



## АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ СТАНКОВ ДЛЯ ШЛИФОВАНИЯ ЯНТАРНЫХ ШАРОВ

Т.А. Тюфтин, ФГБОУ ВПО «Калининградский государственный  
технический университет», студент, e-mail: tt\_32@bk.ru;

Б.П. Борисов, ФГБОУ ВПО «Калининградский государственный  
технический университет», канд. техн. наук, доцент кафедры АМС

В статье представлены материалы по разработке классификационных критериев для анализа схем и конструкций шлифования янтарных шаров. На основе разработанных критериев проведен анализ схем шлифования и конструкций специализированных станков, выявлены их достоинства и недостатки.

*станок, янтарь, шары, схемы шлифования, классификации*

Шары из янтаря диаметром 3...15 мм, иногда и более, являются наиболее массовой продукцией янтарной отрасли и входят в состав множества ювелирных изделий. Суммарный годовой объем выпуска данных изделий - 1...2 млн. шт. разного типоразмера. Янтарные шары подразделяются на шары с допуском на диаметр  $\pm 0,5$  мм (так называемые «мятые шары») и шары с диаметральным допуском  $\pm 0,05$  мм (точные или «калиброванные» шары).

Точные янтарные шары, составляющие основу таких ювелирных изделий, как бусы, кольца, подвески и другие, имеют высокую потребительскую ценность из-за повышенных художественно-эстетических свойств. Высокая точность диаметра необходима также для высокоточного расположения отверстия относительно центра шара на последующей после шлифования операции сверления. Это способствует эстетически положительному восприятию формы ювелирных изделий и, соответственно, увеличивает потребительский спрос на них.

Однако производственное получение таких точных янтарных шаров с малой шероховатостью обрабатываемой поверхности связано с проблемами, обусловленными, прежде всего, используемым оборудованием.

К настоящему времени разработаны и используются в янтарной промышленности несколько типовых конструкций специализированных шлифовальных станков для обработки высокоточных шаров из янтаря. Станки изготавливаются польской фирмой Avalon. Поступают на рынок и станки китайского производства. Часть оригинальных конструкций разработаны и изготовлены в научно-исследовательской лаборатории УНИД КГТУ «Механизация и автоматизация янтарного производства». В публикациях разработчиков отечественных станков Б.П. Борисова и Ю.Ф. Правдина [1,2,4] рассмотрены некоторые базовые кинематические структуры, проведены расчеты ожидаемой производительности.

Вплоть до настоящего времени отсутствует систематизация кинематических структур станков на основе отобранных классификационных критериев, нет четкого сравнения конструкций станков разных производителей с анализом достоинств, недостатков и рекомендаций по их дальнейшему совершенствованию. Решение, хотя бы частичное, данной проблемы и является целью исследований, результаты которых представлены в данной статье.

В качестве классификационных критериев при сравнении конструкций и кинематических структур станков было принято следующее.

1. *Форма рабочего клинового зазора.* В представленных ранее публикациях [3] было показано, что в основе различных схем шлифования шаров из янтаря и соответствующих конструкций станков лежит форма так называемого рабочего клинового зазора, который, по сути, представляет собой развертку на плоскость сечения зазора между поверхностью абразивного круга и опорной поверхностью механизма круговой подачи заготовки. Выделены

следующие разновидности зазоров: плоскопараллельный, внешний, боковой, внутренний. Более подробно расчет геометрических характеристик зазоров и их связь с производительностью соответствующих станков представлены в [4].

2. *Производительность.* Ясно, что данный критерий является основополагающим для любой технологической машины. Учитывая гигантский объем производства янтарных шаров, необходимо обеспечить повышение производительности по отношению к существующему уровню не менее чем в 5-10 раз, возможно, и еще больше.

3. *Качество поверхности обрабатываемых деталей.* Так как шары подвергаются последующему полированию, шероховатость их поверхности после обработки на шлифовальной операции не должна быть слишком большой:  $Ra \leq 0,8 \dots 0,63$  мкм, сколы, лыски, необработанные участки поверхности - не допускаются.

4. *Точность размеров и формы.* Как отмечалось выше, припуск на диаметр точного шара составляет  $\pm 0,05$  мм. В практике янтарного производства разные фирмы и, особенно, частные предприниматели добиваются точности диаметральных размеров в поле допуска  $\pm 0,02$  мм. Вопрос о том, есть ли смысл стремиться к столь высокой точности, остается открытым, поскольку повышение точности повышает стоимость обработки.

5. *Процент брака.* Брак возможен:

а) по размеру (выход диаметра шара за пределы допуска на него);

б) по качеству поверхности – повышенная шероховатость, отдельные «лыски», необработанные участки, сколы на локальных участках, микротрещины и др.;

в) по степени полностью или частично расколотых, разрушенных шаров, как в процессе обработки, так и, главным образом, на окончательной стадии цикла.

В настоящее время все эти проблемы (особенно по п. 3) решаются «вручную» оператором, что крайне трудоемко и неэффективно. Однако автоматизация, например сортировки обработанных шаров по наличию необработанных участков, сколов, и т.п. - является весьма сложной и технически отдельной задачей.

6. *Расширение типоразмеров шлифуемых шаров.* Насущной проблемой является шлифование янтарных шаров особо малых диаметров (2,5...3 мм). И если шары диаметром 3 мм с большим трудом и при большом проценте брака еще как-то удается обрабатывать, то производство именно точных шаров диаметром 2,5 мм (янтарный бисер) вообще отсутствует. Учитывая, что янтарный бисер весьма популярен в странах Юго-Восточной Азии и Китае, решение данной проблемы является весьма актуальным и могло бы принести производителям и Калининградскому региону большие прибыли.

7. *Степень автоматизации цикла обработки.* Поскольку объем производства шаров, составляет миллионы штук, то одним из главных, если не главнейших, критериев является степень автоматизации цикла обработки шаров. Весьма желательна полная автоматизация цикла и разработка станка-автомата.

Исходя из приоритетного значения последнего классификационного критерия - степени автоматизации станка и возможности разработки станка-автомата, для дальнейшего анализа на основе литературного обзора и данных, полученных из интернета, были выбраны три базовых схемы шлифования.

**Схема I.** – рисунок 1. Реализован плоскопараллельный рабочий клиновой зазор. Рабочая поверхность круга 1 параллельна рабочей поверхности прижимного диска 2. Круг и диск сосны и вращаются в разные стороны. Заготовки 3 размещаются вручную вплотную друг к другу в канавках абразивного круга с радиусным профилем, равным радиусу шара ( $r_{пр} = r_{ш}$ ), и прижимаются к абразивному кругу диском 2 с постоянным усилием  $P$ .

Кинематическая структура станков, реализующих плоскопараллельный клиновой зазор, достаточно проста и включает в свой состав кинематические группы, обеспечивающие создание трех основных движений: формообразующее движение скорости резания  $V_v(B1)$  – вращение абразивного круга; формообразующее движение круговой подачи  $\Phi_s$   $kp(B2)$  – вращение прижимного диска; движение врезания  $V_{рез.}(ПЗ)$  – перемещение диска перпендикулярно диаметральной плоскости профильной канавки на круге. Фактически движение вре-

зания реализует радиальную подачу, за счет которой и происходит уменьшение диаметра заготовки от  $d_3 = 2r_3$  до диаметра шара  $d_{ш} = 2r_{ш}$ .

При описании и анализе кинематических структур станков здесь и далее используются терминология, обозначения и методические подходы каркасно-кинематической теории формообразования, представленной в [5].

Данная схема и станок на ее основе был разработан в 50-ых гг. XX века на Янтарном комбинате и в дальнейшем реализован польской фирмой Avalon, а также и китайскими фирмами.

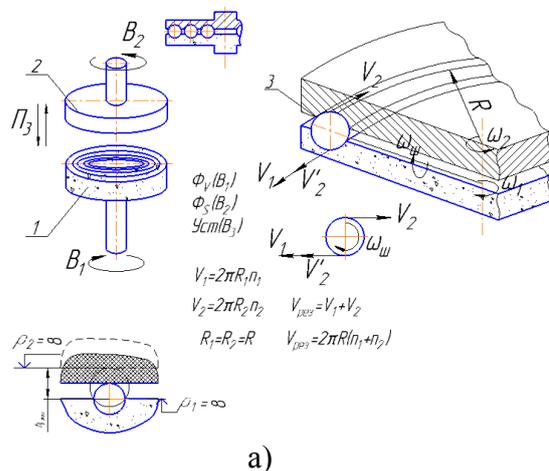


Рисунок 1- Станок с плоскопараллельным клиновым зазором: а – схема шлифования и кинематическая структура станка; б – станок китайского производства [6].

Достоинства схемы:

- возможность одновременно обрабатывать от нескольких десятков до нескольких сот заготовок;
- частичная автоматизация цикла шлифования;
- относительная простота кинематической структуры станка.

Недостатки:

- высокая трудоемкость ручной закладки заготовок в профильные канавки абразивного круга;
- высокий процент брака (не все заготовки равномерно вращаются из-за разницы в диаметре).

**Схема II** – рисунок 2. Реализован внешний клиновой зазор. Заготовку 1 вручную размещают на так называемом столике 2 (тонкий цилиндрический стержень) при откинута на угол  $\alpha$  корпусе 3. При этом заготовка, находясь на столике, опирается также на точечные участки двух пассивов (резиновые кольца круглого профиля; диаметр профиля – 2...3 мм), установленных на приводном ролике 4. За счет ручного качательного движения В3 корпус плавно поворачивают на шарнирной опоре по направлению к абразивному кругу 5. При этом приводной ролик до определенного момента не вращается. Заготовка, имея фактически три точки опоры, перемещается вместе с корпусом по дуге окружности и входит соприкосновение с боковыми кромками профильной канавки на вращающемся абразивном круге. В этот момент приводной ролик 4 с пассивами приводят во вращательное движение В2 в направлении, противоположном вращению абразивного круга В1. В отличие от предыдущей схемы шлифования здесь заготовки обрабатываются поштучно, и индивидуальные различия их по диаметру не сказываются на точности обработки и качестве сферической поверхности сформированного шара.

Достоинствами рассмотренной схемы и реализуемого внешнего клинового зазора являются:

- высокая надежность базирования заготовки в момент формирования сферической поверхности шарика;

- высокая стабильность вращения заготовки в клиновом зазоре;
- достаточно высокая точность размеров и формы получаемой сферической поверхности;
- простота кинематической структуры станка и его относительно малая стоимость.

Недостатки:

- высокая доля ручного труда оператора, его высокая утомляемость при попытках интенсификации трудовой операции;
- большая трудоемкость установки на столик заготовок малого диаметра (3...4 мм);
- ограниченная производительность (10...12 шт./мин, при «форсированном» труде оператора до 15...20 шт./мин, но лишь в течение короткого периода времени);
- нестабильность качества обработанных поверхностей из-за утомляемости или непрофессионализма оператора.

Схема широко используется польской фирмой Avalon и весьма популярна среди частных предпринимателей.

Предложения по её автоматизации и расширению технологических возможностей были представлены Б. П. Борисовым, Ю. Ф. Правдиным в [1, 2].

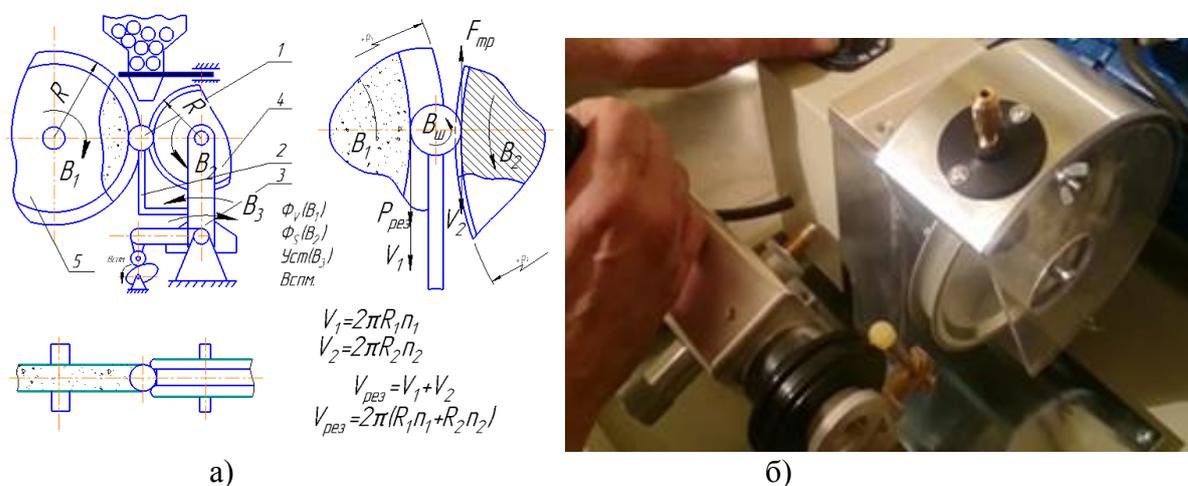


Рисунок 2 - Станок с внешним клиновым зазором: а) схема шлифования и кинематическая структура станка; б – станок фирмы Avalon

**Схема III** – рис. 3. Реализован боковой клиновидный зазор. Заготовки 1 последовательно подаются из бункера - дозатора в гнезда сепаратора 2 и опираются на опорную поверхность приводного диска 3, который вращается в противоположную сторону относительно сепаратора. Сепаратор подает заготовку в рабочую зону, где ее обрабатывает абразивный круг 4 в виде конуса с профильной канавкой на конической поверхности. Ось вращения круга наклонена на угол  $\varphi$  к торцевой плоскости приводного диска. Данная схема реализована на кафедре АМС КГТУ, проведены исследования, выявлены достоинства и недостатки, разработана кинематическая модель [4].

Достоинства:

- высокая производительность до 80-120 шт./мин и более, возможность регулирования за счет широкого набора технических характеристик станка;
- полная автоматизация цикла обработки, удобства автоматической подачи заготовок в сепаратор.

Недостатки:

- повышенная кинематическая сложность;
- высокий процент брака (заготовка раскалывается на выходе из рабочего зазора).

Выявленный недостаток, связанный с раскалыванием заготовок, проанализирован, предложены конструктивные решения, которые на данном этапе находятся в разработке.

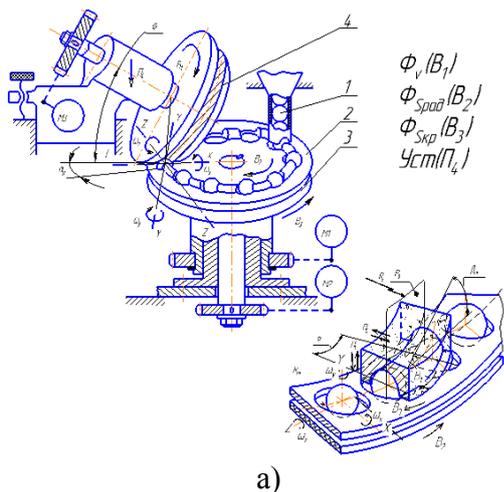


Рисунок 3 - Станок с боковым клиновым зазором: а) схема шлифования и кинематическая структура станка; б – станок, реализованный на кафедре АМС

#### Выводы

1. Предложены классификационные критерии для сравнения и оценки схем шлифования янтарных шаров повышенной точности и конструкции соответствующих станков.
2. Проведен анализ кинематических структур с выявлением достоинств и недостатков схем шлифования и конструкций, наиболее перспективных для разработки станка-автомата.
3. Для дальнейшей конструктивной разработки с целью создания станка-автомата рекомендуется использовать схему III – с боковым клиновым зазором.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисов, Б. П. Станок для обработки шаров из янтаря/ Б. П. Борисов, Ю. Ф. Правдин, М. В. Шульжик, С. В. Цыплаков// Известия КГТУ. – 2004. №5 – С.82-86.
2. Борисов, Б.П. Выбор и обоснование кинематической структуры станка-автомата для шлифования высокоточных шаров из янтаря/ Б. П. Борисов, С. В. Цыплаков, Р. О. Яксон// Автоматизация технологических процессов: сборник научных трудов/ КГТУ – Калининград, 2006. - С. 64-70.
3. Тюфтин, Т.А. Анализ рабочего клинового зазора и кинематическая структура специализированного станка-автомата для шлифования янтарных шаров / Т.А. Тюфтин, Б.П. Борисов // Межвузовская научно-техническая конференция курсантов и студентов «День науки»: материалы. - Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2015. – С. 189 – 192.
4. Борисов, Б.П. Разработка станка-автомата для шлифования высокоточных шаров из янтаря/ Б.П. Борисов // Отчет о выполнении госбюджетной научно-исследовательской работы. - Калининград, 2012. - С. 7-24.
5. Металлорежущие станки/ Под ред. Н. С. Ачеркана. - М.: Машиностроение, 1965.- 764 с.

#### ANALYSIS OF CONSTRUCTIONS OF THE SPECIALIZED MACHINE-TOOLS FOR POLISHING OF SUCCINIC BALLS

T.A. Tyuftin, Kaliningrad State Technical University, student, e-mail: tt\_32@bk.ru;

B.P. Borisov, Kaliningrad State Technical University, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

In this article materials are presented for developments of classification criteria for the analysis of charts and constructions of polishing of succinic balls. On the basis of the worked out crite-

ria the analysis of charts and constructions of the specialized machine-tools is conducted dignities and defects are educed.

*machine, the amber balls, grinding circuit, classification*