

Романченко А. В.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЛИННОМЕРНОГО КОНТЕЙНЕРА ВИБРАЦИОННОГО СТАНКА ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Установлена актуальность применения новых материалов для создания контейнера вибрационного станка U-образной формы. В статье представлены исследования по выбору расчетной схемы длинномерного контейнера вибрационного станка, выполненного из композиционных материалов. Проведены экспериментальные исследования по выбору композитного материала контейнера. Проанализированы результаты испытаний композиционных образцов. Разработан технологический процесс изготовления контейнера.

Ключевые слова: контейнер, композитный материал, станок, вибрационная обработка.

1. Введение

Станки, предназначенные для вибрационной обработки деталей, широко применяются в различных отраслях промышленности [1, 2]. Конструкции таких станков достаточно разнообразны [3–7], однако во всех из них присутствуют базовые элементы: электропривод, вибровозбудитель, контейнер. Усовершенствование данных элементов значительно повышает процесс производительности вибрационной обработки.

В настоящее время к качеству поверхности детали предъявляются особо высокие требования. Производитель требует достижения необходимого качества на этапе отделочно-зачистных операций за максимально короткое время при минимальном количестве операций. Это в свою очередь обуславливает создание новых станков, которые должны не только соответствовать выше описанным критериям, но также должны обладать малой массой. Контейнер вибрационного станка выполненный из металла, является достаточно сложным в производстве, а также обладает высокой массой. Именно поэтому изготовление контейнера из композитных материалов является актуальной и бурно развивающейся темой для современных исследователей.

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Работы по созданию новых и усовершенствованию уже существующих вибрационных станков ведутся исследователями непрерывно [8, 9]. Данное исследование посвящено наиболее часто изменяемому элементу конструкции вибрационного станка — контейнеру. Существует огромное количество контейнеров различных форм и габаритных размеров [10]. Усовершенствование конструкции контейнера преследует различные цели: облегчение загрузки и выгрузки деталей, ориентация деталей в процессе обработки, интенсификация процесса обработки.

Вибрационная обработка является универсальным методом обработки любого типа деталей. Однако некоторые детали обладают характеристиками, которые требуют усовершенствования известного оборудования или создания нового. К таким деталям относятся длинномерные детали. Вибрационная обработка таких деталей подразумевает наличие длинного контейнера и/или контейнера проходного типа. При применении контейнера с большими продольными размерами возникает ряд сложностей. Такой контейнер должен обладать высокой жесткостью, а это, в свою очередь, приводит к высокой металлоемкости конструкции. В результате такой контейнер обладает высокой массой и сложен в производстве. В данной работе представлены исследования по созданию контейнера из композиционных материалов.

Сегодня композитные материалы широко применяются в различных областях промышленности. Существует множество исследований посвященных свойствам самих композиционных материалов [11, 12]. Однако, работ конкретно по разработке технологического процесса изготовления контейнера вибрационного станка из таких материалов практически нет. Именно поэтому, по мнению автора статьи, необходимо разработать технологический процесс изготовления контейнера из композитных материалов с четкими формулировками и понятной последовательностью.

3. Объект, цель и задачи исследования

Объект исследования — станки для вибрационной обработки деталей.

Целью данной статьи является разработка технологического процесса изготовления контейнера из композиционных материалов.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

— определить расчетную схему и материал контейнера;

- изготовить и провести испытания образцов;
- проанализировать результаты испытаний образцов;
- отработать технологический процесс изготовления контейнера из композитных материалов.

4. Материалы и методы исследования изготовления длинномерного контейнера вибрационного станка из композиционных материалов

4.1. Выбор расчетной схемы и типа материала контейнера. Исходя из реальной схемы закрепления контейнера, представленной на рис. 1 (две стороны свободно оперты, третья оперта на эксцентрик и четвертая свободно), можно принять расчетную схему основной части контейнера в виде прямоугольной пластинки, три края которой свободно оперты, четвертый свободен [13, 14].

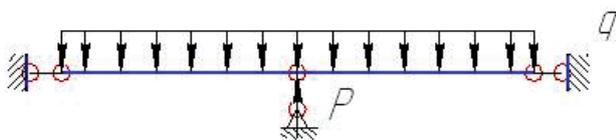


Рис. 1. Схема нагружения контейнера

По всей поверхности равномерно распределена нагрузка интенсивности q , представляющая собой массу материала, погруженного в контейнер, умноженная на динамический коэффициент, возникающий в результате удара эксцентрика о днище контейнера.

Материал стенок контейнера — стеклопластик на основе термореактивных смол и стеклоткани принимается ортотропным, при этом в направлении X и Y характеристики материала одинаковы — в силу одинаковых характеристик укладываемой стеклоткани в этих направлениях. При этом модули упругости $E_1 = E_2 = 2 \times 10^4$ МПа и коэффициенты Пуассона равны $\nu_1 = \nu_2 = 0,3$ (стеклопластик холодного отверждения) [15].

4.2. Изготовление и испытание образцов. Основной проблемой при изготовлении контейнеров является не толщина стенки контейнера, а непосредственно материал, из которого набирают внутренний пакет стенки емкости, удовлетворяющий как технологическим, так и силовым требованиям. Для этого проведены экспериментальные исследования и были изготовлены два типа образцов:

- на основе эпоксидной композиции (100 в. ч. ЭД-20 и 10 в. ч. полиэтиленполиамина) холодного отверждения;
- на основе полиэфирной смолы (100 в. ч. ПН-1, 4 в. ч. гипериза, 2 в. ч. нафтената кобальта) горячего отверждения с выдержкой в течение 1 ч при 90 °С.

В качестве армирующих материалов были выбраны следующие материалы: стеклоткань ТС-Т1, стеклорогожка ТР-0,7, стекложгут ЖСНК 1,25.

В табл. 1. показана структура исследуемых образцов, приведены технологические параметры процесса и геометрические размеры образцов. Структура образцов варьировалась. Принятая нумерация образцов в дальнейшем остается неизменной.

Образцы изготавливались в виде лопаток шириной 10–12 мм и подвергались испытанию на изгиб по 3-х точечной схеме с приложением разрушающего усилия

в центре пролета между опорными поверхностями испытательного приспособления (рис. 2).

Таблица 1

Структурно-технологические параметры стеклопластиковых образцов

№ п/п	Тип наполнителя структуры	Количество слоев	Толщина пакета, мм	Давление, МПа	Состав композиции, в. ч.	Содержание арматуры, %
1	Стеклоткань ТС-Т1	4	3	0,012	ЭД-20-100 ПЭПА-10	51
	Стекложгут ЖСНК	1				
	Стеклоткань ТС-Т1	4				
2	Стеклоткань ТС-Т1	4	4	0,015	ЭД-20-100 ПЭПА-10	62
	Стеклорогожка ТР-0,7	2				
	Стеклоткань ТС-Т1	4				
3	Стеклоткань ТС-Т1	2	4	0,015	ЭД-20-100 ПЭПА-10	61
	Стеклорогожка ТР-0,7	3				
	Стеклоткань ТС-Т1	3				
4	Стеклоткань ТС-Т1	13	3,75	0,012	ЭД-20-100 ПЭПА-10	53
5	Стеклоткань ТС-Т1	4	3,4	0,015	ПН-1-100 Гипериз-4 Нафт.коб-2	55
	Стеклорогожка ТР-0,7	5				
	Стеклоткань ТС-Т1	4				
6	Стеклоткань ТС-Т1	1	3,46	0,012	ПН-1-100 Гипериз-4 Нафт.коб-2	54
	Стеклорогожка ТР-0,7	5				
	Стеклоткань ТС-Т1	1				

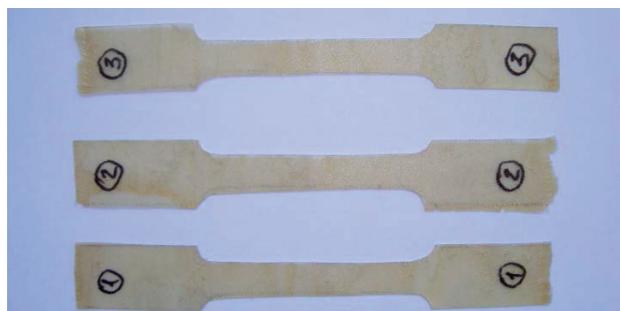


Рис. 2. Стеклопластиковые образцы

4.3. Отработка технологического процесса изготовления контейнера. Для производства контейнера необходим целый ряд подготовительных операций, а именно:

- подготовка стеклоармирующего материала;
- приготовление связующего;
- подготовка элементов формы.

Стеклоткань должна быть просушена при температуре 100–150 °С в течение 3–6 ч. Загрязненные маслом участки ткани удаляют.

Подготовка стеклоармирующего материала заключается в получении выкроек из стеклорогожки для последующей укладки в форму. Для получения готового изделия (емкости) толщиной 2,5–4,0 мм необходимо подготовить 2–3 выкройки из стеклорогожки ТР-0,7.

Смолу смешивают с инициаторами и ускорителями в специальных емкостях под вытяжкой непосредственно перед нанесением ее на стеклоткань при формовании готового изделия.

Связующее готовится двух консистенций:

1. Для образования (формирования) лицевого слоя емкости 100 в. ч. эпоксидной смолы ЭД-20, 7 в. ч. отвердителя ПЭПА, 5 в. ч. аэросила, 10 в. ч. пластификатора дибутилфталата.

2. Для склеивания стеклоарматуры — 100 в. ч. эпоксидной смолы ЭД-20,7 в. ч. отвердителя ПЭПА, 10 в. ч. пластификатора дибутилфталата.

Наиболее ответственная операция технологического процесса — подготовка формы. Она должна обеспечивать получение изделия необходимой конфигурации при строгом соответствии размеров и позволять легко извлекать готовую емкость из формы.

Последнее достигается нанесением антиадгезионного покрытия на рабочую поверхность внешнего элемента формы. Наилучшим вариантом антиадгезионного покрытия является состав на основе поливинилового спирта, в случае его отсутствия допускается нанесение тонкого слоя парафиновой или восковой мастики.

Следующий этап — подготовка вспомогательных комплектующих элементов формы, служащих для получения технологических поверхностей емкости, обеспечивающих ее крепление к основанию. Эти элементы также покрываются антиадгезионным покрытием, допускается разделение этих элементов с пропитанным стеклоармирующим материалом посредством целлофановой пленки.

Контактное формование с подпрессовкой малым давлением является наиболее простым по оформлению методом изготовления стеклопластиковых изделий. Осуществляется на негативных и позитивных формах с выкладкой (вручную) армирующего наполнителя по поверхности формы с одновременной пропиткой его связующим вручную кистями или с помощью распылителя. Далее формируемое изделие прикатывают рифленным валиком для удаления пузырьков воздуха и уплотнения материала.

После уплотнения изделие покрывают пленкой и дополнительно прикатывают гладким валиком для разглаживания неровностей и удаления избытка связующего.

Все вышеуказанные операции выполняются на негативной форме. Затем устанавливают позитивную форму и выполняют подпрессовку либо с помощью грузов, либо предусмотренными в конструкции формы стяжными устройствами.

Формующие поверхности перед выкладкой наполнителя обычно покрывают разделительным слоем.

Отверждение изделий проводится при повышенной температуре (90–100 °С для полиэфирных связующих; 120–150 °С для эпоксидных связующих) и осуществляется с помощью инфракрасных нагревателей или продувкой горячим воздухом.

Основные требования к формующей оснастке — жесткость конструкции, обеспечивающая стабильность формующей полости на всех стадиях переработки. Поэтому наиболее целесообразно использование в конструкции оснастки ребер жесткости при незначительной толщине формы.

На стадии укладки и пропитки стеклонеполнителя форма не испытывает значительных нагрузок. При съеме отвержденного изделия развивается гораздо большее силовое воздействие на форму, особенно если для отделения от формующей поверхности применять ручной инструмент (монтажные лопатки).

На покрытую антиадгезионным слоем отрицательную форму наносится эпоксидный компаунд, в состав которого введен аэросил. Пропитываем выкройку стеклорогожки в емкости со связующим (2-ой состав). Укладываем последовательно в форму пропитанные выкройку стеклорогожки, причем первый слой укладывается встык, под которым ложится полоска пропитанной связующим стеклоткани Т-1. Все последующие слои укладываются внахлест. Материал в матрице уплотняется кистью и прикатывается валиком по всей поверхности, далее укладываем целлофановую пленку и прижимаем весь пакет пропитанной стеклорогожки внутренним (положительной) частью формы.

Захлестываем пропитанный стекло-армирующий материал на формирующие технологические поверхности емкости элементы положительной части формы и через целлофановую пленку с помощью приспособления осуществляем прижим стеклопакета. Изделие затвердевает при комнатной температуре в течение 2–3 ч.

После затвердения изделия оно извлекается из формы, для чего необходимо удалить в первую очередь облой и вспомогательные элементы, служащие для получения технологических поверхностей емкости. Извлекаем положительную (внутреннюю) часть формы. Для облегчения ее выемки она должна быть разборной и состоять хотя бы из двух половин. Извлекаем изделие (контейнер) из отрицательной формы. Для отрыва изделия от стенок формы, чтобы избежать их взаимного повреждения, лучше всего пользоваться деревянными клиньями шириной 50–100 мм и толщиной не более 5 мм.

После выемки емкости удаляются остатки облоя до получения рабочего контура изделия, сверлятся крепежные и другие технологические отверстия. Затем наружная поверхность емкости готовится под покраску обычными приемами, которыми пользуются и при окраске металлических емкостей. После просушки окрашенную емкость можно устанавливать на основание.

Перед установкой емкости на основание еще раз производится ее осмотр. На изделии не должно быть трещин, расслоения и других нарушений структуры материала. Если они обнаруживаются, то с внутренней поверхности емкости необходимо их удалить с помощью эпоксидной шпатлевки, а при необходимости наложить «повязку» из стеклоткани.

На рис. 3 представлен контейнер вибрационного станка для обработки длинномерных деталей, изготовленный описанным выше способом на основе стеклоармирующего материала и эпоксидного компаунда, масса контейнера в сравнении с таким же контейнером, изготовленным из металла ниже на 70 %, при этом, прочностные характеристики практически аналогичны.

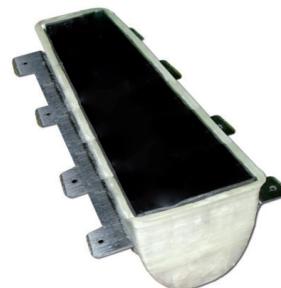


Рис. 3. Контейнер на основе стеклоармирующего материала и эпоксидного компаунда

5. Результаты исследований образцов

В табл. 2 даны геометрические характеристики образцов, величины разрушающих усилий и как результат — разрушающее напряжение.

Так как при разработке технологии изготовления стеклопластиковых контейнеров в качестве связующего была выбрана полиэфирная смола, а в качестве стеклоармирующего материала — стеклорогожка ТР-0,7 и стеклоткань ТС-Т1, то на основании анализа экс-

Таблица 2

Разрушающие напряжения образцов при испытании на изгиб

№ п/п	Размеры образцов, мм	Матрица	$P_{разр.}$, Н	$M_{изг} = Pl/4$, Н·мм	$W_z = bh^2/6$, мм ³	$\sigma_p^{изг} = M_{изг}/W_z$, МПа
1	12×3	эпоксидная	120	1680	18,000	93,33
2	10×4	эпоксидная	320	4480	26,700	167,73
3	12×4	эпоксидная	300	4200	32,000	131,25
4	12×3,75	эпоксидная	400	5600	28,125	199,11
5	13×3,4	полиэфирная	220	3080	25,047	122,96
6	13,4×3,46	полиэфирная	260	3640	26,740	136,12

В табл. 3 приведены значения разрушающих напряжений для эпоксидных и полиэфирных образцов в зависимости от структурно-технологических параметров.

Таблица 3

Зависимость σ_p от структурно-технологических параметров образцов

№ п/п	Матрица	Толщина, мм	Давление, МПа	Количество слоев	$\sigma_{разр.}$, МПа	Структура
1	эпоксидная	3	0,012	8	93,33	ТС-Т1(8)
2	эпоксидная	4	0,015	10	167,73	ТС-Т1(8), ТР-0,7(2)
3	эпоксидная	4	0,015	8	131,25	ТС-Т1(5), ТР-0,7(3)
4	эпоксидная	3,75	0,012	13	199,11	ТС-Т1(13)
5	полиэфирная	3,4	0,015	13	122,96	ТС-Т1(8), ТР-0,7(5)
6	полиэфирная	3,46	0,012	7	136,12	ТС-Т1(2), ТР-0,7(5)

6. Обсуждение результатов исследований образцов

На основании полученных результатов испытаний стеклопластиковых образцов (эпоксидных и полиэфирных) были построены графики. На рис. 4 представлен график зависимости разрушающего напряжения для эпоксидных (Э) и полиэфирных (П) стеклопластиковых образцов в зависимости от процентного содержания стеклорогожки ТР-0,7.

Как видно из графика с увеличением процентного содержания стеклорогожки прочность полиэфирных стеклопластиков возрастает до некоторого предела, а эпоксидных — падает. Это объясняется тем, что вязкость эпоксидной смолы холодного отверждения значительно выше, чем полиэфирной смолы горячего отверждения, поэтому повышение вязкости связующего ухудшает (затрудняет) процесс пропитки стеклоармирующего материала, что и приводит в конечном итоге к снижению механических характеристик отвержденной композиции.

При содержании стеклорогожки в составе композиции более 42,5 %, прочность полиэфирных стеклопластиков при принятой технологии изготовления выше, чем у эпоксидных.

периментальных данных (рис. 3) необходимо, чтобы в составе композиции было не менее 42,5 % стеклорогожки от общего количества армирующего материала.

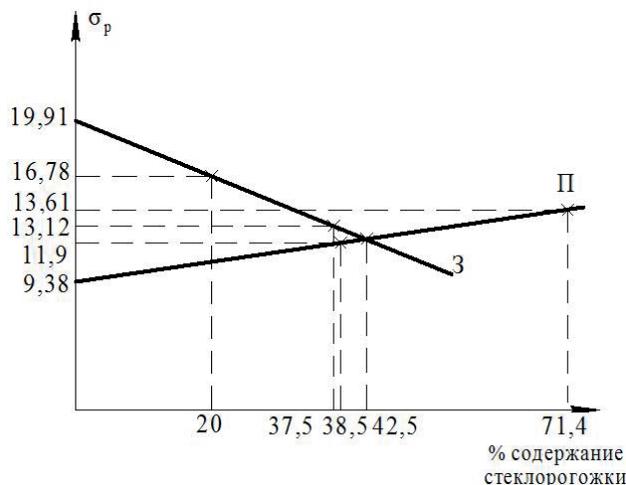


Рис. 4. Зависимость $\sigma_p^{изг}$ стеклопластиковых прессованных образцов от процентного содержания стеклорогожки ТР-0,7

На рис. 5 представлена зависимость изменения прочности эпоксидных (Э) и полиэфирных (П) стеклопластиков от процентного содержания стеклорогожки.

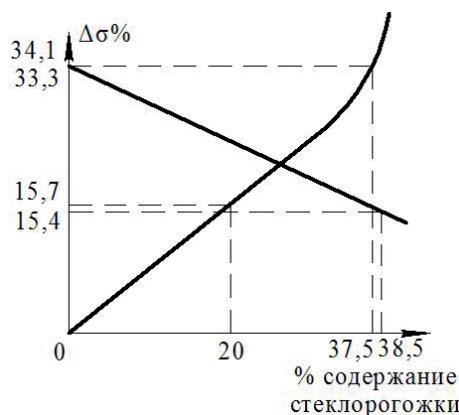


Рис. 5. Зависимость изменения разрушающего напряжения прессованных стеклопластиковых образцов от процентного содержания стеклорогожки

По аналогии с зависимостью, показанной на рис. 5 по мере увеличения процентного содержания стеклорогожки прочность эпоксидных стеклопластиков холодного отверждения падает существенно, в то же время у полиэфирных — она изменяется незначительно.

Окончательно количество армирующего материала уточняется после выполнения расчетов емкости из стеклопластика на прочность.

Очевидно, что в рамках данной работы нет возможности исследовать все виды композиционных материалов. Выбор данных материалов был обусловлен их низкой стоимостью и широким распространением, при этом они позволяют достичь практически таких же свойств которыми обладают контейнеры выполненные из металла. Дальнейшие исследования будут направлены на создание контейнеров из композитных материалов с более высокими прочностными характеристиками.

7. Выводы

В результате проведенных исследований:

1. Представлена расчетная схема контейнера из композиционных материалов.
2. Проведены испытания образцов на основе двух типов связующих.
3. Разработан технологический процесс изготовления контейнера на основе эпоксидного связующего и стеклопластика.
4. Масса представленного контейнера на 70 % ниже массы контейнера такого же объема выполненного из металла.

Литература

1. Бабичев, А. П. Основы вибрационной технологии [Текст] / А. П. Бабичев, И. А. Бабичев. — Ростов-на-Дону: Издательский центр ДГТУ, 2008. — 694 с.
2. Карташов, И. Н. Обработка деталей свободными абразивами в вибрирующих резервуарах [Текст] / И. Н. Карташов, М. Е. Шаинский, В. А. Власов и др. — К.: Высшая школа, 1975. — 179 с.
3. Линейные проходные установки [Электронный ресурс] // ROSLER finding a better way... — Режим доступа: \www/URL: http://www.rosler.ru/produkte/gleitschlifftechnik/linear_durchlaufanlagen/. — 12.11.2015.
4. Удаление заусенца [Электронный ресурс] // ROSLER finding a better way... — Режим доступа: \www/URL: <http://www.rosler.ru/anwendungsgebiete/gleitschlifftechnik/>. — 12.11.2015.
5. T-Generation [Электронный ресурс]. — Режим доступа: \www/URL: http://www.t-generation.ru/003_chronology.html. — 12.11.2015.
6. Used Equipment [Electronic resource] // Vibratoryfinishing. — Available at: \www/URL: <http://vibratoryfinishing.com/used.htm>. — 12.11.2015.

7. Trough Vibrators [Electronic resource] // Walther Trowal. — Available at: \www/URL: <http://www.walther-trowal.com/en/products/mass-finishing/trough-vibrators/>. — 12.11.2015.
8. Берник, П. С. Вибрационные технологические машины с пространственными колебаниями рабочих органов [Текст] / П. С. Берник, Л. В. Ярошенко. — Винница, 1998. — 116 с.
9. Бабичев, А. П. Вибрационные станки для обработки деталей [Текст] / А. П. Бабичев, В. Б. Трунин, Ю. М. Самодумский, В. П. Устинов. — М.: Машиностроение, 1984. — 168 с.
10. Волков, И. В. Обработка в вибрационных станках [Текст]: монография / И. В. Волков, С. Н. Ясунник, А. В. Романченко, Л. М. Лубенкская. — Луганск: Ноулидж, 2013. — 288 с.
11. Chung, D. D. L. Composite materials for vibration damping [Text] / D. D. L. Chung // Engineering Materials and Processes. — London: Springer, 2003. — P. 245–252. doi:10.1007/978-1-4471-3732-0_12
12. McCutcheon, D. M. Damping composite materials by machine augmentation [Text] / D. M. McCutcheon, J. N. Reddy, M. J. O'Brien, T. S. Creasy, G. F. Hawkins // Journal of Sound and Vibration. — 2006. — Vol. 294, № 4–5. — P. 828–840. doi:10.1016/j.jsv.2005.12.029
13. Тимошенко, С. П. Пластинки и оболочки [Текст] / С. П. Тимошенко, С. Войновский-Кригер. — М.: Наука, 1966. — 635 с.
14. Пономарев, С. Д. Расчеты на прочность в машиностроении [Текст] / С. Д. Пономарев и др. — М.: Машгиз, 1958. — Том II. — 974 с.
15. Карпинос, А. М. Композиционные материалы [Текст]: справочник / А. М. Карпинос. — Киев: Наукова думка, 1985. — 592 с.

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДОВГОМІРНОГО КОНТЕЙНЕРА ВІБРАЦІЙНОГО ВЕРСТАТА З КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Встановлено актуальність застосування нових матеріалів для створення контейнера вібраційного верстата U-подібної форми. У статті представлені дослідження з вибору розрахункової схеми довгомірного контейнера вібраційного верстата, виконаного з композиційних матеріалів. Проведено експериментальні дослідження з вибору композитного матеріалу контейнера. Проаналізовано результати випробувань композиційних зразків. Розроблено технологічний процес виготовлення контейнера.

Ключові слова: контейнер, композитний матеріал, верстат, вібраційна обробка.

Романченко Алексей Владимирович, кандидат технических наук, доцент, кафедра машиностроения, станков и инструментов, Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля, Северодонецк, Украина, e-mail: romanchenkoav@mail.ru.

Романченко Олексій Володимирович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра машинобудування, верстатів та інструментів, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Северодонецьк, Україна.

Romanchenko Alex, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Severodonetsk, Ukraine, e-mail: romanchenkoav@mail.ru