

УДК 621.9.048

И.В. Волков, доцент, канд. техн. наук,

С.Е. Дзей, аспирант,

А.В. Романченко, ст. преподаватель, канд. техн. наук

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля,

кв. Молодежный, 20а, г. Луганск, Украина, 91034

tm@snu.edu.ua

ВИБРАЦИОННАЯ ОБРАБОТКА ЖЕСТКИХ ДЛИННОМЕРНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Установлено оптимальное количество одновременно обрабатываемых жестких длинномерных деталей в контейнере непроходного типа. Проведен анализ движения данных деталей в движущейся рабочей среде. Предложены новые схемы обработки длинномерных деталей, обладающих большой массой.

Ключевые слова: длинномерная деталь, вибрационная обработка, контейнер.

Вибрационной обработке подлежат детали разнообразных геометрических форм, поскольку при этом методе обработки применяется «гибкий» инструмент, способный повторить контур любой детали, чего нельзя сказать об обработке на станках с жесткой кинематической связью между элементами технологической системы. Следовательно, свободными абразивами под воздействием вибрации обрабатываются любые заготовки, в том числе сложной геометрической формы, полученные всеми видами литья (в землю, кокиль, оболочку, под давлением),ковки, объемной и листовой штамповки, детали после лезвийной обработки из всех видов сталей, в том числе нержавеющей; всех цветных металлов и их сплавов; керамики; пластмассы; твердых сплавов и тугоплавких металлов; камня; стекла; древесины и другие.

Кроме того, вибрационным методом стали обрабатываться детали, которые ранее не обрабатывались. К таким деталям можно отнести длинномерные детали, так как они могут сочетать в себе признаки, характерные как для средних деталей (в поперечном сечении деталь может быть сопоставима с размерами гранул или превышать их), так и для крупных деталей (линейные размеры детали могут значительно превышать ширину контейнера и быть сопоставимыми с длиной контейнера по одному из размеров).

Сегодня вибрационная обработка длинномерных деталей не является редкостью, для обработки таких деталей разработаны технологические процессы. Это позволяет сформулировать и дать понятие длинномерной детали в вибрационной обработке – это деталь, продольная плоскость (длина) которой в 2 и более раза превышает ее поперечные размеры (то есть основным понятием в определении длинномерности детали является не конкретное значение одного размера, а именно отношение ее продольных размеров к поперечным). Необходимо также ввести дополнительные пояснения, характеризующие свойства длинномерных деталей:

- длинномерные детали, жесткость которых в продольной плоскости исключает возможность их деформации в рабочей среде контейнера, являются жесткими длинномерными деталями;
- длинномерные детали, жесткость которых в продольной плоскости не исключает возможность их деформации в рабочей среде контейнера, являются нежесткими длинномерными деталями;
- длинномерные детали, продольные размеры которых не превышают продольные размеры контейнера вибрационного оборудования, являются длинномерными деталями ограниченной длины;
- длинномерные детали, продольные размеры которых превышают продольные размеры контейнера вибрационного оборудования, являются длинномерными деталями неограниченной длины (в данном случае конкретная величина продольного размера не имеет значения, важно отношение между продольным размером контейнера и самой детали).

Данное исследование является частью цикла экспериментальных исследований, посвященных вибрационной обработке длинномерных деталей. В статье рассмотрены особенности обработки жестких длинномерных деталей ограниченной длины.

Целью данной статьи является определение максимального количества одновременно обрабатываемых длинномерных деталей в контейнере непроходного типа в зависимости от диаметров данных деталей и изучение характера их движения в рабочей среде.

Исследования проводились на вибрационном станке УВИ 25, характеристики которого приведены в таблице 1. Для визуального наблюдения за процессами, происходящими в контейнере, его торцевые стенки были заменены на прозрачные, изготовленные из оргстекла толщиной 10 мм (плексиглас). Эксперимент проводился при частоте 50 Гц, амплитуде 2 мм. Условия проведения эксперимента выбраны на основании многократных исследований проведенных другими авторами, подтверждающих эффективность обработки при соответствующих параметрах [1, 2].

Вибраційна обробка являється багатофакторним процесом. Для виключення впливу форми і розміра гранул робочої середовища, як одних з важливіших факторів, були вибрані гранули однієї строго визначеної форми і однакового розміру (фарфорові кулі діаметром 12 мм).

Таблиця 1 – Характеристики вібраційного станка УВІ 25

Ємкість контейнера, дм ³	Амплітуда, мм	Частота, Гц	Мощність привода, кВт	Габарити, мм	Маса, кг
25	0,2- 4,0	34, 43, 50, 54, 63, 67	4,5	1600×750×1000	450

Для забезпечення якісного процесу вібраційної обробки, деталь повинна ефективно оброблятися з усіх сторін, т.е. вільно переміщатися вздовж стінок контейнера в рухомій середовищі. Щоб виконувалося дане умову, довжина зразків повинна забезпечувати вільне проходження трьох гранул з обох сторін [3]. Враховуючи довжину контейнера, рівну 445 мм, а розмір абразивних гранул 12 мм, були підібрані зразки однакового діаметра (25 мм), але різної довжини (405 мм, 430 мм). Кожен зразок поміщався в рухоме робоче середовище з інтервалом в 3 секунди.

При обробці зразок довжиною 405 мм виконував стійке циркуляційне рухування з незначними відхиленнями від своєї продольної осі, а зразок довжиною 430 мм «застежував» між торцевими стінками контейнера. При оцінці поверхні зразка довжиною 405 мм, що забезпечує вільне проходження трьох гранул з усіх сторін, було встановлено, що поверхня оброблена рівномірно. Поверхня зразка довжиною 430 мм, показаного на малюнку 1, була оброблена нерівномірно, з однієї сторони деталі просматривалися сліди з явно гіршою поверхнею, причому по всій довжині деталі. Зразок знаходився в одній зоні контейнера і не мав можливості вільно переміщатися по всьому його об'єму.



Рисунок 1 – Нерівномірна обробка деталі

Відповідно до результатів для подальших досліджень були відібрані зразки труб довжиною 400 мм, діаметром 15, 25, 40, 50, 60, 80, 100 мм.

Основна частина експериментальних досліджень проводилася наступним чином: в рухоме робоче середовище поміщався зразок труби, після 5 повних оборотів в контейнері і появи зразка на поверхні робочої середовища, через 3 секунди після його зникнення в робочій середовищі за ним послідовно додавався наступний зразок такого ж діаметра. Додавання зразків продовжувалося до моменту порушення стійкого циркуляційного рухування робочої середовища, що контролювалося через прозорі торцеві стінки контейнера. Після експерименту повторювався з зразками більшого діаметра.

Дослідження проводилися при завантаженні контейнера на 75%, при цьому площа поперечного перерізу робочої середовища в спокійному стані становила 54 804 мм², при загальній площі поперечного перерізу контейнера 73 072,68 мм². На малюнку 2 зображено контейнер в поперечному перерізі.

Взявши за 100% площу поперечного перерізу робочої середовища (54 804 мм²), було визначено відсоткове відношення площі поперечного перерізу одночасно оброблюваних деталей відносно площі поперечного перерізу робочої середовища, проведено аналіз рухування труб в залежності від їх діаметра, результати занесені в таблицю 2.

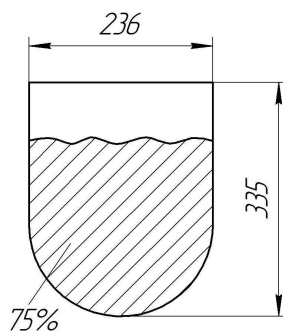
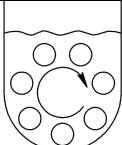
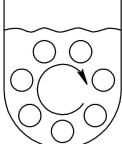
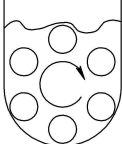
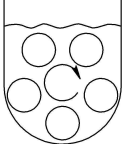
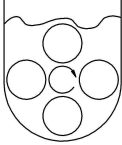
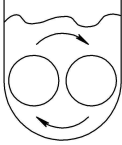
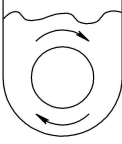


Рисунок 2 – Поперечное сечение контейнера

Таблица 2 – Максимальное количество одновременно обрабатываемых жестких длинномерных деталей в контейнере непроходного типа

№	Диаметр, мм	Рекомендуемое количество деталей, шт	Процентное отношение площади поперечного сечения одновременно обрабатываемых деталей к площади поперечного сечения рабочей среды, %	Характер движения деталей
1	15	8	2,5	 Устойчивое циркуляционное
2	25	7	6,2	 Устойчивое циркуляционное
3	40	6	13,7	 Устойчивое циркуляционное
4	50	5	17,9	 Устойчивое циркуляционное
5	60	4	20,6	 Устойчивое циркуляционное
6	80	2	18,3	 Устойчивое циркуляционное
7	100	1	14,3	 Движение вокруг продольной оси

Образцы труб диаметром 15 мм совершали устойчивое циркуляционное движение с незначительными отклонениями от своей продольной оси при обработке от 1 до 8 единиц, т.е. рабочая среда была нечувствительна к такому количеству и обеспечивала устойчивое циркуляционное движение обрабатываемых образцов вдоль стенок контейнера, схема движения 8 деталей представлена на рисунке 3а. Следует отметить, что все это время образцы двигались друг за другом в одном слое у стенок контейнера, образцы являлись как бы частью среды, она «не замечала» их присутствия. С добавлением 9 образца появился эффект «обгона», т.е. порядок, в котором двигались образцы, стал нарушаться. Этот эффект объясняется тем, что мощность потока, обеспечивающая устойчивое движение 8 деталей, стала недостаточной. Для данного слоя (потока) 9 и последующие 2 образца являлись инородными телами, которые выталкивались в другой слой рабочей среды, в глубь контейнера, схема с двумя потоками деталей представлена на рисунке 3б. При 12 образцах происходило перенасыщение всего объема рабочей среды, ее циркуляционное движение останавливалось.

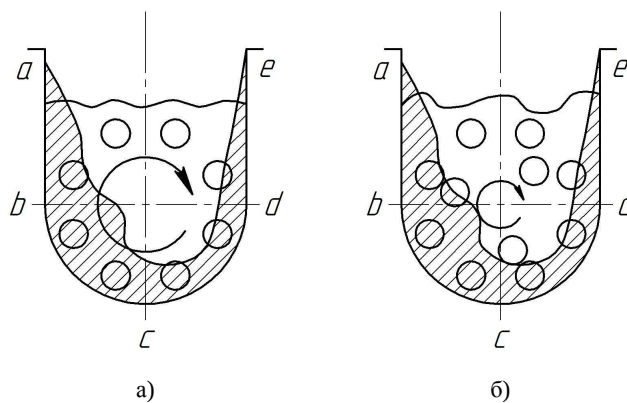


Рисунок 3 – Движение деталей: а - в одном потоке рабочей среды; б - в двух потоках рабочей среды

Анализ обработанных деталей показал, что съем металла с образцов, находящихся во втором циркуляционном потоке (с меньшим радиусом) был несколько меньше, а следовательно не обеспечивались необходимые условия обработки. Известно, что эффективность обработки в различных зонах контейнера не одинакова, на рисунке 4 показана эпюра распределения давления в контейнере, т.е. для равномерной обработки детали должны проходить через все зоны контейнера и находиться в них одинаковый промежуток времени.

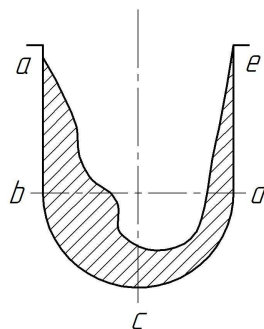


Рисунок 4 –Эпюра распределения давления в контейнере

Обработка образцов до диаметра 60 мм включительно происходила достаточно предсказуемо: с увеличением диаметра трубы происходило уменьшение количества труб на 1 единицу. Происходило постепенное увеличение массы одновременно обрабатываемых образцов, достигшее максимума 23%, (4,4 кг) от общей массы рабочей среды, равной 18,75 кг, при обработке труб диаметром 60 мм (что совпадает с нижними пределами соотношения рабочей среды и обрабатываемых деталей, рекомендуемыми другими исследователями).

Однако при обработке образцов диаметром 80 мм произошло уменьшение количества сразу на две единицы, при этом объемная доля, занимаемая образцами сократилась до 21% (4 кг), а не увеличилась, как это происходило ранее.

Образец трубы диаметром 100 мм не позволял добавить вторую единицу. Наблюдалось изменение характера его движения. При помещении в движущуюся рабочую среду образец за 2-3 оборота

заполнялся рабочей средой и «выплывал» в центр контейнера, совершая вращательное движение вокруг своей продольной оси, т.е. образец становился частью рабочей среды, двигаясь в ней как ее слой. Масса образца составляла более 3,5 кг, расстояние до стенок контейнера составляло 68 мм, что было меньше диаметра самой детали. В данном случае деталь стремилась занять положение устойчивого равновесия с минимальной кинетической энергией, при котором на нее оказывается наименьшее воздействие со стороны среды. Учитывая, что масса детали превышает 3,5 кг и ее процентная доля в общем массовом объеме, равном 18,75 кг, составляет свыше 15% и при этом она является единым целым в отличие от рабочей среды, состоящей из множества единичных элементов, то такое поведение детали можно рассматривать как поведение второй, равноценной, части среды.

Итоговые результаты исследования и рекомендации по максимально возможной одновременной обработке жестких длинномерных деталей в контейнере непроходного типа с объемом 25 л приведены в таблице 2.

Обобщая полученные в результате экспериментальных исследований данные можно сделать следующие **выводы**.

Существует возможность равномерной обработки длинномерных деталей, длина которых практически равна длине контейнера, при этом процесс обработки является высоко детерминированным, так как детали совершают лишь незначительные колебания относительно своих продольных осей в отличие от средних и мелких деталей, которые имеют возможность вращаться вокруг своих продольных и поперечных осей, а также перемещаться по всему контейнеру. Установлено, что количество и характер движения одновременно обрабатываемых жестких длинномерных деталей в неизменном по объему контейнере при их одинаковой длине зависит от диаметра данных деталей. Детали до определенного размера и массы движутся вдоль стенок контейнера, создавая устойчивый циркуляционный поток. Детали, диаметр которых превышает 100 мм (42% ширины контейнера), а масса выше 3,5 кг (15% от объемной массы среды), занимают иное положение, они не движутся вдоль стенок контейнера, а выплывают в его центр.

Следовательно, для обработки деталей такого типа целесообразно применять контейнеры с меньшими габаритными размерами, обеспечивающие свободное прохождение трех гранул со всех сторон обрабатываемой детали. Создание подобных контейнеров, поперечное сечение которых будет реализовано по принципу «диаметр детали плюс шесть гранул» будет способствовать повышению производительности обработки (так как ранее деталь находилась в центре контейнера, где расположена зона ее наименее активной). Переход на малообъемные контейнеры способствует снижению потребляемой мощности привода с одновременным ростом эффективности процесса за счет приближения передаваемого силового импульса через стенку контейнера к деталям.

Установлена процентная доля, занимаемая одновременно обрабатываемыми деталями в поперечном сечении контейнера, равная 20 – 23 % от общей площади поперечного сечения рабочей среды, которая обеспечивает их эффективную обработку и совпадает с процентным соотношением объема деталей и рабочей среды, что обусловлено их длинномерностью.

Библиографический список использованной литературы

1. Мицык В.Я. Исследование влияния частоты и амплитуды колебаний резервуара на эффективность процесса виброобработки. Определение рациональных режимных параметров / В.Я. Мицык, В.В. Савин // Вібрації в техніці та технологіях. — 2000. — № 3 (15). — С. 32 – 38.
2. Волков И.В. Предложения по выбору оптимального соотношения амплитудно-частотных параметров колебаний контейнера вибрационного станка / И.В. Волков, М.А. Калмыков, Г.Л. Мелконов // Вібрації в техніці та технологіях. — 2007. — № 1 (46). — С. 54 – 57.
3. Пшеничный И.Н. Расширение технологических возможностей обработки деталей в вибрирующих контейнерах: дис... канд. техн. наук. / И.Н. Пшеничный. — Луганск, 2004. — 265 с.

Поступила в редакцию 25.03.2013 г.

Волков І.В., Дзей С.Е., Романченко О.В. Вібраційна обробка жорстких довгомірних деталей

Встановлено оптимальну кількість одночасно оброблюваних жорстких довгомірних деталей в контейнері непрохідного типу. Проведено аналіз руху даних деталей в рухомому робочому середовищі. Запропоновано нові схеми обробки довгомірних деталей, які мають велику масу.

Ключові слова: довгомірна деталь, вібраційна обробка, контейнер.

Volkov I.V., Dzei S.E., Romanchenko A.V. Vibration treatment of hard long details

The optimal number of simultaneously processed hard long details in the container is set. The analysis of movement of details in media is showed. Proposed new processing circuit of long details of big mass.

Keywords: long detail, vibrational treatment, container.