



Виброударные технологии для строительного-дорожных машин



Андрей АБРАМОВ
Andrey D. ABRAMOV

Татьяна ТЮНЮКОВА
Tatiana K. TYUNYUKOVA



Евгений ИЖБУЛДИН
Evgeny A. IZHULDIN

Абрамов Андрей Дмитриевич – доктор технических наук, доцент, декан факультета «Управление транспортно-технологическими комплексами» Сибирского государственного университета путей сообщения (СГУПС), Новосибирск, Россия.
Тюнюкова Татьяна Константиновна – кандидат технических наук, доцент СГУПС, Новосибирск, Россия.
Ижбулдин Евгений Александрович – аспирант СГУПС, Новосибирск, Россия.

Vibro-Impact Technologies for Road Construction Machinery
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 67)

С развитием технических средств расширяется область применения виброударных машин и технологий.

Одновременно повышаются требования к надежности устройств и продукции, массогабаритным и стоимостным показателям. В статье представлены конструктивные схемы универсальных ударных машин, путем смены насадок перенастраиваемых под специфику совмещаемых операций, предложен синтез виброударных технологий для различных отраслей промышленности, в том числе ремонта путевых и строительного-дорожных машин.

Ключевые слова: ручные электромагнитные ударные машины, виброударные технологии, ремонт транспортных и строительного-дорожных машин, обработка металлических и неметаллических конструкций.

В строительном производстве при проведении монтажных, специальных строительных работ, эксплуатации и ремонте строительных и дорожных машин широко используются технологии, основанные на силовом воздействии на обрабатываемый материал.

Основными факторами, определяющими возможность реализации таких технологий в эксплуатации предприятий (ЭП), служат низкие затраты на их реализацию и относительная простота, чему в наибольшей мере отвечают легкий, в том числе ручной, механизированный инструмент и в первую очередь машины ударного действия, способные генерировать мощные силовые импульсы.

Проведенные исследования позволили создать ряд виброударных технологий, соответствующих рассматриваемым требованиям, основные из которых приведены на рис. 1.

В целях достижения максимальной энергии единичного удара при минимальных массогабаритных параметрах инстру-



Рис. 1. Структура технологических операций.

мента разработан размерный ряд низкочастотных ручных машин ударного действия с линейными электромагнитными двигателями (ЛЭМД) возвратно-поступательно-го действия [1, 2]. На рис. 2 представлена их принципиальная схема, в которой реализована пружинная схема возврата бойка.

Рабочий ход бойка осуществляется за счет магнитной силы, создаваемой катушкой 3, а возврат в исходное положение выполняется упругой силой пружин растяжения или сжатия 1. Форсировка ЛЭМД достигается увеличением тока в рабочем полупериоде синусоидального напряжения (220 В, 50 Гц) и пропуске 8–10 периодов. Таким образом, действующее значение тока, потребляемого из сети, не превышает допустимой величины.

Выбор энергии единичного удара определяется технологическими требованиями. Для ручных машин она может составлять 40–60 Дж при частоте ударов 80–100 в мин. Оценку уровня энергетических показателей ЛЭМД и их конструктивных особенностей можно провести при рассмотрении

конкретных реализаций машин и технологий.

Базовым представителем (прототипом) размерного ряда низкочастотных электромагнитных машин ударного действия является опрессовыватель контактных соединений, общий вид которого представлен на рис. 3 [3].

Основное назначение опрессовывателя – оконцевание многопроволочных жил проводов и кабелей сечением до 240 мм² в трубчатых наконечниках при их обжатии из круглой формы в шестигранник. Опрессовыватель, например УИМ-1, представляет собой оригинальную конструкцию ручного инструмента, защищенную авторскими свидетельствами и патентами, которая не имеет аналогов в России и за рубежом.

Одним из основных показателей эффективности машин ударного действия является удельная энергия единичного удара, то есть энергия, отнесенная к массе устройства, достигающая в опрессовывателе 10 Дж/кг и выше, тогда как удельная

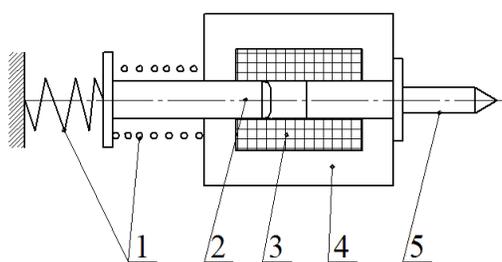


Рис. 2. Принципиальная схема однокатушечного молотка: 1 – пружина растяжения или сжатия, 2 – боек, 3 – катушка, 4 – корпус, 5 – индентор.

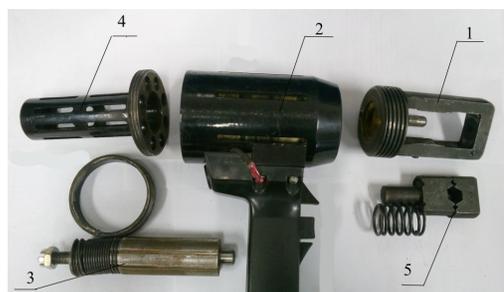


Рис. 3. Конструктивные элементы опрессовывателя контактных соединений: 1 – матрицедержатель, 2 – корпус с катушкой, 3 – якорь-бок с возвратной пружиной, 4 – корпус, 5 – матрица и пуансон.

Таблица 1

Характеристики и обмоточные данные ЛЭМД

Энергия удара, Дж	50
Масса бойка, кг	0,8
Диаметр бойка, мм	30
Длина катушки, мм	70
Высота намотки, мм	16
Сечение обмотки, мм ²	2,32
Число витков	300
Потребляемая мощность, кВт	0,8
Масса двигателя, кг	3,8

энергия удара других известных машин и прессов не превышает 5 Дж/кг. Основные технические характеристики опрессовывателя приведены в таблице 1.

Опрессовыватель является универсальной машиной, переналаживаемой за счет смены технологических насадок. Так, например, он может применяться для аналогичных по энергозатратам и технологии выполнения операциям 1–4, приведенным на рис. 1.

Для запасовки стальных грузовых канатов и строп используются втулки, изготовленные из алюминиевых труб, предварительно деформированных до формы овала, с толщиной стенок от 5 до 7,5 мм. Втулки устанавливаются на пряди соединяемых канатов и опрессовываются до круглой формы.

Таким же образом выполняется окончание тросовых щеточных узлов путевых снегоуборочных, щебнеочистительных, балластоуплотнительных машин и электробалластов. В барабане ротора – питателя снегоуборочной машины установлены кассеты, в которые запрессовываются щетки. Они изготовлены из стальных канатов диаметром 40 мм. В настоящее время при ремонте роторов питателей концы щеток, для предотвращения их расплетания, опрессовываются в стальных разрез-

ных гильзах. В зависимости от условий эксплуатации замена щеток из-за срыва гильз производится 1–2 раза в месяц. Опрессовывание ударом позволяет использовать для окончевания щеток неразрезные гильзы, чем достигается качество ремонта, неуступающее качеству заводского изготовления щеток.

В подавляющем большинстве дорожно-строительных и путевых машин используются гидравлические и пневматические силовые приводы, при эксплуатации которых возникает необходимость ремонта гибких связей – резинотехнических рукавов. Эта операция также является разновидностью рассмотренных технологий. Опрессованные элементы машин показаны на рис. 4.

На железнодорожном транспорте применяются пневматические тормоза, конструктивно выполненные в виде рычажной системы, состоящей из тяг и пальцев диаметром 24–50 мм. В процессе эксплуатации происходит интенсивный износ средней части пальца, что вызывает необходимость восстановления изношенной поверхности.

Известные методы восстановления пополнением металла в местах износа требуют существенных затрат и не могут быть реализованы в дорожных путевых ремонтных мастерских. В этом случае увеличение наружного диаметра пальца в месте износа достигается его раздачей, путем забивки стержня в предварительно просверленное направляющее отверстие с энергией удара, достигающей 60 Дж, и предварительным разогревом пальца.

Меньших энергозатрат требует операция вырезки отверстий в тонколистовых элементах и многослойных панелях, выполнение которой осуществляется сверлением конусными сверлами или вырезкой прессами при относительном перемещении матрицы и пуансона, устанавливаемых

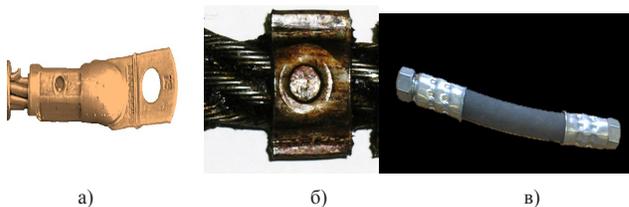


Рис. 4. Опрессованные элементы машин: а) контактный наконечник, б) щеточный элемент ротора-питателя, в) резинотехнический рукав высокого давления.

с противоположных сторон конструктивного элемента.

Вырезка неприменима для обработки отверстий в объемных элементах с замкнутыми контурами, а сверлением невозможно обработать отверстие в слоистых панелях из-за вспучивания слоев попадающей между ними стружкой.

Альтернативой является технологический процесс, сочетающий в себе операции пробивки и вырезки [4, 5], схема которого приведена на рис. 5.

Обработка отверстия выполняется винтовым (ленточным) сверлом, имеющим торцевое и два боковых режущих лезвия. Технический процесс состоит из трех последовательно выполняемых операций I—III. При ударе бойка сверху (I) пробивается лидирующее отверстие, форма которого показана на рис. 5б), после чего сверло ввертывается в обрабатываемый элемент (II). Финишная размерная обработка отверстия осуществляется боковыми лезвиями сверла при его обратном ходе относительно неподвижной матрицы.

Схема работы ударного узла двухкатушечной машины ударного действия для обработки отверстий приведена на рис. 6. Сверло 1 размещается в храповике 2, обеспечивающем принудительный поворот сверла под действием удара, передаваемого через хвостовик 3. Назначение хвостовика состоит в удерживании сверла у торца якоря-бойка 4 при его обратном ходе относительно матрицы 5. В корпусе ЛЭМД расположены силовая (СК) и возвратная (ВК) катушки.

Наименьшей трудоемкостью обладают техпроцессы обработки поверхностей с целью улучшения их эксплуатационных свойств, выполняемые поверхностным пластическим деформированием — калибрование и упрочнение поверхностным наклепом.

Наиболее эффективным является ударное деформирование. Снижение требуемой энергии удара, по сравнению с ранее рассмотренными операциями, достигается за счет существенно меньших натягов при калибровании (без раздачи заготовки), или деформирования поверхности без изменения формы заготовки. Для рассматриваемых операций достаточной является энергия удара 2—4 Дж, что позволяет повысить частоту ударов ЛЭМД до 50 Гц.

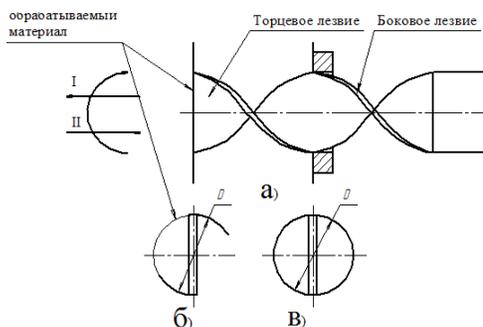


Рис. 5. Схема обработки отверстия: а) рабочее положение сверла и матрицы; б), в) — формы вырезания отверстий.

Исследование виброударного пластического упрочнения (ВПУ) показало, что при обработке поверхности вала (сталь 45) сферическим индентором диаметром 10 мм образуется зона пластического деформирования вокруг отпечатка диаметром 3,1 мм, глубиной 2,2 мм. Анализом зависимостей между величиной опорной поверхности и износом установлено, что минимальный износ достигается при относительной площади контакта 30—60% и глубине отпечатка до 0,02 мм, позволяющих получить максимальную маслосъемность поверхности.

Для всех рассмотренных технологических процессов определены требуемые уровни энергий единичных ударов и методом подобия рассчитаны основные параметры электромагнитных двигателей, приведенных в таблице 2 [6].

На основе полученных результатов разработан размерный ряд геометрически подобных ручных электромагнитных машин с удельной энергией единичного удара, превышающей 10 Дж/кг.

Следует обратить внимание еще на одно обстоятельство. Обработка заготовок ударом открывает возможности для создания новых, комбинированных технологий. Так,

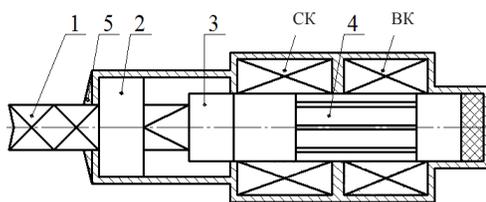


Рис. 6. Схема ручной машины ударного действия для обработки отверстий.



Коэффициенты подобия и основные параметры ЛЭМД размерного ряда

Операция	Виброударное упрочнение поверхности, калибрование	Вырезка отверстий в панелях	Опрессовка контактных наконечни-ков	Опрессовка стальных канатов, раздача
Энергия удара, Дж	10	20	40 оригинал*	60
Коэффициент подобия:				
Энергии удара	0,25	0,50	1,00	1,50
Линейных размеров	0,63	0,79	1,00	1,14
Сечений меди и стали	0,40	0,62	1,00	1,30
Числа витков	1,59	1,26	1,00	0,88
Масса бойка, кг	0,12	0,25	0,50	0,75
Диаметр бойка, мм	19	24	30	34
Длина катушки, мм	36	46	58	66

*параметры оригинала (опрессовыватель ОЭМ-1) приведены в таблице 1.

например, для снижения усталостных повреждений, возникающих на валах под напрессованными на них подшипниками, муфтами, шестернями или на осях и ступицах колёс подвижного состава вследствие фреттинг-изнашивания, применяется фрикционная металлизация (ФМ) поверхности медию и ее сплавами [7], при этом создается промежуточный слой толщиной 4–6 мкм, сопоставимый с высотой микронеровностей защищаемой поверхности. Он в полтора-два раза снижает коэффициент сухого трения и уменьшает возможность заедания соединяемых элементов при сборочно-разборочных работах. Так как на качество медного слоя наибольшее влияние оказывает удельное давление в зоне контакта детали и индентора, то представляется целесообразным создать импульсный режим его нагружения, с колебанием прикладываемой нагрузки под действием электромагнитной силы или удара.

Возможны также варианты совмещения ФМ и ВПУ при диаметральной расположении фрикционного и ударного инденторов или при ударном воздействии на обрабатываемую поверхность составного индентора.

Таким образом, можно сделать вывод о возможности применения ряда однотипных мобильных универсальных ручных электромагнитных машин для реализации

широкого круга технологий, связанных с ударным воздействием на материал. Такие технологии находят применение как при ремонте путевых и строительно-дорожных машин, так и в других отраслях производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каргин В. А. Низкочастотные электромагнитные двигатели // Электромагнитные импульсные системы. – Новосибирск: СО АН СССР, 1989. – С. 27–33.
2. Абрамов А. Д. Создание размерного ряда ручных редкоударных электромагнитных машин для транспортного строительства: монография. Отв. ред. В. А. Каргин. – Новосибирск: СГУПС, 2012. – 153 с.
3. Каргин В. А. Рациональный выбор основных параметров опрессовывателей // Вопросы исследования силовых импульсных систем. – Новосибирск: НЭТИ, 1982. – С. 89–92.
4. Патент на полезную модель РФ № 79484. Способ создания отверстий в тонколистовых металлах и пакетах, собранных из тонколистовых материалов и устройство для его реализации / А. Д. Абрамов, В. А. Каргин, Т. К. Тюнюкова. Оpubл. 15.09.08. Бюл. № 27. – С. 6.
5. Тюнюкова Т. К. Совершенствование технологического процесса изготовления слоистых деталей комбинированными методами обработки / Дис... канд. техн. наук. – Новосибирск: СГУПС, 2006. – 132 с.
6. Патент на полезную модель РФ № 63993. Устройство для управления электромагнитным двигателем возвратно-поступательного движения / В. А. Каргин, А. Д. Абрамов, В. Г. Елагин. Оpubл. 10.06.07. МПК H02P7/00.
7. Манаков А. Л. Повышение эксплуатационной стойкости деталей машин методом фрикционной металлизации / Автореф. дис... канд. техн. наук. – Новосибирск: СГУПС, 2006. – 17 с. ●

Координаты авторов: **Абрамов А. Д.** – abramov@stu.ru, **Тюнюкова Т. К.** – tatiabest@mail.ru, **Ижбулдин Е. А.** – izhbuldin@ngs.ru.

Статья поступила в редакцию 16.02.2016, принята к публикации 21.03.2016.