

УДК 531.3, 621.743

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ВИБРОУДАРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИХ РАЗВИТИЕ В КРСУ

В.Э. Еремьянц

Рассматриваются технологии виброударной обрубки литья по выплавляемым моделям и очистки внутренних поверхностей труб, емкостей, бункеров от различных отложений. Обсуждены преимущества этих технологий и пути их совершенствования.

Ключевые слова: виброударная технология; обрубка литья; очистка труб.

В последние годы сотрудниками кафедры механики Естественно-технического факультета совместно с аспирантами и студентами, обучающимися по специальности “Динамика и прочность машин”, интенсивно ведутся работы по развитию теоретических основ перспективных виброударных технологий, совершенствованию виброударных машин различного назначения на основе изучения их динамики. В данной статье рассматриваются две наиболее перспективные, на наш взгляд, технологии, прошедшие промышленную апробацию. Это виброударная обрубка отливок при точном литье по выплавляемым моделям и виброударная очистка внутренних поверхностей пластин, труб, емкостей и бункеров от различных отложений.

В машиностроении при массовом производстве мелких деталей одним из перспективных способов их изготовления является литье по выплавляемым моделям. При этом способе после заливки металла в керамическую форму и охлаждения получается блок отливок, в котором к центральному литниковому стержню – стояку, с помощью питателей присоединены отливки деталей. В зависимости от размеров и массы отливок блок может содержать от 2 до 100 отливок, расположенных рядами равномерно по длине блока (рисунок 1).

После охлаждения блоки очищали от керамической оболочки, а затем отделяли отливки деталей от стержня. Очистку внешних поверхностей блоков от керамической оболочки производили на пневматических виброударных станках, а отделение отливок от стояка обычно выполнялась с помощью абразивных кругов, анодно-механической резки, а также на гидравлических прессах путем продавливания блока отливок через кольцевую

фильеру. При небольших объемах литья отливки отделяли вручную молотком.

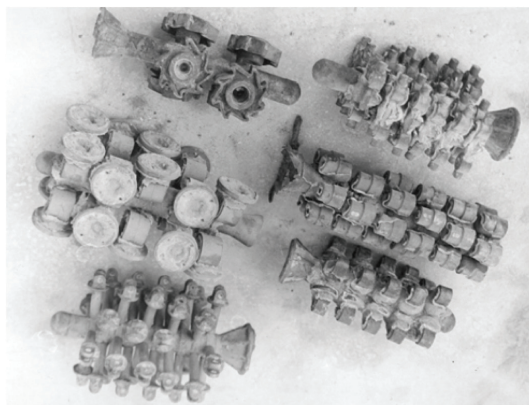
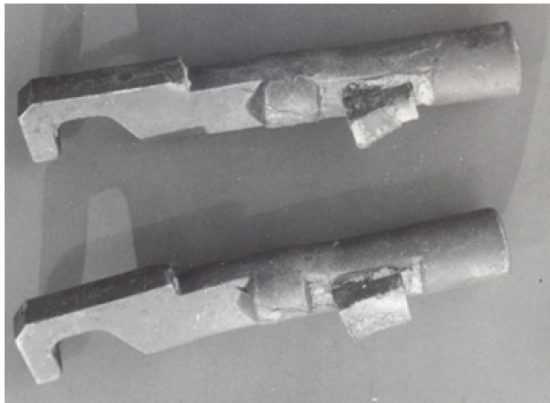


Рисунок 1 – Блоки отливок различных заводов

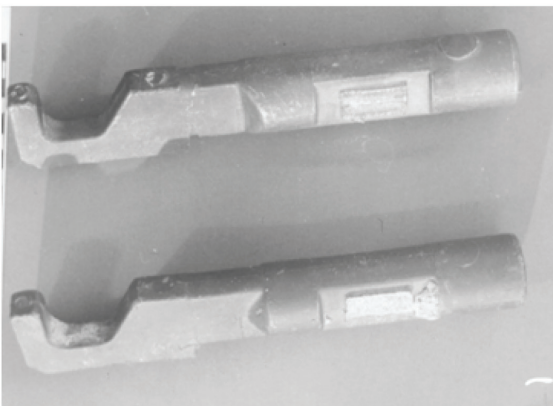
При отделении отливок молотком или на гидравлическом прессе зачастую происходит их деформация. К тому же на отливках остаются остатки питателей (рисунок 2а), которые потом удаляют на специальных обрубных прессах. После обрубки производят зачистку места расположения питателя на абразивных кругах.

При отделении отливок абразивными кругами или анодно-механической резкой необходимо обеспечить доступ режущего инструмента к питателю. Это вынуждает располагать ряды отливок на стояке на большом расстоянии друг от друга, что резко снижает выход годного литья после каждой разливки металла.

После отделения от стояков во внутренних полостях отливок остается керамика, которую затем удаляют дробеструйной обработкой, но чаще всего химическим способом (выщелачиванием) в специальных вращающихся барабанах со щелочью.



а



б

Рисунок 2 – Детали, отделенные от стояка на гидравлическом прессе (а) и на виброударном станке (б)

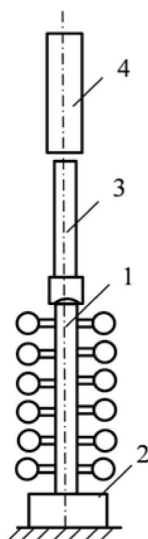


Рисунок 3 – Схема вибро-ударной обработки блока отливок

Идея обеспечить с помощью виброударного способа не только очистку внешних поверхностей блоков от керамики, но и отделение отливок от стояков появилась почти 30 лет назад (1984) во фрунзенской школе ученых-механиков, возглавляемой академиком АН Киргизской ССР О.Д. Алимовым. Причиной, побудившей к разработке этой идеи, являлась просьба Фрунзенского экспериментально-ремонтного завода сельхозтехники помочь в решении механизации процесса обрубки литья по выплавляемым моделям. До этого при достаточно больших объемах выпуска литья обрубка производилась вручную.

Суть виброударного метода отделения отливок заключается в следующем. Блок отливок 1 (рисунок 3) устанавливается на опору 2 и прижимается сверху инструментом 3 с помощью специального прижимного устройства. По инструменту удары бойком 4 виброударного механизма. В результате удара в инструменте генерируется волна деформации, которая, распространяясь по инструменту, а затем по центральному стержню блока, перемещает его сечения. Эти перемещения приводят к колебаниям отливок относительно центрального стержня, возникновению в питателях знакопеременных напряжений и их усталостному или малоцикловому разрушению. Нанося на питатель концентратор напряжений в виде надреза, можно обеспечить его разрушение в нужном сечении.

Уже первые опыты по отделению отливок с помощью мощных бурильных ударных механизмов показали перспективность этого направления, и в республике возникло новое научное направление, связанное с механизацией процесса обрубки литья.

Первые результаты, полученные в этом направлении, привлекли внимание многих заводов, широко использующих точное литье по выплавляемым моделям. В период с 1984 по 1986 г. виброударный способ обрубки литья был апробирован на продукции Московского автозавода им. А.И. Лихачева, Кременчугского автозавода, Новокузнецкого машиностроительного завода, Алтайского моторного завода, Томского электромеханического завода и ряда других предприятий. В этот период на Фрунзенском опытном экспериментально-ремонтном заводе (ФЭРЗ) прошел испытания первый экспериментальный образец виброударного станка с гидравлическим приводом, который имел ряд преимуществ по сравнению с пневматическими виброударными машинами. Эти преимущества заключались в большем КПД, меньшем шуме, большей мощности при одинаковых габаритах

и металлоемкости, отсутствии загрязнения окружающей среды выхлопом сжатого воздуха с частицами масла.

Результаты этих работ, а также первые попытки в разработке модели процесса виброударного отделения отливок опубликованы в 1986–1987 гг. в работах [1, 2]. Испытания показали, что существует определенный уровень энергии удара, при котором начинается интенсивное отделение отливок от стоек. Используемые ранее на заводах пневматические виброударные станки для очистки блоков отливок от керамики этого уровня не достигали.

В 1986 г. по просьбе руководства автозавода им. И.А. Лихачева (г. Москва) учеными республики был разработан и защищен авторским свидетельством на изобретение [3] опытно-промышленный образец гидравлического виброударного станка для обрубки литья СГУ-03. Опытная партия этих станков эксплуатировалась на автозаводе им. И.А. Лихачева с 1986 по 1990 г. Один из этих станков эксплуатировался на Фрунзенском экспериментально-ремонтном заводе с 1990 по 1992 г..

Все это время велись систематические наблюдения за эксплуатацией станков, выявлялись их преимущества и недостатки, регистрировались долговечность и причины отказов различных деталей, исследовался и процесс виброударной обрубкой литья. Часть результатов этих исследований отражена в публикациях [4–6].

Необходимо сказать, что параллельно с отмеченными работами на Алтайском моторном заводе (г. Барнаул) сотрудники цеха точного литья также вели работы по внедрению в практику виброударного способа обрубкой литья. Но в отличие от описанных выше работ на Алтайском моторном заводе в конструкции виброударного станка использовался мощный пневматический перфоратор бурильной машины.

Обобщение результатов применения виброударной технологии обрубкой точного литья на автозаводе им. И.А. Лихачева и Алтайском моторном заводе показало, что этот способ имеет следующие преимущества перед используемыми ранее:

- в блоке можно поместить большее количество отливок, поскольку не требуется места для подхода инструмента. Это позволяет существенно повысить выход годного литья после каждой разливки металла и уменьшить возврат металла в виде стоек на повторную переплавку;
- все питатели в блоке отливок нагружаются одновременно, что позволяет существенно снизить время обработки всего блока;

- исключается деформация отливок при их отделении от стоек;
- отсутствуют остатки питателей на отливках (рисунок 2б), что позволяет исключить целую операцию по обрубке этих остатков;
- обеспечивается более полное удаление керамической оболочки из внутренних поверхностей отливок, что сокращает расход времени и щелочи на окончательную очистку отливок выщелачиванием.

Однако наряду с этими преимуществами у виброударного способа имеются и некоторые недостатки. Это большой уровень шума на рабочем участке, требующий соответствующих защитных мероприятий и относительно небольшая долговечность виброударных машин. Для пневматических машин к недостаткам следует отнести и большой расход воздуха, приводящий к существенному снижению давления в заводской пневматической сети и падению производительности всех подключенных к ней пневматических машин.

С распадом Советского Союза работы по исследованию и совершенствованию виброударного способа обрубкой литья были прекращены. В то же время остался большой неиспользованный задел экспериментальных результатов, полученных во время промышленной эксплуатации станков. Эти результаты показывают, что производительность и энергоемкость процесса виброударного отделения отливок зависит, кроме энергии удара, и от ряда других факторов: формы ударяющего бойка, соотношения массы и скорости бойка в его энергии, параметров самого блока отливок и его отдельных частей, усилия прижатия блока к опоре, жесткости опорного устройства. На время отделения отливок от блока влияют также температура блока, скорость его охлаждения после заливки металла и т. д.

Этот задел может быть использован для построения моделей и развития теоретических основ процесса виброударной обрубкой литья, выявления основных закономерностей процесса и их использования для дальнейшего совершенствования виброударной техники и технологии.

В связи с этим на кафедре механики КРСУ с 2012 г. совместно с аспирантами и студентами возобновлены работы по моделированию процесса виброударной обрубкой литья. В этих работах, в отличие от предшествующих, блок отливок в модели представляется как оснащенный стержень с распределенными параметрами. Под оснащенный стержнем понимается центральный стержень (стойка), связанный упругими элементами (питателями) с сосредоточенными массами (отливками), которые равномерно рядами распределены по его длине.

Особенностью этой модели является то, что упругие элементы и сосредоточенные массы также представляются как элементы с распределенными по длине стержня параметрами, но при этом сосредоточенные массы не связаны друг с другом [7]. С использованием этой модели решена задача о соударении оснащенного стержня с жесткой преградой [8] и о колебаниях оснащенного стержня при действии на его торец ударного импульса прямоугольной формы [9].

Второй перспективной виброударной технологией, апробированной на практике, является очистка внутренних поверхностей труб, емкостей, кузовов транспортных средств и бункеров от различных отложений. Эта технология была предложена Инженерной академией Кыргызской Республики для решения проблемы очистки труб золошлакопроводов Бишкекской ТЭЦ.

Зола из котлов ТЭЦ в виде пульпы удаляется по трубам золошлакопроводов диаметром 430 и 500 мм в отстойники, расположенные в 5–6 км за городом. С течением времени стенки труб покрываются слоем шлака, толщина которого может достигать значительной величины (рисунок 4а).

До появления виброударной технологии для очистки труб ветка золошлакопровода разрезалась на отдельные секции длиной 6–8 м. Каждая секция подвешивалась за один конец на подъемном кране и рабочие выбивали из неё шлак вручную, нанося удары кувалдой по внешней поверхности трубы. Затем после очистки труб ветка снова собиралась с помощью сварки.

В 2001 г. в Инженерной академии КР была разработана первая стационарная виброударная установка для очистки труб. Она состояла из рамы (рисунок 5б), на которой располагались четыре виброударных механизма по окружности обрабатываемой трубы. Очистка обеспечивалась протягиванием трубы с помощью механизма подачи через установку с включенными виброударными механизмами.

Схема взаимодействия ударного механизма с трубой отличается от показанной на рисунке 3 тем, что инструмент ударного механизма опирается на внешнюю поверхность трубы.

Первая апробация этой установки подтвердила высокую эффективность виброударного способа. Вид трубы после обработки показан на рисунке 5б. В дальнейшем по просьбе Бишкекской ТЭЦ вместо стационарной установки была разработана и прошла испытания переносная установка с двумя ударными механизмами, которая в процессе работы перемещалась двумя рабочими вручную вдоль трубы. Этот же виброударный механизм

был использован и в нескольких установках для ликвидации “зависания” угольной мелочи в приемных бункерах Бишкекской ТЭЦ. В этом случае механизм устанавливался непосредственно на боковые поверхности бункеров и ударный инструмент взаимодействовал с пластиной.



а



б

Рисунок 5 – Труба со слоем шлака до обработки (а) и после неё (б)

Все существующие виброударные машины для очистки поверхностей разрабатывались на основе опыта создания виброударной техники для горного дела и строительства. При этом не учитывались характеристики обрабатываемого объекта и их влияние на процесс обработки. Не существо-

вало теории виброударной очистки поверхностей, что, как и в первом случае, не позволяло оптимизировать параметры машин. Поэтому разработка такой теории была одной из актуальных задач совершенствования виброударных машин.

Работая в содружестве с Инженерной академией, кафедра механики разрабатывает теорию виброударной очистки поверхностей. С участием аспирантов и студентов разработаны модели процесса взаимодействия инструмента виброударной машины с обрабатываемой поверхностью, учитывающие местные упруго-пластические контактные деформации поверхности, а также наличие слоя шлака на внутренней стороне обрабатываемого объекта [10, 11]. На основании закономерностей, выявленных с помощью этих моделей, предложены методики выбора рациональных параметров кривошипно-коромысловых и пневматических виброударных машин для очистки поверхностей. В настоящее время эти работы продолжаются в направлении поиска рациональных параметров более перспективных гидравлических виброударных машин [12].

Результаты работ по двум отмеченным направлениям неоднократно докладывались аспирантами и студентами лично и в соавторстве с научными руководителями на международных, Всероссийских и республиканских конференциях. По ним за последние три года опубликовано более 30 докладов и статей в сборниках научных трудов и журналах.

Литература

1. Алимов О.Д. Виброударный способ отделения отливок от блоков, получаемых литьем по выплавляемым моделям / О.Д. Алимов, С.А. Басов, В.Э. Ерестьянц и др. Фрунзе: Илим, 1986. 27 с.
2. Ерестьянц В.Э. Ударное нагружение оснащенных стержней / В.Э. Ерестьянц, Ю.В. Невенчанский, Н.Г. Писаренко. Фрунзе: Илим, 1987. 164 с.
3. А.с. № 1673261, В22В31/00. Установка для виброударного отделения отливок от блоков / Алимов О.Д., Басов С.А., Ерестьянц В.Э., Невенчанский Ю.В. Бюлл. № 32. 30.08.91.
4. Алимов О.Д. К теории виброударного отделения отливок от литниковых систем / О.Д. Алимов, В.Э. Ерестьянц, Ю.В. Невенчанский // Изв. АН Кирг. ССР. Физ.-мат. и техн. науки. 1988. № 4. С. 35–41.
5. Алимов О.Д. Виброударное отделение отливок от стояков при литье по выплавляемым моделям / О.Д. Алимов, В.Э. Ерестьянц, Ю.В. Невенчанский // Литейное производство. 1989. № 11. С. 31–32.
6. Ерестьянц В.Э. Виброударное отделение отливок от литниковых систем при литье по выплавляемым моделям / В.Э. Ерестьянц, Ю.В. Невенчанский, А.К. Харченко и др. // Литейное производство. 1991. № 1. С. 33–35.
7. Ерестьянц В.Э. Модель оснащенного стержня с распределенными параметрами / В.Э. Ерестьянц, И.С. Дроздова // Современные проблемы механики сплошных сред. Вып. 16. Бишкек, 2012. С. 285–290.
8. Дроздова И.С. Колебания оснащенного стержня при ударе по жесткой преграде / И.С. Дроздова // Наука. Техника. Инновации. Материалы Всерос. конф. молодых ученых. Ч. 3. Новосибирск: НГТУ, 2012. С. 198–202.
9. Ерестьянц В.Э. Колебания оснащенного стержня при действии на его торец ударного импульса прямоугольной формы / В.Э. Ерестьянц, И.С. Дроздова // Вестник КРСУ. 2013. № 7.
10. Ерестьянц В.Э. К задаче о продольном ударе по стержню, опирающемуся на пластину / В.Э. Ерестьянц, Л.Т. Панова, А.А. Слепнев // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2007. № 4. С. 58–63.
11. Ерестьянц В.Э., Панова Л.Т., Асанова А. Расчет характеристик процесса виброударной очистки поверхностей / В.Э. Ерестьянц, Л.Т. Панова, А. Асанова // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2012. № 6. С. 63–70.
12. Ерестьянц В.Э. Передача энергии удара через инструмент в пластину / В.Э. Ерестьянц, В.В. Ню // Вестник КРСУ. 2013. № 7.