

НОВОЕ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОТДЕЛОЧНО-ЗАЧИСТНОЙ ВИБРООБРАБОТКИ СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Представлены информационно-аналитические сведения и теоретические предпосылки проектирования технологического оборудования для виброобработки сложнопрофильных деталей. Разработана принципиальная схема нового вибростанка, изложена методика его запуска и описан технологический регламент выполнения операций отделочно-зачистной обработки.

Ключевые слова: *сложнопрофильные детали, виброобработка, мелкодисперсная рабочая среда, вибростанок, предпосылки проектирования, методика запуска, технологический регламент.*

Введение. Номенклатура деталей отраслей сельхозмашиностроения, авиастроения и производства аэрокосмических летательных аппаратов, станков и установок технологического назначения и других исполнительных систем, связанных с использованием газотурбинных двигателей (ГТД), насчитывает большое количество деталей типа тела вращения, таких как диски, втулки, катушки, зубчатые колеса и другие, имеющие симметричную форму и центральные сквозные отверстия.

Отделочно-зачистная обработка упомянутых деталей является неотъемлемым процессом производственного цикла, внедрение которого сопряжено с решением совокупности производственных, экономических и социальных задач, имеющих функциональные, эргономические и эстетические корни.

1. Характеристика деталей и методов отделочно-зачистной обработки

Согласно классификации форма упомянутых сложнопрофильных деталей образуется сочетаниями цилиндрических, конических и других лекальных плоскостных и объемных поверхностей, имеют место малые радиусы сопряжения, а также глухие и сквозные отверстия различного диаметра [1].

При получении заготовок деталей ГТД, как правило, применяются такие технологические способы как точное литье и штамповка. Дальнейшее формообразование связано с операциями обработки лезвийным инструментом на металлорежущих станках. В связи с возрастающим объемом изготовления заготовок, соответственно, возрастает объем отделочно-зачистных операций по удалению облоя и заусенцев, возникающих как при производстве заготовок, так и при их дальнейшей механообработке. Процесс удаления дефектов поверхности на заготовках представляет определенные трудности вследствие большого многообразия форм контуров, а также необходимости удаления дефектного слоя металла на небольших участках поверхности, что требуется согласно условиям последующей сборки и эксплуатации. Кроме того, повышение безотказности и ресурса механизмов во многом зависит от качества обработки поверхностей, входящих в них деталей [2, 3].

Вполне понятно, что качество механизмов, зависящее от микрогеометрии и физико-механических свойств поверхностей входящих в них деталей, в значительной мере определяется уровнем выполнения финишных отделочных операций. В данном случае отделочно-зачистная обработка закрепленным лезвийным или абразивным инструментом, а также струйными методами является затруднительной, а при недоступном расположении обрабатываемых поверхностей — невозможной.

Априорные экспериментальные исследования, проведенные в НИЛ «ОСА» ВНУ им. В. Даля, указывают на принципиальную возможность проведения отделочно-

зачистных операций деталей ГТД с использованием виброобрабатывающей техники и технологии. Однако, для применения традиционного метода виброобработки необходимо корректировка его технологического процесса и конструкции оборудования. Предполагается, что использование мелкодисперсных рабочих сред с размером гранул 1,5...2,0 мм, а также шлифзерна 200...40 мкм и шлифпорошков 32...16 мкм обеспечит возможность доступа к затененным элементам конструкции сложнопрофильных деталей, что абсолютно исключено для гранул 5...30 мм, обычно применяемых в традиционной виброобработке.

2. Теоретические предпосылки проектирования нового технологического оборудования

Исходя из теории перемещения сыпучих сред известно, что характер вибрационного воздействия на них в значительной степени зависит от дисперсности гранул, а также газовой и жидкой составляющей. В частности, из-за низкой воздухопроницаемости в мелкодисперсной среде возникают дополнительные нагрузки. Это происходит вследствие того, что между пульсациями давления газовой составляющей и движением твердой абразивной составляющей среды наблюдается сдвиг фаз. Такое явление приводит к возникновению аэродинамических сил, препятствующих движению твердой составляющей рабочей среды. Так, в пространстве между рабочими поверхностями резервуара вибростанка и прилегающим к ним слоем рабочей среды при подбрасывании ее вверх возникает разрежение, а при падении вниз — повышение давления, что при обработке в мелкодисперсных средах аналогично «насосному» эффекту. Выравнивание периодических колебаний аэродинамического давления происходит вследствие компенсации между избыточным и недостаточным количеством воздуха в сыпучей среде. При этом на фракции среды действует пульсирующий напор воздуха со сдвигом по фазе в направлении, противоположном ее перемещению [4, 5].

Упомянутые аэродинамические силы, действующие на фракции среды, определяются массой загрузки резервуара вибростанка, ее удельной воздухопроницаемостью и режимами колебаний. При воздействии колебаний на мелкодисперсные среды вследствие значительных сил сцепления между их фракциями требуется более интенсивный режим колебаний, чем для крупнодисперсных сред. Таким образом, для перевода мелкодисперсной среды в состояние виброкипения, ускорения ее колебаний должны в несколько раз превышать ускорение свободного падения. Требуемые условия виброобработки теоретически могут быть созданы при значительном, до 9 мм и выше, увеличении амплитуды колебаний, однако при этом значительно снижается надежность подшипниковых узлов инерционных вибровозбудителей, работающих в условиях больших знакопеременных нагрузок.

Исходя из практики внедрения технологий отделочно-зачистной обработки известно, что мелкодисперсные рабочие среды, загруженные в колеблющийся резервуар вибростанка, обладают пассивной кинематикой и динамикой, что не свойственно для создания эффекта виброкипения рабочей среды при виброобработке. Скорости циркуляционного и осциллирующего движения гранул среды минимальны и недостаточны для реализации основного принципа виброобработки, состоящего в относительном перемещении и взаимном давлении рабочей среды и обрабатываемых деталей [6].

В этой связи напрашивается проектирование новой технологии и оборудования, в основу которых поставлена задача усовершенствования традиционной виброобработки, ее управления и расширения функциональных возможностей. С этой целью обработку проводят при одновременном использовании энергии вибрационных сил, воздействующих на рабочую среду и детали, а также энергии, возникающей от действия силы струйного движения потоков жидкости. Такой характер комбинированного энергетического воздействия создает условия, при которых формообразующие свойства находящейся в состоянии виброкипения мелкодисперсной рабочей среды, обеспечивают микрорезание и упругопластическое деформирование при равномерном и стабильном контакте с обрабатываемой поверхностью любой сложности [7, 8].

3. Описание конструкции нового вибростанка

Учитывая вышеуказанные технологические принципы, авторы настоящей статьи предлагают новую конструкцию вибростанка (принципиальная схема – рис. 1) для обработки сложнопрофильных деталей в мелкодисперсных рабочих средах [9].

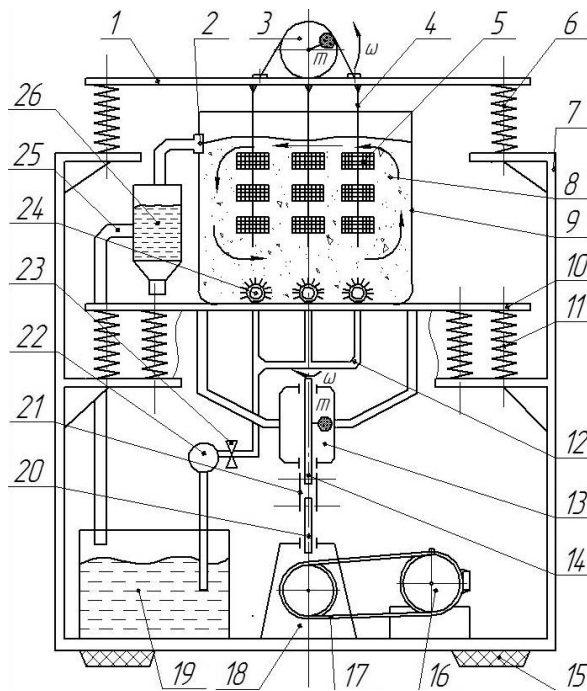


Рис. 1. Принципиальная схема новой конструкции вибростанка

Станок для отделочно-зачистной виброобработки деталей содержит резервуар 9 цилиндрической формы с большей вертикальной осью, жестко связанный с виброплатформой 10. Резервуар 9, загруженный на 80 % геометрического объема мелкодисперсной рабочей средой 8 с размером гранул не более 2,0 мм, и установленный с помощью упругой подвески 11 из карусельно расположенных цилиндрических пружин на основании 7, смонтированном на амортизаторах 15. Вибровозбудитель 13 инерционного типа, создающий колебательные движения в горизонтальной плоскости, связанный с виброплатформой 10, расположен у дна резервуара 9, соосно с ним. Вал 14 вибровозбудителя 13 с помощью гибкой муфты 21 сообщается с валом 20 конического редуктора 18, связанного клиноременной передачей 17 с электродвигателем 16. В днище резервуара 9 с помощью гибкого трубопровода 12 смонтировано гидродинамическое устройство 24, приводящее рабочую среду 8 в псевдосжиженное состояние. Данное состояние поддерживается непрерывной циркуляцией жидкости, подаваемой насосом 22 и регулируемой приводом 23 ее подачи. Магистраль 25, в цепь которой включена сливная воронка 2 и безнапорный гидроциклон 26 для очистки от микростружки и частиц абразива, используется для отвода жидкости из резервуара 9 в отстойник 19 для последующей циркуляции или регенерации. Детали 5, подлежащие отделочно-зачистной обработке базируются и закрепляются на установочных пальцах 4 станочного приспособления 1. При обработке приспособление 1 помещают в рабочую среду 8 резервуара 9 и с помощью упругой подвески 6 совместно с инерционным электромеханическим вибратором 3, создающим колебательные движения в вертикальной плоскости, монтируют на основании 7. Рабочие поверхности резервуара 9 облицованы полиуретановым покрытием, что позволяет проводить технологические процессы виброобработки с применением химически-активных растворов.

Виброплатформа 10 жестко связана с резервуаром 9. Виброплатформа 10 установлена на амортизаторах 15. Виброплатформа 10 имеет вращательное движение, обозначенное символом ω . Детали 5, подлежащие обработке, закреплены на установочных пальцах 4 станочного приспособления 1. При обработке приспособление 1 помещают в рабочую среду 8 резервуара 9 и с помощью упругой подвески 6 совместно с инерционным электромеханическим вибратором 3, создающим колебательные движения в вертикальной плоскости, монтируют на основании 7. Рабочие поверхности резервуара 9 облицованы полиуретановым покрытием, что позволяет проводить технологические процессы виброобработки с применением химически-активных растворов.

4. Методика запуска вибростанка

Перед началом эксплуатации проводилась технологическая отладка вибростанка, методика запуска которого состояла в следующих мероприятиях.

Обоснование необходимости разжижения мелкодисперсной рабочей среды. Для проверки необходимости непрерывной циркуляции рабочей жидкости, обеспечивающей стабильный процесс виброобработки, была проведена сухая обработка и мокрая обработка с непрерывной циркуляцией рабочей жидкости. В процессе сухой обработки наблюдалось оседание абразива в нижнюю часть резервуара. При этом статические силы сопротивления среды превышали силы вибрации приспособления с деталями, что приводило к его «выталкиванию» из абразивной среды. Стабильность и надежность работы вибрационной установки была достигнута при непрерывной подаче рабочей жидкости в резервуар, когда происходило постоянное разжижение рабочей среды, обеспечивающее

ее постоянные колебания с заданной амплитудой. В качестве абразивной среды использовался электрокорунд нормальный, зернистостью 32 ТУ УЗ.02-00222226-5994.

Определение рационального расстояния от гидродинамического устройства до обрабатываемых деталей. Расстояние от источника подачи рабочей жидкости выбиралось исходя из максимального использования объема резервуара, минимального количества абразива, а также расхода рабочей жидкости, и находилось в пределах $(0,1 \dots 0,3)h$, где h – максимальная высота загрузки резервуара абразивом.

Оценка влияния расхода жидкости на эффективность обработки. При определении рационального расхода жидкости устанавливалось пять значений расходов: 0,5; 1,0; 1,3; 1,6; 2,0 л/мин. Производительность процесса оценивалась по удельному съему металла и шероховатости поверхности. Обработка производилась при амплитуде 1,0...3,0 мм,

Оценка влияния высоты засыпки деталей на эффективность обработки. Под высотой засыпки деталей следует понимать толщину слоя абразивной среды, находящегося над обрабатываемыми деталями. При этом устанавливалось пять значений: 20, 40, 60, 80, 100 мм. Обработка производилась при амплитуде колебаний 1,0...3,0 мм.

Оценка влияния времени обработки на эффективность процесса. Производительность процесса обработки оценивалась по удельному съему металла и шероховатости поверхности. Амплитуда колебаний составляла 1,0...3,0 мм при контролируемом времени не менее 30 мин.

Оценка влияния амплитуды колебаний на эффективность обработки. Устанавливалось пять значений амплитуд колебаний: 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 мм. Контролируемое время составляло не менее 30 мин.

Оценка влияния зернистости абразивной среды на эффективность обработки. Применялся электрокорунд нормальный, зернистостью 12, 20, 32. Производительность процесса оценивалась по шероховатости поверхности. Время обработки – не менее 30 мин.

5. Технологический регламент работы вибростанка

Предлагаемый станок для отделочно-зачистной виброобработки деталей работает следующим образом. Резервуар на 80 % своего геометрического объема загружают мелкодисперсной рабочей средой, размер гранул которой не превышает 2,0 мм. Детали, подлежащие обработке, по отдельности или пакетами базируют и механически закрепляют на установочных пальцах станочного приспособления. Режимы работы станка, необходимые для обработки, устанавливают при регулировке вибровозбудителя инерционного типа, электромеханического вибратора, а также клиноременной передачи. Далее, последовательно включают электродвигатель и приводят в рабочее положение вибровозбудитель. С помощью насоса и привода посредством гидродинамического устройства из отстойника в резервуар подают жидкость. Циркуляция жидкости совместно с колебаниями резервуара приводит рабочую среду в псевдосжиженное состояние. Установочные пальцы с деталями, подлежащими обработке, помещают в рабочую зону резервуара. Станочное приспособление с помощью упругой подвески устанавливают на основании станка. Включают электромеханический вибратор и проводят обработку. При достижении требуемой шероховатости и удалении дефектов поверхности обрабатываемых деталей выключают все исполнительные механизмы станка. Далее извлекают из резервуара станочное приспособление, снимают обработанные детали с установочных пальцев и проводят контроль качества отделочно-зачистной обработки.

Заключение. Новая конструкция вибростанка предназначена для снятия заусенцев, скругления острых кромок, шлифования и полирования мелко- и среднегабаритных сложнопрофильных деталей общемашиностроительного применения. Материал деталей: углеродистые стали; алюминиевые сплавы; латунь; и др. Операция виброшлифование обеспечивает шероховатость поверхности не хуже $Ra = 0,63 \dots 0,32$ мкм. Возможно выполнение операций чистового и тонкого шлифования, а также специальные операции мойки и очистки поверхностей деталей.

Литература

1. *Определитель деталей общемашиностроительного применения. Руководящий технический материал Общесоюзного классификатора промышленной и сельскохозяйственной продукции / Под ред. Е.А. Панфилов, Ю.И. Блохин, Л.М. Кулик, Б.А. Погодин, Г.М. Шнайдман. – М.: Изд-во стандартов, 1977.*
2. Gillespie, LaRoux, *Deburring and Edge Finishing Handbook, SME, Dearborn, MI, 1999.*
3. *Машиностроение. Энциклопедия / Ред. совет: К.В. Фролов (пред.) и др. – М.: Машиностроение. Технология изготовления деталей машин Т. III – 3 / А.М. Дальский, А.Г. Суслов, Ю.Ф. Назаров и др. Под общ. ред. А.Г. Суслова, 2006. – 840 с.*
4. Бабичев, А.П. *Основы вибрационной технологии [Текст] / А.П. Бабичев, И.А. Бабичев. – изд. 2-е, перераб. и доп. – Ростов н/Д.: Изд. Центр ДГТУ, 2008. – 694 с.*
5. Гончаревич, И.Ф. *Теория вибрационной техники и технологии [Текст] / И.Ф. Гончаревич, К.В. Фролов. – М.: Наука, 1981. – 320 с.*
6. Мицык, А.В. *Пути интенсификации вибрационной отделочно-зачистной обработки комбинированием схем энергетических воздействий на рабочую среду и детали [Текст] / А.В. Мицык, В.А. Федорович // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – 2011. – № 6 (83). – С. 26–34.*
7. Пат. 78281 U, МПК В24В 31/06. *Спосіб віброобробки деталей / Т.Г. Захаров, В.Я. Міцик (Україна). – № 201211423; заявл. 03.10.2012; опубл. 11.03.2013, Бюл. № 5.*
8. Захаров, Т.Г. *Эффективность технологии для отделочно-зачистной обработки сложно-профильных деталей мелкодисперсной псевдосжизненной рабочей средой [Текст] / Т.Г. Захаров, В.Я. Мицык // Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку: XI Міжнародна наук.-техн. конф., 4–6 червня 2013 р. – Краматорськ: ДДМА, 2013. – С. 88–95.*
9. Пат. 79695 U, МПК В24В 31/06. *Верстат для оздоблювально-зачищувальної віброобробки деталей / Т.Г. Захаров, В.Я. Міцик (Україна). – № 201213360; заявл. 23.11.2012; опубл. 25.04.2013, Бюл. № 8.*

© Т.Г. Захаров, В.Я. Мицык

Т.Г. Захаров, асп., В.Я. Міцик, к.т.н., доц.

Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля

НОВЕ У ПРОЕКТУВАННІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОЗДОБЛЮВАЛЬНО-ЗАЧИЩУВАЛЬНОЇ ВІБРООБРОБКИ СКЛАДНОПРОФІЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ

Представлено інформаційно-аналітичні відомості та теоретичні передумови проектування технологічного обладнання для віброобробки складнопрофільних деталей. Розроблено принципову схему нового віброверстата, викладено методика його запуску та описано технологічний регламент виконання операцій оздоблювально-зачищувальної обробки.

Ключові слова: складнопрофільні деталі, віброобробка, дрібнодисперсне робоче середовище, віброверстат, передумови проектування, методика запуску, технологічний регламент.

T.G. Zakharov, Post-graduate student, V.Ya. Mytsik, Ph.D., Associate Professor

Volodymyr Dahl East-Ukrainian National University

A NEW IN DESIGNING OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT FOR FINISHING-GRINDING VIBRATION TREATMENT OF COMPLEX-PROFILED PARTS

The informative-analytical data and theoretical prognosis of designing of technological equipment for finishing-grinding vibration treatment of complex-profiled parts are presented. The principal chart of the new vibration machine is developed, the methodology of its starting and the technological regulations of executing the operations of finishing-grinding vibration treatment are described.

Keywords: complex-profiled parts, vibration treatment, fine-grained working medium, vibration machine, prognosis of designing, methodology of starting, technological regulations.