, прочности, надежности и металлоемкости.

Комплекты унифицированной переналаживаемой технологической оснастки предназначены для оснащения деталей при механической обработке на стенках ОЦ мод. ИР-500, ИР-320, ОЦФ-1 и других, состоят из базовых приспособлений и плит-спутников с сетками координатно-фиксирующих отверстий или Т-образных пазов. В комплект также входят крепежные и установочно-зажимные элементы.

Сменные плиты могут использоваться со всеми базовыми приспособлениями для монтажа определенной компоновки. При этом конструкции базовых приспособлений максимально облегчены с целью экономии металла, повышения мобильности и снижения нагрузки на подшипники стола станка. Крепление приспособлений на столе осуществляется при помощи специальных болтов, входящих в комплект; усилие затяжки контролируется посредством динамометрического ключа.

Универсальность конструкций базовых приспособлений комплектов УПТО-ОЦ, оперативность и незначительные материальные затраты на переоснащение обрабатываемых деталей удовлетворяют современным требованиям, предъявляемым к переналаживаемой оснастке, создают возможность организации серийного производства и широкого внедрения этого вида технологической оснастки на машиностроительных предприятиях с многономенклатурным производством.

В процессе конструирования приспособлений был выполнен комплекс инженерных расчетов и исследований напряженно-деформированного состояния базовых приспособлений и плит-спутников с целью определения наиболее рациональных конструктивных параметров. При этом расчеты в трехмерной постановке проводили методом конечных элементов на ЭВМ ЕС 1045 по разработанной на алгоритмическом языке ФОРТРАН программе [1]. В качестве условий эксплуатации и нагружения исследуемых станочных приспособлений принимались экстремальные режимы резания и возникающие при этом максимальные усилия, действующие на приспособления в процессе обработки деталей. Были просчитаны все практически возможные худшие варианты нагружения базовых приспособлений и сменных плит, в результате чего вычислены основные конструктивные параметры, определяющие жесткость, прочность, надежность и металлоемкость создаваемых конструкций. По полученным геометрическим размерам изготовлены опытные образцы приспособлений,

которые были подвергнуты лабораторным и производственным испытаниям.

Для экспериментальной проверки жесткостных характеристик теоретически рассчитанных и изготовленных натуральных образцов приспособлений рамной конструкции, в лабораторных условиях был использован один из наиболее эффективных, современных методов исследования напряженно-деформированного состояния элементов машин, станков и других объектов, находящихся под нагрузкой в процессе эксплуатации, - метод голографической интерферометрии, обладающий простотой в применении, возможностью проведения неразрушающих бесконтактных измерений величин деформаций и получения результатов с достаточно высокой точностью [2].

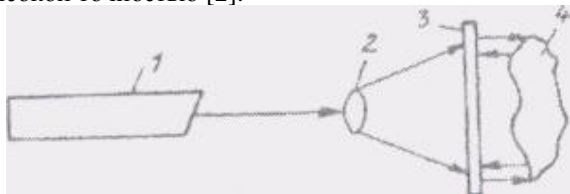


Рис. 1 – Оптическая схема регистрации голограмм во встречных пучках: 1-оптический квантовый генератор; 2- объектив; 3- регистрирующая среда; 4-исследуемый объект.

Используемый при этом принцип оптической интерференции, возникающей на поверхности регистрирующей среды непосредственно на фоне исследуемого объекта, позволяет фиксировать прогибы, смещения и другие деформации его отдельных зон и характерных точек с точностью, превышающей 0,001 мм.

Большим преимуществом метода голографической интерферометрии является также возможность измерять жесткостные характеристики конструкций непосредственно на реальных объектах и корректировать результаты теоретических расчетов. Причем, высокоточные измерения величин абсолютных деформаций, исследуемых конструкций можно

проводить не только в лабораторных условиях на специальных стационарных топографических установках, но и в процессе производства на работающем оборудовании, благодаря применению соответствующих оптических схем и способов закрепления применяемой регистрирующей среды.

Кроме того, голографическая интерферометрия позволяет исследовать предметы любой формы, даже с диффузно-отражающими поверхностями. Отступления от идеальной гладкости поверхности не сказываются на интерференционной картине: интерференционные волны будут в одинаковой степени искажаться, т. к. эталонную световую волну создает сам объект и интерференционная картина определяется только теми изменениями, которые произошли с объектом. По этой же причине при голографической интерферометрии снижаются требования к качеству оптики.

В данных экспериментах использовали метод регистрации интерференции с двойной экспозицией, когда на одной голограмме фиксируются два состояния объекта: первое (исходное) - до приложения нагрузки, второе - после деформирования, которое и является причиной возникновения интерференционной картины, несущей информацию о количественных изменениях формы и размеров исследуемого объекта. При интерференции с двойной экспозицией фиксируются только изменения, произошедшие с объектом между двумя экспозициями, причем используются методы как голографической интерферометрии, так и спекл-интерферометрии, основанные на спекл-эффекте, т. е. эффекте пятнистости структуры диффузной поверхности, наблюдаемом в лазерном излучении. Методы спекл-фотографии с двойной экспозицией предусматривают освещение объекта когерентным или частично когерентным излучением с последующей двойной фиксацией объекта - до и после нагружения. Совместное применение методов голографической и спекл-интерферометрии позволяет повысить точность, достоверность проводимых измерений и чувствительность оптической схемы. Методы, обеспечивающие одновременную регистрацию на одной фотопластине голографических и спекл-интерферограмм, объединены под общим названием спекл-голографической интерферометрии.

При экспериментальном определении жесткости станочных приспособлений использовали получившую широкое распространение схему регистрации голограмм во встречных пучках, показанную на рис.1. В данной схеме опорная волна от лазера через расширитель попадает на прозрачную регистрирующую среду, за которой расположен исследуемый объект, деформируемый известными усилиями непосредственно в процессе проведения эксперимента.

Отраженное от исследуемого объекта излучение образует предметную волну, которая распространяется навстречу опорной и, взаимодействуя с ней, образует интерференционную картину деформированного состояния объекта, содержащую количественные данные об изменениях его форм и размеров под воздействием приложенной нагрузки.

В результате экспонирования и специальной обработки регистрирующей среды фиксируется голограмма, образованная объемной интерференционной структурой в регистрирующей среде. Голограмма во встречных пучках в силу своих избирательных свойств может восстанавливать изображение объекта при освещении ее некогерентным светом, что позволяет проводить анализ полученных интерференционных картин практически в любом помещении без использования лазерных источников излучения.

Опытные образцы приспособлений рамной конструкции для лабораторных испытаний и экспериментального определения жесткостных характеристик методом голографической интерферометрии, как и последующие серийные приспособления, изготовляли методом литья из стали 40ХЛ, имеющей модуль продольной упругости  $E=2,1 \cdot 10^5$  МПа и коэффициент Пуассона  $\nu - 0,2$ . Для получения голографических интерферограмм деформированного состояния опытные образцы приспособлений закрепляли на стендовой плите с Т-образными пазами при помощи специальных болтов М16.

Экспериментальная установка для анализа жесткостных характеристик станочных приспособлений методов голографической интерферометрии, также смонтированная на стендовой плите, позволила провести исследование деформированного состояния различных компоновок в идентичных условиях по одной и той же схеме нагружения. При этом во всех случаях применявшихся в качестве регистрирующей среды фотопластины ПФГ-03 закрепляли непосредственно на объекте исследования, что позволяло однозначно нейтрализовать различные трансляционные смещения, неизбежно возникающие в экспериментах прикладываемых нагрузок выбирали как при экстремальных режимах резания на оснащаемых данными приспособлениями станках, но в пределах, обеспечивающих получение качественных интерференционных картин, поддающихся расшифровке и анализу.

Проведенная по разработанной методике серия экспериментов позволила получить голографические интерферограммы деформированного состояния приспособлений рамной конструкции, обладающие количественной информацией о распределении перемещений точек данного объекта под воздействием рабочих усилий. Полученные величины относительных деформаций и абсолютных смещений характеризуют жесткость исследуемых конструкций приспособлений и возможность достижения требуемой точности обработки деталей на оснащаемых металлорежущих станках.

Визуальный анализ показывает, что картины деформирования исследуемых базовых поверхностей соответствуют реальной схеме нагружения и закрепления приспособлений: максимум перемещений наблюдается в верхней (незакрепленной) части при их стремлении к нулю внизу (в зоне заделки).

Список литературы: 1. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. -М.: Мир, 1975, с.273с. 2. Голографические неразрушающие исследования. // Под редакцией Р.К.Эрфа. - М.: Машиностроение, 1985, -245с.

*Поступила в редколлегию 15.05.2008*

**УДК 621.438:621.045.042**

*С.О. БЕЛЯЕВА, В.А. КОВАЛЬ*

## **СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАРОВАЗОВЫХ УСТАНОВОК**

The possibility of a raise of effectiveness stem-gas an engine installation due to rational injection of water in the setting of the axial-flow compressor is considered. Experimentally effect of injection of water in different places its input in the compressor is explored at various operational modes and rotational displacement of stators.

В условиях широкого применения ГТУ в энергетике большую актуальность приобретает поиск оптимальных схем энергоустановок с газовыми турбинами, имеющих максимально возможный КПД и высокую удельную мощность. Указанные параметры в значительной степени определяют сравнительную рентабельность новых энергоустановок.

Характерным для всех типов современных ГТД является повышение параметров цикла (температуры и давления газов), что создает предпосылки для снижения надежности машины и ухудшения ее экологических характеристик. Поэтому особое внимание уделяется проектированию основных узлов двигателя с учетом особенностей протекания в них рабочих процессов.

Хорошими показателями в плане повышения тепловой эффективности при одновременном снижении удельной стоимости обладают энергоустановки, работающие по газопаровым циклам, где в качестве дополнительного рабочего тела используется водяной пар, генерируемый в процессе утилизации тепла отработанных газов и впрыскиваемый в камеру сгорания (цикл STIG). Одним из вариантов энергоустановок такого типа, предназначенных для замещения выходящих из эксплуатации энергоблоков ТЭЦ, является установка МЭС-60 на базе ГТД АЛ-21 разработки ФГУП «ММПП «Салют».

При разработках ПГУ с применением конверсионных ГТД предполагается, что основные параметры и конструкция компрессорной группы исходного прототипа авиадвигателя существенно не изменяется. Это позволяет значительно сократить капитальные затраты.

Основными путями повышения термического КПД энергоблоков с ГТУ являются: снижение относительной мощности компрессора, которая, как правило, в 1,5...2,5 раза превышает полезную мощность на валу электрогенератора и утилизация или регенерация тепла выхлопных газов. Характерная особенность известных схем ПГУ с впрыском пара – достаточно жесткая связь доли использованного при регенерации тепла отработанных в ГТ газов и параметров парового контура. При этом в схеме ПГУ с впрыском пара