

Лубенская Л. М.

Ясуник С. Н.

Пичугин Н. И.

**Восточноукраинский
национальный
университет имени
Владимира Даля**

УДК 621.9.048

РАСШИРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВИБРАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ

У статті наведено результати досліджень вібраційної обробки деталей: дрібних та великих (ґратчастих та цільних сферичних і циліндричних).

In article results of researches of vibrating processing of details are resulted: small and large (trellised and integral spherical and cylindrical).

Под вибрационной обработкой деталей чаще всего понимается обработка деталей на станках без жесткой кинематической связи в технологической системе в колеблющихся контейнерах различной формы. Осуществляемый при этом диапазон операций по изменению состояния поверхностного слоя будущего изделия достаточно широк: от грубых зачистных до отделочных финишных, включая упрочняющие, создавая определенный микрорельеф поверхностей. Естественно, что, учитывая сегодняшний рынок выпускаемого оборудования, перед производителем стоит сложная задача по его выбору. Поэтому необходимо четко охарактеризовать технологические возможности вибрационного оборудования.

Процесс вибрационной обработки деталей в классическом исполнении заключается в обработке в навал множества деталей (в соотношении от 1:6 до 1:2 [1]) в свободно загруженном инструменте – совокупности единичных абразивных или неабразивных (стальных, стеклянных) гранул с добавкой чаще всего химически активного раствора, применяемого в зависимости от операции и материала обрабатываемого изделия. В результате взаимного контакта деталей и гранул и относительного проскальзывания (возникающих при колебании контейнера) происходит съем металла, формирование микрорельефа, являющихся следствием микрорезания, микроскобления единичными зернами, выступающими на поверхности гранул. Учитывая достаточно хаотическое распределение зерен в грануле, а также достаточно хаотическое распределение деталей в контейнере, может создаваться впечатление о нерегулируемости самого процесса. Однако за 50-летний период развития этого метода можно утверждать, что

стохастический процесс дает предсказуемо детерминированные технологические результаты по количественным и качественным показателям. Так, при вибрационной обработке при неизменности условий:

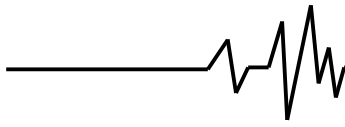
- снижается шероховатость поверхности на 2 класса;

- происходит стабильный съем металла в единицу времени (его величина изменяется в зависимости от материала обрабатываемой детали, гранул рабочей среды, режимов и пр. факторов): например, при обработке латунных образцов размером $\varnothing 14 \times 30$ мм с режимами $A=2$ мм и $f=50$ Гц в среде ПТ-15 съем металла составляет 0,06738 г/ч, а при обработке в среде ПТ-20 - 0,13445 г/ч;

- осуществляется наклеп поверхности (при обработке в стальных шарах): в среднем за 60 мин. достигается наклеп 8-10% при глубине наклепа 0,32-0,35 мм;

- улучшаются эксплуатационные свойства изделий.

Такие показатели, учитывая относительную легкость изготовления вибрационного оборудования и соответствующую невысокую себестоимость продукции, предполагают его применение для широкого класса деталей. И на самом деле, чем сложнее по форме деталь, тем с большими сложностями она обрабатывается на станках с жесткой кинематической связью (либо на очень дорогих обрабатывающих центрах) и достаточно легко на вибрационных станках. Однако до определенного времени на вибрационных станках широко обрабатывались детали, так называемых средних размеров, для которых отношение массы детали к массе гранулы было свыше 30, а отношение линейного размера детали к размеру гранулы равно 5. В соответствии с этим различают



детали: мелкие - до 40 мм; средние - от 41 до 130 мм и крупные – свыше 140 мм [1].

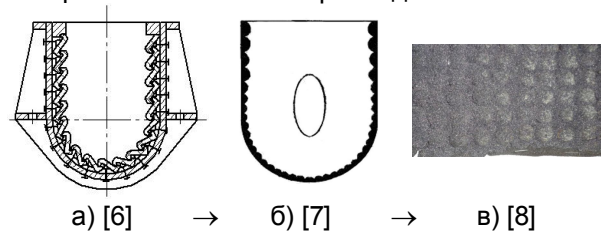
Причинами ограничения обработки мелких деталей, соизмеримых по массе с массой гранул, являлось отсутствие их взаимного проскальзывания, т.к. деталь и гранула двигались с одинаковыми скоростями. Естественно, что такое положение сдерживало распространение вибрационного метода обработки. На самом деле съём металла и в этом случае не прекращается. Например, при обработке в АН-2 с массой гранулы 20-30 г плоских образцов из стали 3 массой 16 г; 8 г; и 1,8 г (с размерами 45×25×2 мм, 25×25×2 мм и 25×5×2 мм и площадями $2530 \times 10^{-6} \text{ м}^2$, $1450 \times 10^{-6} \text{ м}^2$ и $370 \times 10^{-6} \text{ м}^2$ соответственно) удельный съём металла с этих образцов составляет $632,4 \cdot 10^{-3} \text{ г/м}^2\text{ч}$; $620,7 \cdot 10^{-3} \text{ г/м}^2\text{ч}$ и $1081,1 \cdot 10^{-3} \text{ г/м}^2\text{ч}$. Что говорит о некорректности выше указанного предположения.

Подтверждением наличия съёма металла при обработке деталей, равных по массе и по размерам с гранулами, в которых они обрабатываются, является: а) равномерное изнашивание самих гранул; б) частое использование в качестве образцов, имитирующих детали, образцов, близких по массе и размерам к гранулам, например, образцов цилиндрической формы цельных $\varnothing 15 \times 20$ мм массой 35 г и полых $\varnothing 25 \times 30$ мм массой 42 г; образцов, имеющих форму параллелепипеда $10 \times 10 \times 20$ мм массой 20 г; образцов в форме пластин $50 \times 40 \times 5$ мм массой 30 г (при этом, например, масса гранул ПТ-20 составляет 30 г).

Возникновение данного представления, на наш взгляд, связано, в первую очередь, с тем, что ранее обработка осуществлялась на станках с «мягкими» режимами ($\omega = 1000 \dots 2000$ кол/мин, $A = 0 \dots 4$ мм), сегодняшние же станки имеют уже несколько иную конструкцию с режимами: $f \leq 70$ Гц, $A \leq 10$ мм. Поэтому обработка подобных деталей не представляется сложной. А в случае необходимости повышения интенсивности процесса, это возможно осуществить введением дополнительного источника энергии, воздействующего избирательно либо на гранулы, либо на детали. Примером такого источника является электромагнитное поле, воздействующее на ферромагнитные тела – детали или гранулы (полностью металлические либо с металлической связкой), которые получают дополнительный импульс [2].

Также возникают определенные трудности при вибрационной обработке плоских деталей, которые слипаются в пакеты и налипают на стенки контейнера. Но и здесь

произошли изменения, позволившие обрабатывать эти детали. Для разбития пакетов был предложен ряд конструкторских решений [1, 3, 4], а затем появились и рекомендации по изменению состава рабочей среды. Если ранее рабочая среда состояла из совокупности единичных гранул, одинаковых по составу, размеру и форме (в частности для гранул правильной геометрической формы), и химически активного раствора, то затем в ее состав было введено определенное количество мелких гранул, чаще всего сферической формы. Располагаясь между более крупными гранулами или между обрабатываемыми деталями, эти дополнительно введенные гранулы, вследствие плохой смачиваемости, не позволяли деталям плотно соприкасаться друг с другом [5]. Далее появились решения, позволяющие не только препятствовать налипанию деталей на стенки контейнера, но и повысить интенсивность их обработки. Исторически это можно проследить по схеме:



а) [6] → б) [7] → в) [8]
Рис. 1. Средства по предотвращению налипания деталей на стенки контейнера и активизации процесса обработки

При использовании активной футеровки (резиново-абразивная футеровка со вставленными в нее элементами в форме полусфер диаметром 15 и 30 мм – РАФПС15, РАФПС30) съём металла изменяется следующим образом (рис. 2).

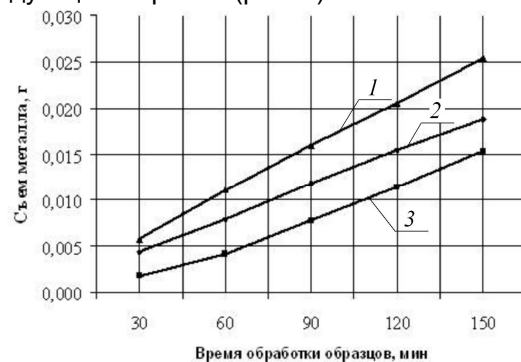
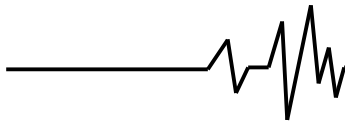


Рис. 2. Съём металла с поверхностью исследуемых образцов в контейнере с различной футеровкой: 1 – РАФПС15; 2 – ТМКШ; 3 – РАФПС30

Причем повышение съёма наблюдается как для плоских, так и для цилиндрических деталей. Т.е. данное решение – это не только ликвидация недостатка вибрационных станков,



но и повышение производительности процесса при обработке с дополнительным абразивным инструментом – резиново-абразивной футеровкой.

Также существуют ограничения по применению вибрационной обработки для массивных деталей и деталей, чьи габаритные размеры превышают $1/3$ ширины или длины контейнера [1]. Высказывалась гипотеза [1, 9], что данные детали будут тормозить движение среды и (или) ложиться на дно контейнера. Но, как уже указывалось выше, переход к станкам, работающим на иных режимах, позволили решить и данную задачу. Остановимся на результатах исследований, полученных в научно-исследовательской лаборатории обработки свободными абразивами Восточноукраинского национального университета им. В.Даля. Обрабатывались массивные цельные и полые сферические и цилиндрические образцы, размеры которых превышают $1/3$ длины контейнера (например, образец $\varnothing 200 \times 155$ мм массой 7,631 кг (рис. 3.а)), на станке УВИ-25 (объем контейнера 25 дм³; размеры контейнера 240x445x370 мм) на режимах $f=50$ Гц, $A=2,5$ мм. Данные изделия имеют развернутую поверхность, которая одновременно контактирует с множеством единичных гранул, создает стабильное циркуляционное движение в контейнере и соответственно их динамический напор, не позволяющий деталям осесть на дно контейнера. Результаты исследований показали, что детали все время находятся во взвешенном состоянии и с определенной средней скоростью (как и циркуляционный поток) вращаются вокруг своей оси в центре контейнера. Именно стремление подобных деталей занять положение в центре контейнера привело к мысли о необходимости применения для них «малообъемных» контейнеров. Данные исследования показали, что стремление к увеличению габаритов станка – объема его контейнера должны идти не по пути увеличения его поперечного сечения (т.к. центральная его зона – зона холостой работы при обработке мелких и средних деталей), а по пути удлинения контейнера с расположением обрабатываемых деталей в зонах активной передачи силового импульса. Ранее в [7, 10] была рассмотрена обработка крупногабаритных плоских деталей типа «радиатор», а точнее сборочных узлов плоской решетчатой формы. Учитывая их значительные размеры ($590 \times 1170 \times 68$) и мнение авторов [1, 9], можно было предположить, что не будет получен положительный результата. Однако форма деталей в данном случае создала

благоприятные условия для их обработки. Гранулы свободно перемещались в промежутках между трубками и обрабатывали места их соединения с направляющими и одновременно транспортировали эту деталь, как два независимых изделия (рис. 3). Достигнуто это движение было за счет создания устойчивого циркуляционного потока. Измерения циркуляционной скорости при различных режимах показали, что средняя циркуляционная скорость колеблется от 0,0546 м/с до 0,0872 м/с в зависимости от амплитудно-частотных характеристик. В ряде случаев для устойчивого движения подобных деталей вдоль стенок контейнера, т.е. для создания строго заданного движения в центре контейнера, т.е. в его пассивной зоне, устанавливается дополнительное приспособление (различной формы, чаще всего полое), ограничивающее свободное перемещение деталей и препятствующее образованию заторов.

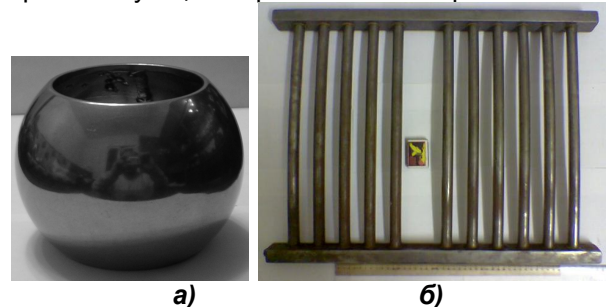


Рис. 3. Изделие типа «радиатор»

Результаты последних исследований можно представить в виде следующей схемы (рис. 4).

Выводы

1. Вибрационная обработка, осуществляемая на современном оборудовании с более высокими режимами, позволяет разрабатывать процесс для обработки деталей, ранее необрабатываемых на вибрационном оборудовании.
2. Результаты работ по изменению формы и функций футеровки контейнера, а также введение абразивных гранул малого диаметра позволило надежно получать требуемые технологические результаты при обработке мелких деталей.
3. Равномерность и стабилизация циркуляционного потока позволили перейти к обработке плоских развернутых поверхностей с отверстиями, а также сборочных узлов, полученных методом сварки или пайки.
4. Создание неразрывного стабильного циркуляционного потока создало предпосылки к созданию нового оборудования по обработке массивных цельных деталей в малогабаритных контейнерах.

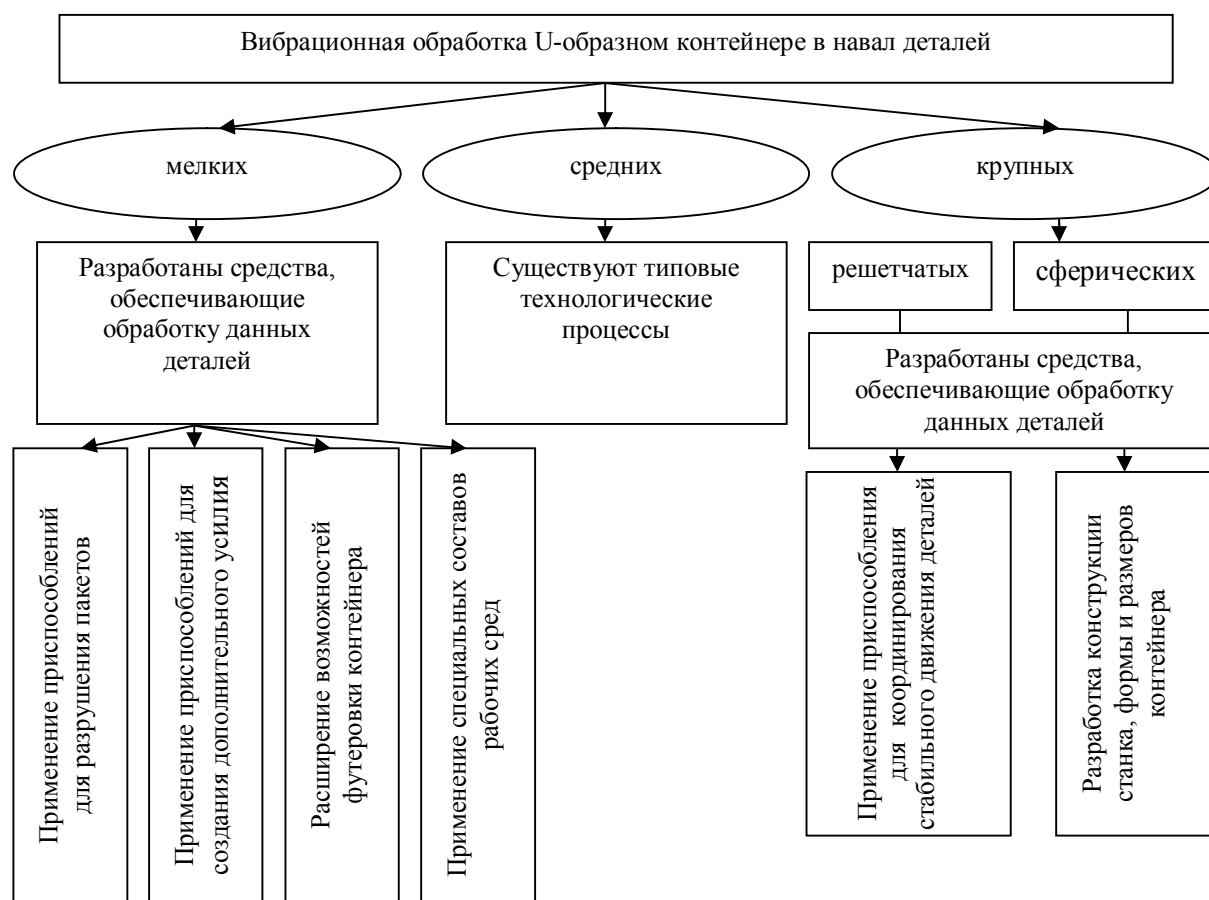
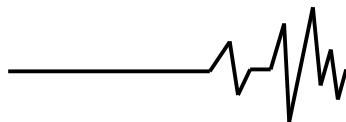


Рис. 4. Технологические возможности вибрационной обработки

Литература

1. Обработка деталей свободными абразивами в вибрирующих резервуарах / И.Н. Карташов, М.Е. Шаинский, В.А. Власов и др. – К.: Высшая школа, 1975. – 179 с.

2. Ясуник С.Н. Повышение эффективности обработки деталей в вибрирующих контейнерах: Дис... канд. техн. наук. - Луганск, 2003. - 184 с.

3. Патент № 59627А. Україна, МКІ В24В31/06. Пристрій для вібраційної обробки деталей в U-подібному контейнері / Калмиков М.О., Лубенська Л.М., Міцик А.В. - № 2002108341; Заявлено 22.10.02; Опубл. 15.09.03, Бюл. №8. - 3 с.

4. Патент № 59628А. Україна, МКІ В24В31/06. Пристрій для вібраційної обробки деталей в U-подібному контейнері / Калмиков М.О., Лубенська Л.М., Міцик А.В. - № 2002108342; Заявлено 22.10.02; Опубл. 15.09.03, Бюл. №8. - 2 с.

5. www.abrasive.su

6. Опирский Б.Я. Новые вибрационные

станки / Б.Я. Опирский, П.Д. Денисов. - Львов: Свит, 1991. – 160 с.

7. Міцик А.В. Підвищення ефективності обробки великогабаритних плоскіх виробів активізацією руху робочого середовища у коливних U-подібних контейнерах: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Харків, 2008. – 20 с.

8. Калмиков М. Експериментальна оцінка впливу матеріалу поверхні контейнера на ефективність процесу вібраційного оброблення деталей / Калмиков М., Лубенська Л., Мелконов Г., Романченко О. // Машинознавство. – Львів, 2007. – № 3(117). – С. 37-40.

9. Бабичев А.П. Основы вибрационной технологии / А.П. Бабичев, И.А. Бабичев. – Ростов-на-Дону: издательский центр ДГТУ, 2008. – 694 с.

10. Калмыков М.А. Повышение эффективности процесса вибрационной обработки крупногабаритных изделий: Дис. ... канд. тех. наук: 05.03.01. - Луганск, 2005. - 223 с.