

УДК 679.9

Кузнєцов Ю.М., д.т.н. професор

Національний технічний
університет України «Київський
політехнічний інститут імені Ігоря
Сікорського» /Україна

ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ОБРОБКИ БУРШТИНОВИХ КУЛЬОК ДЛЯ ПРИКРАС

***Анотація:** мета роботи - створення високопродуктивних верстатів-автоматів для шліфування бурштинових кульок при мінімальних витратах на виготовлення верстатів, його експлуатації і забезпеченні високої якості за рахунок паралельної багатопозиційної обробки, модульного принципу, активного контролю і комп'ютерного керування.*

***Ключові слова:** верстат-автомат, багатопозиційна обробка, шліфувально-полірувальний верстат.*

ВСТУП

Актуальність проблеми:

1) **Раціональне природокористування** при експлуатації природних корисних копалин бурштину (винос мінерального ґрунту на поверхню родовища призводить до зміни структури ґрунтів, утворення порожнин і справляє значний негативний вплив на навколишнє середовище).

2) **Вилучення людини** зі сфери ручної праці з пилом та небезпечними для здоров'я відходами на основі повної автоматизації з застосування цифрових технологій.

3) **Висока продуктивність** автоматизованого обладнання (щонайменше на порядок вища за ручну працю).

4) **Якість і привабливість** готових виробів (прикрас), **надзвичайно широкий ринок** споживання бурштинових кульок для бус, браслетів і кулонів.

5) **Використання в техніці** (добрий електроізолятор, конкурент фторопласту 4), **хімії** (бурштиновий лак) і **медицині** (ліки від різних хвороб).

У давньоруській мові слово «янтарь» (в формі «ентарь») прийшло на початку XVI століття (згадується в літописі 1562р) [17-19]. «Старо-російське, отже, слов'янське позначення - Gentator, звідси йде литовське Gintaras і російське - янтарь». Вважається також, що російське слово запозичене з литовського, тому що литовські племена зазвичай проживали у бурштинових берегів, а росіяни дуже рідко.

Основні області застосування бурштину: ювелірна справа, мистецтво, техніка.

Місця знаходження бурштину в Україні і світі, сучасний стан його добування і переробки.

Бурштинові прикраси — характерна деталь жіночого вбрання на території Лісостепового Правобережжя, про що свідчать жіночі поховання ранньоскіфського часу. Найяскравіші комплекси зафіксовано в курганному комплексі № 100 поблизу с. Синявка та № 35 поблизу с. Бобриця (Черкаська обл.). В комплексі №100 знайдено намисто із сердоліку, агату і скла (26 екземплярів), а також бурштину — 84 намистини у формі октаедра склали разом. У кургані № 35 на вбранні однієї з небіжчиць знайшли дві низки намиста: верхня — 32 намистини з топазу, сердоліку, агату, гірського кришталю і хризоліту; нижня — 40 зразків різнокольорового каміння, серед яких 2 великі бурштинові намистини (у формі неправильної зрізаної пірамідки). У могилі поховали ще одну жінку, яка мала крім чорного та білого намиста зі склоподібної маси ще 125 кулястих дрібних бурштинових намистин.

Бурштинові прикраси знайдено також у похованнях жінок, які не належали до високих соціальних верств, хоча мали золоті прикраси у костюмі (курган № 25 поблизу с. Казаровка, Медвин, розкопки 1906 року). Серед пам'яток цього часу — прикраси начільної стрічки у кургані Реп'яхувата Могила (с. Матусів Черкаської обл.): 39 циліндричних блакитних з непрозорого скла та 32 кулястих з бурштину (розміром 0,4-0,7 см). Бурштинові намистини, з яких робили нашійні та наручні прикраси, знайдено серед декоративних деталей костюмів у жіночих похованнях в курганах на р. Тясмин поблизу сіл Жаботин (№ 524), Гуляй Город (№ 33, 38, 40, 330), Журавка (№ 406, 407, 432, 447). Серед племен дніпровського лісостепового лівобережжя (зокрема на Посуллі) окремі намистини зафіксовано у кількох комплексах V століття до н. е. Окремі бурштинові намистинки знайдено у пограбованих курганах № 6 та «Б» поблизу с. Басівка.

Промислове значення мають головним чином вторинні розсіпні прибережно-морські родовища.

Бурштин-сукцинит — викопна смола з сосни «пінус сукциніфера» — охоплює кілька областей на карті місцезнаходжень. У геологічному плані найбільше поширення має балтійський сукцинит. Такий самий за складом самоцвіт знайдено і на території України (поблизу Києва, Харкова, на Волині). В Україні у відкладах палеогену та неогену є в Рівненській (Сарненський, Володимирецький і Дубровицький р-ни), Київській (Київський бурштин — продукт випадкового вимивання викопної смоли, тобто, це джерело не мало постійного характеру), Житомирській, Львівській та Харківській областях. Велике Клесівське родовище (на Поліссі) почали розробляти відносно недавно, бо сукцинит тут залягає досить глибоко.

Найбільше в світі промислове родовище бурштину знаходиться в сорока кілометрах від Калінінграда, поруч із селищем Янтарним, де і організований промисловий видобуток і переробка його. Котлован кар'єра бурштинового комбінату розташований недалеко від берега холодного Балтійського моря. Кар'єр нагадує собою гігантську чашу. Людей тут майже не видно: всю роботу виконують машини.

Бурштиноносна «блакитна земля», дійсно виблискуюча блакиттю, особливо на сонці, залягає під потужним шаром порожньої породи. Бурштин міститься в шарі товщиною 5-7 метрів. Щоб дістатися до нього, необхідно зрізати

попередньо тридцятиметровою подушку. Під нею і спочиває бурштиноносна порода. Як же добираються до неї? Розкривні роботи з успіхом виконує вода.

Потужний, пружний струмінь гідромонітора б'є в земляну стіну. Продуктивність землесосної установки близько 200 кубометрів на годину. Сріблястий струмінь, що вилітає під тиском восьми атмосфер, не тільки руйнує породу, але тут же на місці перетворює її в пульпу, яку землесос жене в море. Така технологія розкривних робіт тут, поблизу моря, найбільш економічна.

Зустрічається бурштин на Сицилії (там його називають сіметітом), в Румунії (руменіт), М'янмі (бірміт), Канаді, в деяких місцях Атлантичного узбережжя США, Мексиці, Домініканській Республіці (Домініканський бурштин) [18]. В Україні знаходиться три розвіданих родовища в Рівненській області, Житомирській області і одне - у Волинській області [17]. В незначній кількості родовища бурштину знаходяться на узбережжі прибалтійських країн.

Основні види і існуючий стан механізації та автоматизації виготовлення кульок для прикрас з бурштину

У різні періоди часу в країнах, що мають родовища бурштину та інших дорогоцінних мінералів і каменів, для отримання прикраси із сировини для індивідуального, дрібносерійного, серійного і багатоосерійного виробництва технологічний процес поділявся на окремі стадії (етапи, операції), починаючи від огляду сировини, його підготовки до обробки, чорнової і чистової обробки, надання товарного вигляду готового виробу і його оцінки [6, 11, 14].

При обробці природного бурштину необхідно пройти цілий ряд спеціальних підготовчих операцій, щоб обробити бурштин. Спочатку бурштин відчищають і сортують, так як вид у природного каменю порівняно непоказний, бурштин покритий коричневою окисленою скоринкою. Після ретельного сортування самоцвіт доставляється в цех масового виробництва, де з каменю знімають поверхневу кірочку, полірують і дивляться, що собою являє новий матеріал. Заготовки майбутніх виробів являють собою грубо оброблені шматки природного бурштину. На абразивному верстаті сонячному камінню надається необхідна форма. Така процедура називається грубим шліфуванням.

Серед основних видів обробки бурштину можна виділити: обдирання, формування, вирівнювання, шліфування, полірування і так званий дзеркальний ефект і пресування.

Обдирання - зняття кірки, патини, що утворилася в результаті вивітрювання, за допомогою грубозернистої шкурки, напилка. До обдирання завжди приступають з прозорого боку каменю, який свого часу був повернутий до сонця. Нижня коркова частина стане прекрасним фоном для майбутнього бурштинового виробу.

Формування - надання заготовці задуманої форми. За допомогою тих же інструментів і пристосувань каменю надається певний об'єм, силует, просторовий рисунок.

Вирівнювання – отриманий після обдирання і формування виріб має порівняно грубий, з видимими подряпинами, шорсткий вигляд. Шкуркою середньої зернистості загладжують всю поверхню. Рухи шкурки або каменю - легкі, без натиску, кругові, обертальні.

Шліфування - даний прийом в точності копіює попередній, тільки в цьому випадку шкурка береться більш дрібною зернистості. Такий прийом здійснювати в декілька заходів, потроху, знижуючи ступінь зернистості. Шкірку беруть водостійку, обробку ведуть, зволожуючи камінь або шкурку.

Полірування - заключна операція, що надає бурштиновому виробу досконалий «товарний» вигляд. Виконується вручну на повсті, шкірі, фетрі, фланелі або мітталі, обертових кругах, виготовлених з того ж матеріалу. У виробництві вироби з бурштину полірують на бязевому кругу, натертому спеціальною пастою з бурштинової стружки, парафіну і крейди. Легкими круговими рухами здійснюється полірування вручну. На обертових колах легким дотиком і постійним переміщенням полірують поверхні.

Дзеркальний ефект. При якісному поліруванні, в глянцевої поверхні бурштину, як в дзеркалі, відбиваються всі предмети. Закінчивши обробку, самоцвіт поміщають в спеціально відведене для нього місце, а далі вже нанизують на нитку, вставляють в оправу, скріплюють ланцюжком або наклеюють на основу і т.д.

Ще один метод обробки бурштину - **пресування**. Бурштин дуже пластичний при нагріванні. Бурштиновий злиток очищають від первісної кірки. Корочку смоли знімають за допомогою барабана, в якому крутяться камені, на дні цієї машини знаходиться шліфувальний круг, об який бурштину труться. Потім бурштин подрібнюють в порошок і закладають в прес-форми. При температурі 180-220 градусів і тиску порошок стає в'язкою масою. Потім його формують і дають затвердіти, охолоджуючи. Такий бурштин використовують в ювелірній промисловості, для виготовлення медичного посуду та використовують в промисловості як ізолятор. Існує також хімічна обробка бурштину. Залишки після обробки великих каменів розігрівають в резервуарах при температурі 350-370 градусів, і в результаті хімічних реакцій бурштин розкладається на бурштинове масло (15% від загальної маси), бурштинову кислоту (1,2%).

АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

Вивчення літературних джерел і аналіз інформації в Інтернеті показав [1-4,19,21-23], що для виготовлення прикрас різної форми з бурштину в умовах індивідуального, в основному ручного, виробництва технологічний процес складається з п'яти послідовних етапів (рис.1).

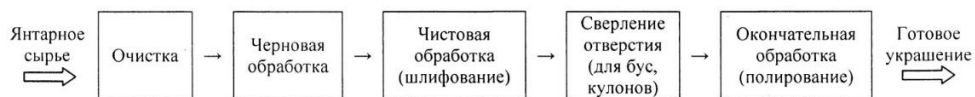


Рис.1. Технологічний процес індивідуального виготовлення прикраси з бурштину

Для промислового виготовлення бурштинових прикрас технологічний процес складається як мінімум з семи послідовних етапів (рис.2).

ТЕХНОЛОГІЧНІ КОМПЛЕКСИ №1 (16), 2019

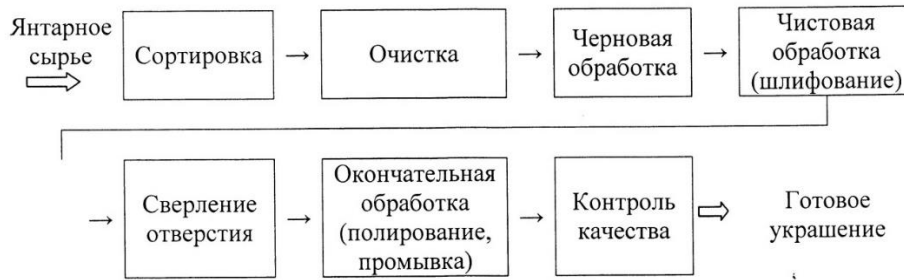


Рис.2. Технологічний процес промислового виготовлення прикраси з бурштину

Існуючий стан механізації і автоматизації операцій технологічного процесу виготовлення кульок для прикрас з бурштину наведені в табл.1.

ОСНОВНИЙ ТЕКСТ СТАТТІ

Існуючі технології і обладнання для обробки бурштинових кульок

В наш час чорнову обробку кульок виконують механізованим способом на шліфувальних верстатах. Прикладом такого верстата може бути верстат шліфувальний SW1 фірми Avalon (Польща) [20], який призначений для ручної шліфовки біжутерії, штамповок, відливок, виробних каменів, бурштину та інших виробів, з подачою охолоджувальної рідини (води). Можлива установка шліфувального круга з алмазним напиленням або зі спеціальною водостійкою шкіркою. Отримання досить точної сферичної форми бурштинових "каліброваних" куль (в подальшому викладі просто куль) здійснюється шляхом шліфування напівфабрикату у вигляді "мятої" кулі на спеціалізованих шліфувальних верстатах. Як правило, це настільні верстати з ручним приводом радіальної подачі $S_{рад}$ і ручним (або механізованим) приводом кругової подачі $S_{кр}$, так звані "шарокрутки"[11]. Деяке поширення отримали верстати-напівавтомати, вироблені, наприклад, польською фірмою "Avalon" (рис.3) [20,21] .

Таблиця 1

Стан механізації і автоматизації операцій технологічного процесу виготовлення кульок для прикрас з бурштину

№	Стадія	Спосіб здійснення операції				
		Ручний (Р)	Напівмеханізований (ПМ)	Механізований (М)	Напівавтоматизований (ПА)	Автоматизований (А)
1	Сортування	+	-	-	-	-
2	Очищення	+	+	-	-	-
3	Чорнова обробка (підготовка сферичної форми)	+	-	-	-	-
4	Чистова обробка (шліфування)	+	+	+	-	-

ТЕХНОЛОГІЧНІ КОМПЛЕКСИ №1 (16), 2019

Продовження таблиці 1						
5	Свердління отворів	+	+	+	+	-
6	Остаточна обробка (полірування, промивка)	+	+	+	-	-
7	Контроль якості	+	+	+	-	-

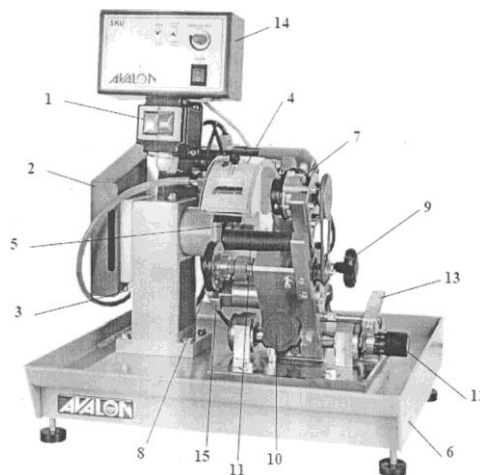


Рис.3. Верстат SKU польської фірми "Avalon" [20]: 1 - пульт управління; 2 - захисний кожух клинового пасу; 3 - кран для підключення води; 4 - захисний кожух для профільного круга; 5 - шліфувальний круг; 6 - станина верстата; 7 - двигун (12V) допоміжний; 8 - роликівна напрямна; 9 - ручка регулювання розміру куль; 10 - блокування переміщення маятникового механізму; 11 - ручка маятникового механізму; 12 - регульовальний гвинт переміщення маятникового механізму; 13 - кінцевий вимикач; 14 - пульт управління; 15 - підпорка під кульку

При свердлінні отворів у виробках з бурштину отримали в основному верстати з ручним керуванням/ Типовим представником таких верстатів є свердильний верстат WK1 польської фірми "Avalon"[14].

Представником автоматизованого обладнання для свердління виробів з бурштину є верстат, розроблений і вироблений фірмою "GTV", Каунас (Литва) [21].

Верстат має модульну структуру. У шпindelьному блоці чотири шпінделя, подача виробів виконується з пневмотранспортом в спільну подаючу плиту з гніздами. Плита переміщається зліва направо, послідовно встановлюється під шпінделем, виконується свердління, після чого плита переміщається вправо далі в позицію вивантаження. Після цього швидко повертається в позицію завантаження в крайнє ліве положення.

ТЕХНОЛОГІЧНІ КОМПЛЕКСИ №1 (16), 2019

Для надання виробам ще більш привабливого вигляду їх обробляють на шліфувально-полірувальних верстатах. Для шліфування використовують дрібнозернистий шліфувальний папір і круги. Для остаточної поліровки використовують полірувальні круги з бавовняної тканини, на які наносять полірувальну пасту. Прикладом верстатів, що застосовуються при поліруванні бурштинових виробів, є галтувальні верстати фірми Avalon (Польща) [20,22]. Також використовуються вібраційні верстати названої фірми. Прикладом може бути вібраційна установка WE6 (рис.4).деталей вібраційним способом (вироби з металу, ювелірні камені, кераміка, скло та ін.) в невеликих обсягах.



Рис.4. Вібраційна установка WE6 фірми Avalon (Польща)

Найбільш масовою, широко тиражованою бурштинової "деталлю", що входить до складу безлічі ювелірних виробів (намиста, кольє, підвіски, брошки і ін.), є куля ("буса") діаметром від 3 до 20 мм (іноді і більше, але рідко) [3]. Розрізняють бурштинові кулі відносно неправильної форми ("м'яті") і кулі з підвищеною точністю сферичної поверхні (високоточні). Термін "високоточний" стосовно бурштинової кулі є умовним (це все-таки не кулька шарикопідшипника). Але якщо, наприклад, для "мятого" кулі діаметром 5 мм допуск на діаметр становить 1-1,2 мм, то для "високоточної" кулі такого ж діаметру – лише 0.05...0,1мм. З огляду на вище сказане, для контролю якості обробки бурштинових куль використовуються звичайні обмірні інструменти, наприклад, штангенциркулі.

Для забезпечення максимального коефіцієнта використання бурштинової сировини необхідно передбачати два технологічних процеси (рис.5).

Аналіз технологічних процесів, існуючих сьогодні в світовій практиці, свідчить про відсутність замкнутого автоматизованого комплексу переробки бурштинової сировини в прикраси і, зокрема, для виготовлення кульок для бус.

Завдяки своїм багатогранним властивостям бурштин все більше привертає до себе увагу з точки зору його добування, обробки та використання, що визначає актуальність вирішення проблеми підвищення продуктивності і якості обробки при зниженні відходів сировини.

Підвищення продуктивності і якості обробки для отримання готового продукту можливо за рахунок заміни ручної праці, використання нових

ТЕХНОЛОГІЧНІ КОМПЛЕКСИ №1 (16), 2019

технологій і автоматизованого обладнання [1-4,22,23]. Перехід від ручного і частково механізованого виробництва виробів із бурштину до автоматизованого повинен виконуватися поетапним ліквідуванням вузьких місць в технологічному ланцюгу заготовка (бурштин-сировина) – готовий виріб (прикраса).

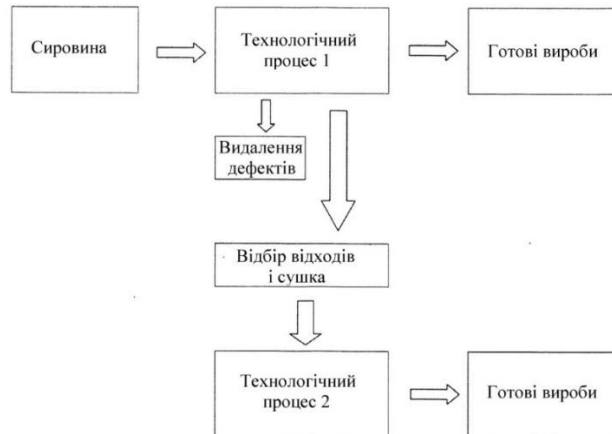


Рис.5. Варіанти технологічних процесів виготовлення кульок

На кафедрі конструювання верстатів та машин КПІ ім. Ігоря Сікорського виконані розробки і дослідження по створенню високопродуктивних верстатів-автоматів для шліфування бурштинових кульок після автоматичного сортування при мінімальних витратах на виготовлення верстата і його експлуатацію і забезпеченні високої якості за рахунок паралельної багатопозиційної обробки, модульного принципу, активного контролю і комп'ютерного керування.

Концептуальна компоновка верстата складається із 3-х секцій, кожна з яких включає в себе 2 модуля обробки (рис.6) [9].

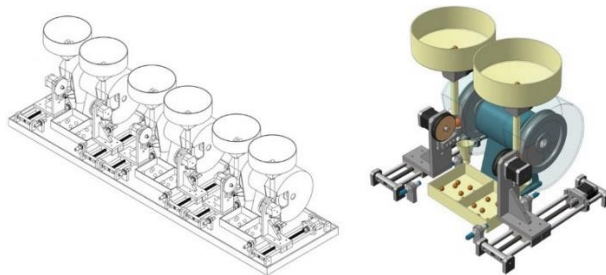


Рис.6. Компоновка багатопозиційного верстата-автомата паралельної дії: а – загальний вид верстата, що складається з 3-х секцій; б – загальний вид однієї секції верстата

Був розроблений макет-приставка з автоматичною подачею по програмі.

При проведенні експерименту на верстаті мод. SKU фірми Avalon (див. рис.3), обладнаним макетом-приставкою автоматичної подачі (рис.7) емпіричним шляхом встановлено, що середній час обробки однієї кульки за один цикл складає 110 секунд. При цьому необхідно врахувати, що дана

ТЕХНОЛОГІЧНІ КОМПЛЕКСИ №1 (16), 2019

приставка була виконана у вигляді макету, що перешкоджало збільшенню швидкості подачі і внаслідок цього збільшувало тривалість циклу обробки.

В разі використання повноцінного якісно виготовленого і налаштованого устаткування тривалість циклу можна зменшити в 3-5 разів і більше за рахунок збільшення секцій (робочих позицій), які обслуговуються однією людиною.



Рис.7. Верстат моделі SKU фірми Avalon (Польща), обладнаний макетом-приставкою автоматичної радіальної подачі кульок

Таким чином, якщо 1 цикл обробки становитиме в середньому 60 секунд, то використовуючи 6 модулів обробки можна отримати 360 кульок на годину і 2880 кульок за зміну (8 годин роботи). До переваг спроектованого верстата можна віднести такі характеристики як: простота конструкції; модульний принцип побудови верстата; висока продуктивність; низька вартість; широкі можливості в плані модернізації і пошуку нових принципів обробки [8, 10].

ВИСНОВКИ

Виконані техніко-економічні обґрунтування свідчать про те, що замість продажу сировини бурштину доцільно вкласти інвестиції в створення вітчизняних високопродуктивних багатопозиційних верстатів-автоматів з ЧПК для виготовлення кульок для прикрас, які користуються великим попитом у світі завдяки своїм корисним властивостям. В результаті можна отримати прибуток на два порядки більший ніж від реалізації сировини. При цьому за короткий термін окупності вкладених інвестицій (до одного місяця) з'являються додаткові робочі місця, поліпшується екологічна ситуація в місцях видобування, суттєво поліпшується соціально-економічне становище людей. Кінцевий наслідок – сприяння розв'язанню гуманітарних, ресурсних, географічних та екологічних проблем національної безпеки України.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Борисов Б.П. . Модель формообразования шаров из янтаря на специализированных шлифовальных станках / Б. П. Борисов, Ю. Ф. Правдин, С. С. Михайлов // Известия Калининградского государственного технического университета. - 2013. - № 29. - С. 252-258.
- [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.

ТЕХНОЛОГІЧНІ КОМПЛЕКСИ №1 (16), 2019

- [3] Борисов Б.П. Кинематическая структура специализированных станков для шлифования шаров из янтаря и методики расчета их производительности/Б.П. Борисов, Ю.Ф. Правдин // Известия КГТУ. -Калининград, 2007. т.№11.-С.192-197.
- [4] 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.
- [5] Головастов А. Машинное зрение и цифровая обработка изображений / А. Головастов // Современные технологии автоматизации. - 2010. - № 4. С. 8-18.
- [6] Никитин Ю.В. Поделочные камни и их обработка. Раскройте красоту камня. Л.: Наука, Лен-кое отд-е, 1979. – 86 с.
- [7] Новожилов Ю.Н. Инструмент для изготовления янтарных шариков // "Знание-сила", 1997, №4, с. 135-136.
- [8] Патент України №107052. Спосіб шліфування янтарних кульок, опубл.25.05.2016, Бюл.№10.
- [9] Патент України №111912. Верстат для шліфування кульок з напівдорогоцінних каменів, опубл.25.11.2016, Бюл.№22.
- [10] Патент України №129617. Верстат для шліфування кульок з напівдорогоцінних каменів, опубл.12.11.2018, Бюл.№21.
- [11] Рыбин А.А. Мягкие камни, их свойства, обработка и применение. М.: 1959. – 154 с.
- [12] Савкевич С.С. Янтарь. Л.: Недра, 1970. - 192с.
- [13] Сребродольский Б.И. Янтарь. - М.: Наука, 1984. - 112 с.
- [14] Тилипалов В.Н., Перетятко С.Б., Алешкевич В.В. Перспективные технологии и оборудование обработки янтаря / Под ред. В.Н. Тилипалова – Калининград, КГТУ, 2003, 318 с.
- [15] Фелькерзам А. Е. Янтарь и его применение в искусстве [Электронный ресурс] – Режим доступа к ресурсу: <http://www.eunnet.net/lithica/russ/felk/1912/03.htm>
- [16] Шаповалов Р.Г. Обработка бурштину в середньовічному Новгороді [Электронный ресурс] – Режим доступа к ресурсу: http://olaf.lod.oi.ua/s79900/obrabotka_yantarya_v_srednevekovom.
- [17] Янтарь – статья из большой советской энциклопедии [Электронный ресурс] – Режим доступа к ресурсу: <http://slovari.yandex.ru/dict/bse/article/00095/02800.html>
- [18] Янтарь // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона: В 86 томах (82 т. и 4 доп.). — СПб., 1890—1907.
- [19] Советы по улучшению природных камней. [Электронный ресурс] – Режим доступа к ресурсу: <http://www.jewellery.org.ua/stones/sintetica1.htm>
- [20] Avalon finding systems [Электронный ресурс] – Режим доступа к ресурсу: <http://www.avalon-machines.pl/>
- [21] From idea to realization [Электронный ресурс] – Режим доступа к ресурсу: <http://www.gtv.lt>
- [22] Datalogic service partner. [Электронный ресурс] – Режим доступа к ресурсу: http://dki.ua/Datalogic_Automation/Machine_Datalogic_1.html
- [23] Mallenom systems. [Электронный ресурс] – Режим доступа к ресурсу: <http://www.mallenom.ru/quality.php>

INCREASING THE PRODUCTIVITY OF PROCESSING AMBER BALLS FOR DECORATION

Kuznetsov Yu.M., DThSc., Prof.,

**National Technical University of
Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv
Polytechnic Institute" / Ukraine**

Abstract: *the purpose of the work is creation of productive automatic machines for grinding amber beads with minimal costs for its manufacture and exploitation, providing high quality through parallel processing of the rocker, modal principle, the active control and computer control.*

Keywords: machine-tool, multi-position processing, grinding and polishing machine.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

- [1] Borisov, B.P., Pravdin, Yu. F. & Mikhailov, S.S. (2013). A model for the formation of amber balls on specialized grinding machines. *Proceedings of the kaliningrad state technical university*, 29, 252-258. (in Russian).
- [2] Borisov, B.P., Tsyplakov, S.V., & Jakson, R.O. (2006). The choice and justification of the kinematic structure of the automatic machine for grinding high-precision amber balls. *Futomatication of technological processes: a collection of scientific works*, 64 -70. (in Russian).
- [3] Borisov, B.P., & Pravdin, Yu. F. (2007). Kinematic structure of specialized machines for grinding balls made of amber and a motodik for calculating their productivity. *Proceedings of kstu. Kaliningrad*, 11, 92-197. (in Russian).
- [4] Borisov, B.P., Pravdin, Yu. F., Shulzhik, M.V., & Tsyplakov, S.V. (2004). Machine for processing balls of amber. *News of KSTU*, 5, 82-86. (in Russian).
- [5] Golovastov, A. (2010). Machine vision and digital image processing. *Modern automation technologies*, 4, 8-18. (in Russian).
- [6] Nikitin, Yu.V. (1979). *Ornamental stones and their processing. Discover the beauty of the stone*. L: Nauka, Len-kot otd-e, 86. (in Russian).
- [7] Novozhilov, Yu.N. (1997). A tool for the manufacture of amber balls. *Knowledge is power*, 4, 135-136. (in Russian).
- [8] Kuznetsov, Yu.M. (2016). *Patent for invention No. 107052*. Ukraine. (in Ukrainian).
- [9] Geychuk, V.M., Kuznetsov, Yu.M., & Nedoboi, A.V. (2016). *Patent for invention No. 111912*. Ukraine. (in Ukrainian).
- [10] Kuznetsov, Yu.M., & Orel, Y.V. (2018). *Patent for invention No. 129617*. Ukraine. (in Ukrainian).
- [11] Rybin, A.A. (1959). *Soft stones, their properties, processing and application*. Moscow. (in Russian).
- [12] Savkevich, S.S. (1970). *Amber*. Leningrad: Nedra. (in Russian).
- [13] Srebrodolsky, B.I. (1984). *Amber*. Moscow: Nauka. (in Russian).
- [14] Tilipalov, V.N., Peretyatko, S.B., Aleshkevich, V.V. (2003). *Promising technologies and equipment for amber processing*. Kaliningrad: KSTU. (in Russian).
- [15] Felkersam, A.E. (2019). *Amber and its application in art*. Retrieved from <http://www.eunnet.net/lithica/russ/felk/1912/03.htm> (in Russian).
- [16] Shapovalov, R.G. (2019). *Amber processing in medieval Novgorod*. Retrieved from [http://olaf.lod.oi.ua/s79900/processing amber in medieval](http://olaf.lod.oi.ua/s79900/processing%20amber%20in%20medieval) (in Russian).
- [17] *Amber - an article from the great soviet encyclopedia*. (2019). Retrieved from <http://slovari.yandex.ru/dict/bse/article/00095/02800.html> (in Russian).
- [18] *Amber // brockhaus and efron encyclopedic dictionary: in 86 volumes (1890)*. (82 vols. And 4 suppl.). st. Petersburg. (in Russian).
- [19] *Tips for improving natural stones*. (2019). Retrieved from <http://www.jewellery.org.ua/stones/sintetica1.htm> (in Russian).
- [20] *Avalon finding systems*. (2019). Retrieved from <http://www.avalon-machines.pl/> (in Poland).
- [21] *From idea to realization*. (2019). Retrieved from <http://www.gtv.lt> (in English).
- [22] *Datalogic service partner*. (2019). Retrieved from http://dki.ua/datalogic_automation/machine_datalogic_1.html (in English).
- [23] *Mallenom systems*. (2019). Retrieved from <http://www.mallenom.ru/quality.php> (in English).

Стаття надійшла до редакції 09.11.2019