

УДК 621.941

А.А. Вожжов, ст. преподаватель

Севастопольский национальный технический университет.

Ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Украина, 99053

E-mail: andrey_vozhzhov@mail.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕВИТАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ ТОНКОСТЕННЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ НА ФИНИШНЫХ ОПЕРАЦИЯХ

Разработано устройство для левитационного точения тонкостенных цилиндрических деталей и проведена экспериментальная оценка его работоспособности, разработаны рекомендации для создания промышленных левитационных устройств, обеспечивающих эффективную финишную токарную обработку подобных деталей

В условиях переналаживаемого производства перспективным является бесконтактный метод базирования обрабатываемых деталей, основанный на использовании бесконтактных (левитационных) устройств, принцип действия которых основан на эффекте, заключающемся в подъеме и парении твердых тел без контактов с окружающими опорами.

Способы точения, основанные на использовании традиционных подходов, не позволяют избежать погрешности формы и размеров, металло-энергоемки, неэффективны в условиях производства деталей ограниченными партиями, разной номенклатуры, конструктивно сложны.

Вопросам финишной обработки точением тонкостенных цилиндрических деталей (ТЦД) посвящены работы [2,3]. В них приведены методики расчета и построения рационального технологического процесса, исследования влияния различных составляющих процесса резания с учетом особенностей обработки, созданы теоретические основы и технические средства реализующие метод виброрезонансного точения.

Однако вопросы, связанные с выбором оптимальных параметров резания, использования виброрезонансных устройств и реализации теоретических разработок в настоящее время остаются в полной мере не изученными. С этой целью необходимо проведение дополнительных исследований.

Целью статьи является проведения экспериментальных исследований процесса токарной обработки ТЦД с использованием левитационных устройств.

Проведение экспериментальных исследований планировалось для решения следующих задач:

- оценка пределов регулирования скорости вращения;
- возможность передачи необходимого крутящего момента обрабатываемой детали;
- оценка функциональной зависимости скорости и момента вращения деталей от наличия токопроводящего внутреннего статора;
- оценка возможности токарной обработки деталей в устройствах данного типа;
- формулирование задач и разработка рекомендаций для создания промышленных левитационных устройств обеспечивающих эффективную финишную токарную обработку;

Для решения предложенных задач была создана экспериментальная установка (левитационный патрон), работающая по принципу двигателя с полым ротором.

Экспериментальная установка (рисунок 1) спроектирована и создана с использованием материальной базы кафедры «Автоматизация технологических процессов и производств» Севастопольского национального технического университета.

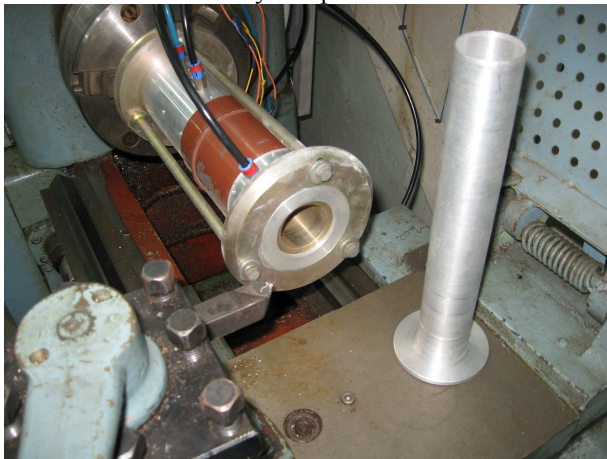


Рисунок 1 – Левитационный патрон

Для реализации поставленной задачи была предложена схема экспериментальной установки изображенной на рисунке 2. Левитационный патрон устанавливается в трехкулачковом самоцентрирующемся патроне токарного станка с закреплением задней опоры в пиноле задней бабки.

Детали представляют ТЦД с развитым торцом устанавливается с помощью радиальных аэростатических опор в полость статора двигателя АДП – 363А с полым ротором так, что при подаче воздушного давления в опоры деталь центрируется относительно своей оси в кольцевых аэростатических подшипниках и левитирует. Обмотка стандартного двигателя не имеет элементов, позволяющих осуществить осевой поджим детали, поэтому предложено использовать торцевой аэростатический упор, который исключает перемещение детали в осевом направлении, закрепляемый в пиноли задней бабки станка. Деталь при подаче давления размещается между двух торцевых аэростатических опор без контакта с ними.

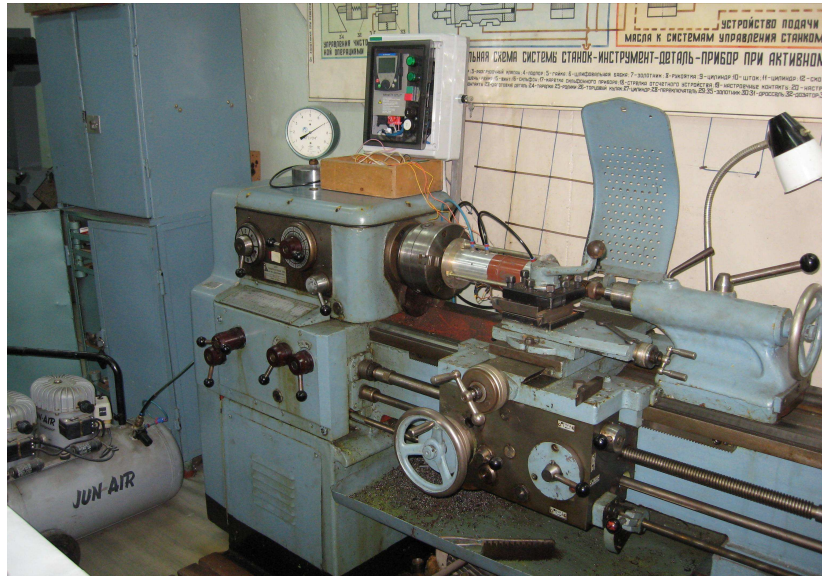


Рисунок 2 – Экспериментальная установка

При подаче напряжения к обмоткам статора двигателя создается вращающееся электромагнитное поле и осуществляется вращение детали вместе с торцевой опорой, к которой деталь прижимается аэростатическим упором с плавающей головкой.

При установке упора относительно детали с гарантированным зазором $\delta = 0,25$ мм и давления в опорах $P_0 = 0,4 \dots 0,7$ МПа получено стабильное вращение обрабатываемой детали с возможностью плавной регулировки частоты вращения в пределах $\omega = 50 \dots 1500$ об/мин для детали из алюминия и $\omega = 50 \dots 1200$ об/мин для стальной детали (толщина стенки детали 1 мм.).

Измерения частоты вращения детали произведены при помощи контактного тахометра ТЧ10 – Р и стробоскопического тахометра СТ – 5 (использовался для деталей с толщиной стенки менее 0,5 мм)

Для исследования функциональной зависимости скорости и момента вращения детали электромагнитным полем от наличия токопроводящего статора использован торцевой аэростатический упор со сменными внутренними токопроводящими статорами (рисунок 3). На этом рисунке показаны (торцевая аэростатическая опора с хвостовиком для установки опоры в пиноль задней бабки станка и сменный внутренний статор).

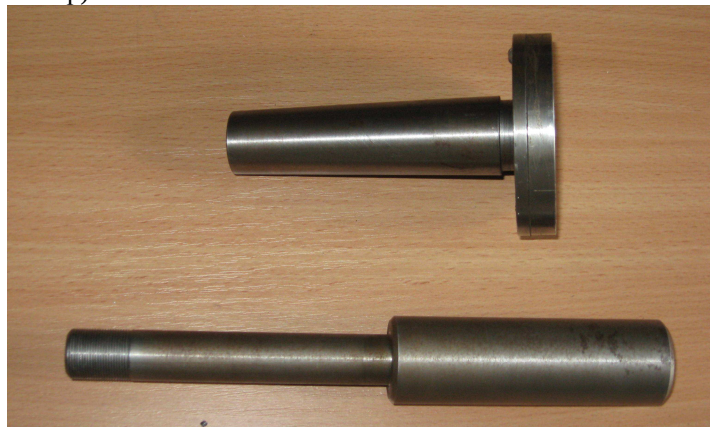


Рисунок 3 – Опора с токопроводящим статором

Эксперимент показал, что применение внутреннего статора оказывает существенное влияние на параметры работы устройства. При введении цельного стального внутреннего статора в полость, как алюминиевой так и стальной детали было замечено увеличение скорости и момента вращения детали без изменения напряжения на управляющей обмотке статора. Внутренний статор изготавливался под каждый типоразмер исследуемой детали и размещался в ее полости с зазором 0,25 мм.

Получено стабильное вращение обрабатываемой детали с возможностью плавной регулировки частоты вращения в пределах $\omega = 50 \dots 2750$ об/мин для детали из алюминия и $\omega = 50 \dots 2000$ об/мин для стальной детали (толщина стенки детали 1 мм.).

Эксперимент проводился с использованием стальных и алюминиевых деталей с различной толщиной стенки, при различных частотах вращения, давление воздуха подаваемое в аэростатические опоры 0,6 МПа. Крутящий момент измерялся с помощью двух динамометров. Экспериментальные данные приведены в таблице 1.

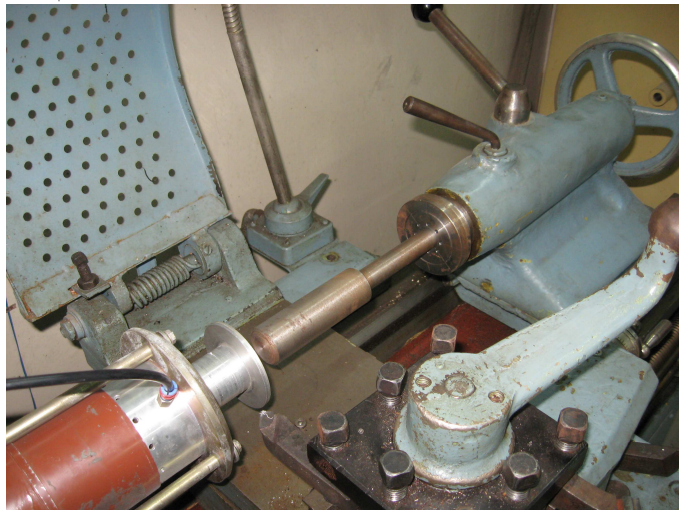


Рисунок 4 – Применение опоры со сменным токопроводящим статором

Таблица 1 – Определение скорости вращения и развиваемого момента (экспериментальные данные)

Толщина стенки детали, мм	Скорость вращения, об/мин	Развиваемый момент (при 1000 об/мин), Нм	Скорость вращения, об/мин	Развиваемый момент (при 1000 об/мин), Нм
Материал детали алюминий				
	Без токопроводящего статора		С токопроводящим статором	
1,2	1100	0,052	1800	0,074
1	1500	0,052	2750	0,08
0,8	1650	0,057	3000	0,082
0,6	1750	0,059	3150	0,085
0,4	1900	0,061	3700	0,085
0,2	2150	0,061	4600	0,085
0,1	2200	0,061	4650	0,085
Материал детали сталь				
	Без токопроводящего статора		С токопроводящим статором	
1,5	1000	0,04	1600	0,054
1	1200	0,042	2000	0,054
0,8	1450	0,042	1800	0,057
0,6	1600	0,042	3100	0,061
0,4	1750	0,042	3300	0,063
0,2	1800	0,043	3500	0,063

Для стабильного вращения детали при точении должно быть выдержано условие $M_0 > M_1$, где M_1 – крутящий момент вызываемый силой резания $M_1 = P_z \frac{D_1}{2}$, где P_z – тангенциальная сила резания, D_1 – диаметр обрабатываемой поверхности [3].

Величина силы P_z определяет крутящий момент резания, по которому определяются: мощность станка, параметры зубчатых колес и валов механизма скоростей станка, параметры зуба и корпуса режущего инструмента;

Для приближенного определения силы резания P_Z может быть использовано уравнение

$$P_Z = pf, \text{ Н,}$$

где f – площадь поперечного сечения среза в мм²; p – удельная сила резания (Н/мм²).

Наиболее часто используется следующая типовая формула:

$$P_i = C_{pi} \cdot t^{x_{pi}} \cdot s^{y_{pi}} \cdot k_{pi}, \quad \text{Н}$$

где $i=x,y,z$; C_{pi} , x_{pi} , y_{pi} , k_{pi} – справочные коэффициенты, зависящие от свойств инструментального и обрабатываемого материалов, геометрии инструмента и так далее; t – глубина резания (мм); s – величина подачи (мм/об).

Значение P_Z определено по справочным данным для точения твердосплавными резцами, при точении сталей и цветных металлов проходным упорным резцом (радиус при вершине резца 0,1...0,4 мм) на токарном станке, располагающем малыми подачами (начиная с 0,02 мм/об), при значениях глубины резания t до 0,1 мм и подачи s до 0,5 мм/об значение P_Z не превышает 5,44 Н. При точении поверхности диаметром 40 мм был применен твердосплавный резец с $\phi=0,5$ мм, значение M_0 должно превышать 0,01 Н м, в нашем случае применен статор двигателя с номинальным вращающим моментом 0,1 Н·м, что в десять раз превосходит требуемое значение.

При чистовом точении алюминия скорость резания рекомендовано принимать не менее 80 м/мин, при этом частота вращения детали лежит в пределах частот представленных в таблице, значение минимального момента создаваемого установкой более чем в три раза превосходит требуемое в расчетах значение представленное выше, следовательно, можно сделать вывод о возможности использования подобного оборудования на финишных операциях изготовления ТЦД.

В экспериментальной установке использован статор управляемого асинхронного двигателя АДП 363А с параметрами приведенными ниже:

Напряжение возбуждения	– 36 ± 3,5 В
Частота	– 500 ± 15 Гц
Потребляемый ток возбуждения	– 2 А
Полезная мощность	– 46,4 Вт
Частота вращения	– 6000 об/мин
Масса	– 2,7 кг
Напряжение питания	– 240 ± 5 В
Номинальный вращающий момент	– 0,1 Нм

Для изготовления деталей с толщиной стенки более 0,25 можно использовать статоры традиционных асинхронных двигателей рисунок 5.



Рисунок 5 – Использование статора трехфазного асинхронного двигателя

При использовании статора 380 В 50 Гц 250 Вт 1240 об/мин получены результаты представленные в таблице 2

Таблица 2 – Экспериментальные данные

Толщина стенки ротора, мм	Частота вращения, об/мин	Вращающий момент при номинальной частоте питающего напряжения, Н·м	Вращающий момент при максимальной частоте вращения, Н·м
1,2	0...1500	1,6	1,1
1	0...1200	1,3	0,95
0,8	0...1000	1,2	0,8
0,6	0...800	1,0	0,7
0,4	0...600	0,8	0,55
0,25	0...250	0,4	0,2

Частота вращения изменялась за счет изменения частоты питающего напряжения в пределах от 0 до 100 Гц регулятором частоты.

Исследуемый ротор представленный на рисунке 6 был выполнен из стали 45 в виде тонкостенного стакана диаметром 56 мм с изменяемой толщиной стенки в пределах 0,2...1,2 мм.

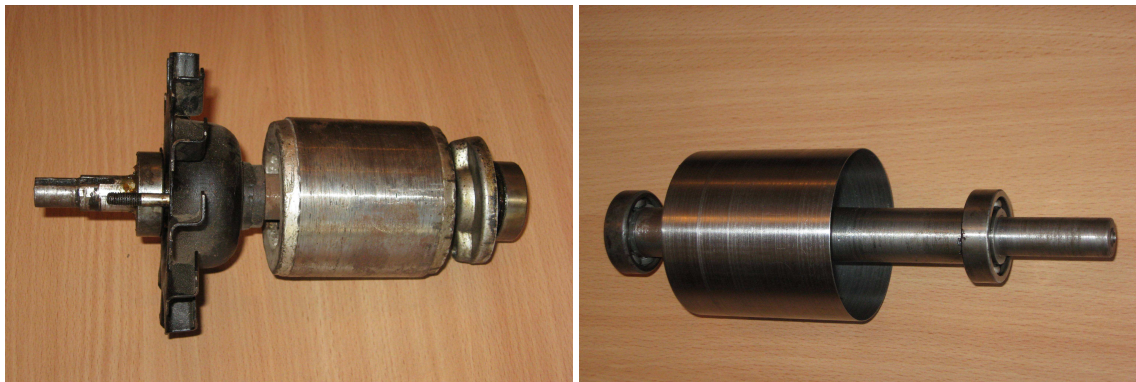


Рисунок 6 – Ротор двигателя стандартный и исследуемый

Полученные экспериментальные данные дают основание утверждать следующее:

- 1) левитационные устройства могут успешно применяться на финишных операциях токарной обработки тонкостенных цилиндрических деталей типа стакан, гильза;
- 2) деталь с необходимой точностью и жесткостью может быть размещена в устройстве с помощью аэростатических или гидростатических опор различных типов;
- 3) токарная обработка детали может эффективно производиться с использованием вибрационного точения, что обусловлено снижением составляющих сил резания при использовании данного метода;
- 4) в устройствах данного типа при необходимости возможно увеличение частоты вращения детали в процессе обработки за счет использования внутреннего статора из токопроводящего материала;

В настоящее время не представляется возможным дать точную картину зависимостей при использовании деталей другой формы и типоразмеров, а также оценить качество и точность поверхности в зависимости от режимов обработки, но совершенно очевидно, что при создании специальных устройств, разработанных непосредственно для процессов токарной обработки, можно будет достичь требуемых результатов.

В перспективе планируется разработка и создание экспериментальной установки на базе специальных устройств, реализующих метод виброрезонансного точения, что позволит более детально проверить существующие теоретические модели и разработки.

Библиографический список

1. Арменийский Е.Ф. Электрические микромашины. 2-е изд., перераб. и доп: учеб. пособие для электротехнических специальностей вузов / Е.Ф. Арменийский, Г.Б. Фалк. — М.: Высш. школа, 1975. — 240 с.
2. Пашков Е.В. Технологические основы обработки точением тонкостенных цилиндрических деталей: учеб. пособие / Е.В. Пашков. — Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2000. — 425 с.
3. Пер А.Г. Алмазная и тонкая обработка в приборостроении / А.Г. Пер. — М.: Оборонгиз, 1963. — 187 с.

Поступила в редакцию 8.10.2008 г.