

# ИНЖЕНЕР-МЕХАНИК

№ 3 (80)  
июль – сентябрь  
2018

Республиканский межотраслевой производственно-практический журнал  
Издается с июля 1998 года  
Выходит один раз в три месяца

Учредитель: Общественное объединение  
«Белорусское общество инженеров-механиков» (ОО «БОИМ»)

Главный редактор Чижик С.А.

Редакционная коллегия:

Андреев М.А., Дашков В.Н.,  
Дубовик Д.А., Дюжев А.А., Захарик А.М.,  
Колпащиков В.Л., Крупец Л.Н.,  
Лягушев Г.С., Мариев П.Л.,  
Медвецкий Е.И., Мелешко М.Г.

Адрес редакции:

220141, Минск, ул. Ф. Скорины, 52/6  
тел./ факс 262-64-28; 264-00-80  
E-mail: mail@boim.by  
Свидетельство о регистрации  
№ 1132 от 21.04.1998

Подписной индекс 00139

Компьютерная верстка Н.В. Побяржина

Подписано в печать 26.09.2018.

Формат 60×84/8. Бумага офсетная.

Гарнитура «Таймс». Печать офсетная.

Усл. печ. л. 5,6. Уч.-изд. л. 4,7.

Тираж 100 экз. Заказ №

Цена номера договорная.

Отпечатано с оригинал-макета заказчика в  
ЧПТУП «Колорград»

Лицензия ЛП № 02330/474 от 08.09.2015 г.  
220033, г. Минск, пер. Велосипедный, 5,  
оф. 904.

www.segment.by

## СОДЕРЖАНИЕ

### Материалы конференций и семинаров

|   |    |
|---|----|
| Ультразвуковая сварка образцов из полипропилена и полиамида встык. <i>Е.В. Хрущёв, В.В. Клубович, В.А. Клушин, В.И. Марусич</i> .....                     | 2  |
| Использование лазерных технологий упрочнения в сельскохозяйственном машиностроении. <i>В.С. Голубев, А.И. Михлюк, И.А. Романчук, Л.И. Процкевич</i> ..... | 6  |
| Технологический процесс раздачи трубчатых заготовок, состояние и перспективы. <i>В.С. Петраковский, А.А. Бакиновская</i> .....                            | 11 |
| Опыт эффективного применения доводки поверхностей деталей пастами и суспензиями. <i>С.А. Дитиненко</i> .....  | 17 |
| Эффективность применения компактных вертикальных обрабатывающих центров DNM 4000. <i>В.А. Жовтобрюх</i> .....   | 20 |
| Сверление отверстий инструментом фирмы TAEGUTEC. <i>В.А. Жовтобрюх</i> .....  | 22 |
| Новые монолитные фрезы Starmill для труднообрабатываемых материалов. <i>В.А. Жовтобрюх</i> .....  | 25 |
| Chasemill Power – альтернатива дорогостоящему монолитному инструменту <i>В.А. Жовтобрюх</i> .....   | 26 |
| Учить проектированию и конструированию! <i>Г.П. Кремнев, В.Б. Наддачин</i> .....  | 28 |
| Якість – наше майбутнє. <i>Н.В. Онофрейчук</i> .....  | 29 |

### Разработки ученых и специалистов

|   |    |
|---|----|
| Мировые тренды развития нанотехнологий и сферы применений нанотехнологической продукции. Наиболее перспективные направления исследований в Республике Беларусь. Республиканская ассоциация nanoиндустрии. <i>С.А. Чижик, А.В. Труханов, Е.Г. Бердичевский</i> ..... | 33 |
| Индустриальный вектор развития Беларуси. <i>Л.А. Сиваченко, Т.Л. Сиваченко</i> .....  | 37 |
| Обеспечение безопасности при эксплуатации транспортных средств в сложных условиях. <i>И.В. Линчук</i> .....   | 42 |

### Патентуем сами

|   |    |
|---|----|
| О патентовании технических решений с элементами виртуальной реальности. <i>И.В. Рагель, А.Э. Павлович</i> ..... | 45 |
|---|----|

### Будет интересно

|  |    |
|--|----|
| Американское общество инженеров-механиков..... | 48 |
|--|----|



СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ  
СОЗДАНИЯ И ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

Материалы 13 международной  
научно-технической конференции  
12–14 сентября 2018 г.

Государственное научное учреждение  
«Физико-технический институт  
Национальной академии наук Беларуси»  
Минск, Республика Беларусь

УДК 678.029.4:66.084

## УЛЬТРАЗВУКОВАЯ СВАРКА ОБРАЗЦОВ ИЗ ПОЛИПРОПИЛЕНА И ПОЛИАМИДА ВСТЫК

<sup>2</sup>Е.В. Хрущёв <sup>1,2</sup>В.В. Клубович, <sup>2</sup>В.А. Клушин, <sup>2</sup>В.И. Марусич

<sup>1</sup> Физико-технический институт НАН Беларуси

<sup>2</sup> Белорусский Национальный технический университет

г. Минск, Беларусь

*В работе рассмотрены особенности применения ультразвуковых колебаний при сварке образцов полимеров встык. Разработана схема подведения ультразвука и опора-штамп для ультразвуковой сварки полимеров. Установлены оптимальные параметры режима ультразвуковой сварки разнородных материалов и показано, что определяющим параметром является амплитуда колебаний торца пуансона-волновода.*

### Введение

Ультразвуковая сварка (УЗС) полимеров – это один из наиболее перспективных способов изготовления неразъемных соединений, получивших в последние годы большое развитие [1].

Особенностью ультразвуковой сварки (УЗС) полимерных материалов является то, что электрические колебания ультразвуковой частоты (20–50 кГц), вырабатываемые генератором, пре-

образуются в механические колебания сварочного инструмента – волновода и которые подводят к свариваемому материалу, при этом часть энергии механических колебаний переходит в тепловую энергию локальной направленности. При УЗС происходит нагрев зоны контакта свариваемых деталей до температур вязкотекучего состояния. По характеру передачи энергии и распределению ее по контактными поверхностям свариваемых де-

талей УЗС делится на контактную сварку (сварка в «ближнем поле») и передаточную (сварка в «дальнем поле»).

В случае контактной сварки, поверхность соединения деталей находится близко к контактной поверхности волновода. Расстояние от контактной поверхности волновода до поверхности стыка свариваемых деталей не превышает 10 мм. Контактная сварка для большинства пластмасс получается высокого качества и поэтому наиболее востребована.

При передаточной сварке расстояние между поверхностью волновода и поверхностью стыка превышает 10 мм. Передаточную сварку рекомендуется применять для соединения удлиненных деталей встык и втавр, а так же при сварке в труднодоступных местах из жестких пластмасс, таких как полистирол, полиметилметакрилат, капрон и др. [1].

#### Цель работы

Основной целью настоящих исследований являлось установление возможностей технологических условий сваривания удлиненных полосовых заготовок встык из полужестких пластмасс на примере полипропилена и полиамида в случаях, когда зоны сварки открыты (подвергаются одностороннему сжатию) и когда зоны сварки закрыты (подвергаются всестороннему сжатию).

#### Материалы и методы исследования

Предметом исследования были образцы в виде пластин с поперечным сечением 10×4 мм и длиной до 100 мм, полученных экструзией из расплава следующих полимеров: полипропилен ПП, марки 21030 и полиамид ПА66, марки 210/310.

Исследования проводили на экспериментальной установке для ультразвуковой сварки полимеров конструкции Института технической акустики НАН Беларуси, включающей генератор ультразвуковых колебаний, пневматический пресс с пьезокерамическим преобразователем колебаний и волноводом-концентратором (пуансоном-волноводом) и компрессор [2]. Измерение и контроль амплитуды торца волновода-концентратора проводилось при помощи бесконтактного виброметра производства Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Если полимерный материал обладает высоким модулем упругости и низким коэффициентом затухания, то сварное соединение можно получить на значительном удалении от поверхности ввода механических колебаний. Благодаря хорошим акустическим свойствам материала изделия энергия УЗ волны незначительно ослабляется при прохождении через свариваемый образец, контактирующий с волноводом, к границе раздела свариваемых образцов. Тепловыделение на границе раздела в этом случае зависит от состояния контактирующих поверхностей свариваемых полимеров.

Для проведения УЗС встык на экспериментальной установке была разработана и изготовлена специальная опора-штамп (рис. 1) для укладки, соосно с пуансоном-волноводом, свариваемых образцов. Опора-штамп выполнена с возможностью размещения стыка свариваемых образцов, как в закрытом ручье, так и вне ручья.

Схема опоры-штампа (рис. 1, а), включает неподвижную полуматрицу 1, в которой выполнен ручей 2 (рис. 1, б) для размещения свариваемых образцов 3 и 4 полосовых заготовок и подвижную полуматрицу 5. В полуматрицах 1 и 5 соосно выполнены окна 6 и 7 для возможности размещения стыка свариваемых образцов вне ручья. На рис. 1, а показано положение стыка 8 свариваемых образцов в закрытом ручье.

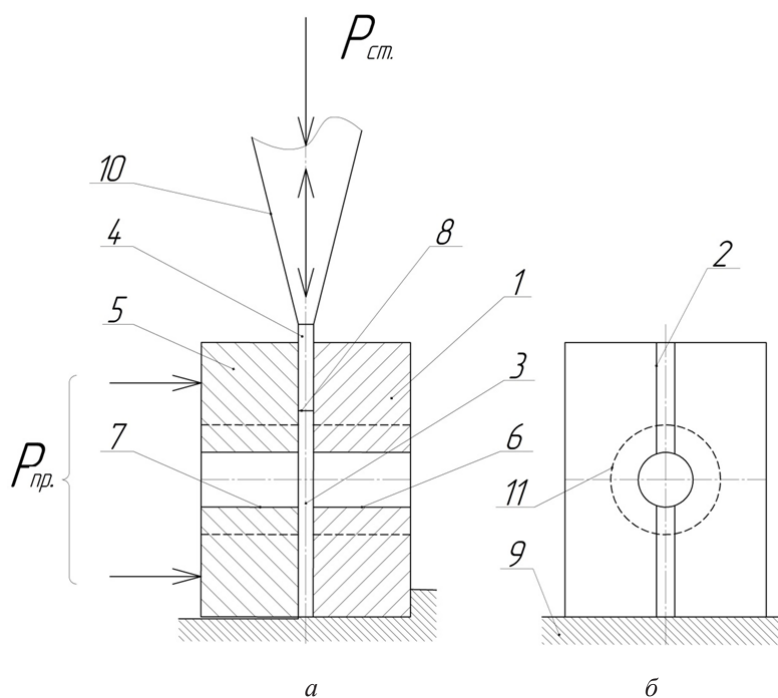


Рис. 1 Схема опоры-штампа (а) и неподвижная полуматрица штампа (б)

Опора-штамп выполняет несколько функций: является направляющей для верхнего и нижнего свариваемых образцов, позволяет удерживать образцы соосно с волноводом и сохраняет свое вертикальное положение в процессе сварки.

Опору-штамп устанавливают на стол 9 прессы, которая является конечным упором для волновода. При этом важно, чтобы контактирующие плоскости волновода 10 и верхнего свариваемого образца 8 были физически выровнены таким образом, чтобы давление и вибрации были равномерными и действовали многократно. Торцовые поверхности перед сваркой были подрезаны на станке, были чистыми, гладкими и перпендикулярными продольным осям образцов.

Выравнивание опоры-штампа и торцовой поверхности верхнего свариваемого образца в плоскости, параллельной торцевой плоскости волновода, может быть обеспечено несколькими способами. При одном из них [1], нами использованном, лист чистой копировальной бумаги кладут окрашенной стороной на чистый лист бумаги, и оба листа помещают между сварным наконечником волновода и деталями.

При сварке образцов полосовых заготовок рабочий цикл определялся последовательностью приложения статического давления  $P_{ст}$ , включения и прохождения ультразвукового импульса, выдержки изделия под давлением и снятия давления с последующим удалением сварного соединения из матрицы.

В исходном положении, когда ползун прессы находится в крайнем верхнем положении и подвижная полуматрица 5 отведена в крайнее левое положение, производят укладку свариваемых образцов в ручей неподвижной полуматрицы 1, при этом нижний образец своей торцовой поверхностью опирается на стол прессы 9. Стык 8 свариваемых образцов располагали в нижней или верхней части ручья или вне зоны ручья (в зоне окон 6, 7) в зависимости от цели исследования. Затем осуществляли закрытие опоры-штампа усилием  $R_{пр}$  путем перемещения подвижной полуматрицы вправо в рабочее положение, после чего включали рабочий цикл ультразвуковой сварки.

Статическое давление  $P_{ст}$  на свариваемые заготовки осуществляли пуансоном-волноводом 10 при рабочем ходе ползуна прессы до включения ультразвуковых колебаний.

Затем включали генератор ультразвуковых колебаний, который вырабатывает электрические колебания ультразвуковой частоты, преобразуемые ультразвуковой колебательной системой

в механические колебания пуансона-волновода и подводили к свариваемому материалу. Часть энергии механических колебаний переходит в тепловую энергию, что приводит к нагреву зоны контакта соединяемых деталей до температур вязкотекучего состояния.

При открытой сварке, когда зона стыка свариваемых образцов находилась вне ручья, в зоне окон 6, 7, качество сварки зависит от размеров длин участков образцов, находящихся вне ручья, т.е. от величины окон. При размерах окон 11 превышающих 5-кратное значение толщин свариваемых материалов образцы смещаются друг относительно друга и изгибаются. В этом случае сварка не возможна или качество сварки низкое. Для осуществления качественной сварки полосовых заготовок в открытом ручье следует по возможности минимизировать зону образцов, находящихся вне ручья.

Более высокое качество сварки было получено при закрытой сварке, когда зона стыка свариваемых образцов находилась в закрытом ручье. В этом случае происходит лучший (более глубокий) провар зоны сварки за счет его всестороннего сжатия. Кроме того, благодаря отсутствию выплеска, не требуется последующая зачистка зоны сварки. Одним из недостатков такой сварки является необходимость дополнительного устройства (выталкивателя) для удаления сваренной полосы из ручья.

В ходе проведения исследований осуществлена одновременная сварка трех образцов (два стыка), размещенных в закрытом ручье последовательно встык друг к другу. Качество сварки обоих стыков удовлетворительное. Однако, чаще верхний стык был проварен лучше чем нижний, что можно объяснить двумя причинами: затуханием УЗ колебаний и/или недостаточностью статического усилия. Сварка трех образцов в сравнении с обычной сваркой двух образцов с равной высотой свариваемой полосы потребовала незначительно-го увеличения вводимой энергии (на 5–7 %).

Для оптимизации режимов УЗС важны четыре основных параметров сварки: время сварки, время выдержки, давление и амплитуда колебаний.

Время сварки – 2 с определяли при отработке технологии и оно должно быть по возможности минимальным без избыточных выплесков расплава.

Время выдержки сваренных образцов после завершения подачи ультразвуковых колебаний было установлено 10 с для возможности гарантированного остывания сваренных образцов.

Важным технологическим параметром является амплитуда колебаний, воздействующих на свариваемые детали. Для того чтобы достичь эффективной и быстродействующей подводимой энергии в конструкционные полимеры, необходимо увеличить интенсивность ультразвука путем повышения амплитуды. Рекомендуемые значения амплитуды при ультразвуковой сварке в «близком поле» частоты 20 кГц составляют для полипропилен – 40–80 мкм и полиамида – 40–70 мкм [1].

В нашем случае при ультразвуковой сварке в «далеком поле» с частотой 20 кГц амплитуда колебаний рабочего торца волновода составляла – 23,6 мкм.

Для получения высокого качества сварки важно определить оптимальное давление, которое необходимо для «сцепления» волновода и свариваемых деталей и создание в них вибрации. Эта же статическая нагрузка обеспечивает скрепление деталей в течение времени выдержки сваренных деталей.

В наших экспериментах сварочное статическое давление составляло  $P_{ст} = 0,5 - 0,6$  МПа; усилие прижатия волновода к материалу  $F = 50$  Н.

Для определения оптимальных значений амплитуды колебаний рабочего торца волновода и статического давления была проведена серия экспериментов, в результате которой получена кривая зависимости амплитуды от давления (рис. 2). Выбор рабочей области давления от 0,47 до 0,62 МПа обусловлен механическими свойствами опытных образцов. При более высоком давлении образцы деформируются, а при более низком получаем неудовлетворительное качество сварного шва.

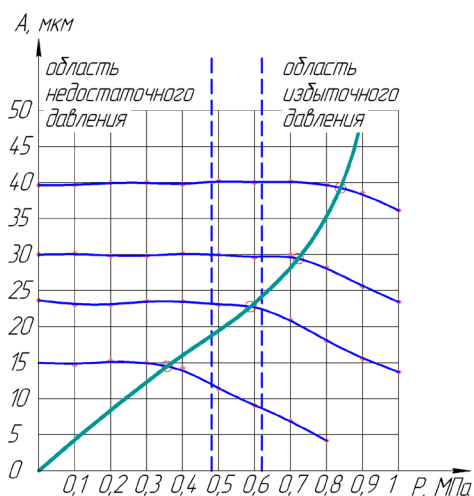


Рис. 2 Определение оптимальной амплитуды ультразвуковых колебаний

### Результаты и их обсуждение

При передаточной сварке повышение эффективности передачи энергии и расширение технологических возможностей процесса может быть достигнуто охлаждением свариваемых деталей до температуры стеклования полимера (или несколько ниже), что позволяет повысить модуль упругости и уменьшить коэффициент затухания свариваемого материала [1–3].

Охлаждение целесообразно лишь верхней свариваемой детали, что позволяет уменьшать потребляемую мощность сварочного оборудования и устранять дефекты, вызываемые перегревом деталей вне зоны сварки.

Ультразвуковая сварка образцов из материалов даже с высокими акустическими свойствами и при равномерном распределении статического давления, но с плоской поверхностью контакта свариваются не по всей поверхности, а лишь в отдельных ее зонах. В связи с чем, предварительная подготовка торцовых поверхностей перед сваркой является важным фактором эффективной сварки. Ранее проведенными исследованиями установлено, что шероховатость поверхностей свариваемых деталей в зоне сварки способствуют интенсификации процесса тепловыделения и последующего развития и образования сварного соединения. Наиболее экономичным и перспективным способом увеличения шероховатости поверхностей в зоне сварки является размещение между свариваемыми деталями мелких частиц (крошки) из того же материала. При ультразвуковой сварке разнородных полимеров следует использовать крошку из одного из свариваемых материалов [2, 4].

### Выводы

Результаты исследований показали возможность передаточной ультразвуковой сварки жестких полимеров на примере полипропилена и полиамида. Определяющим конструктивным параметром передаточной УЗС является опора-штамп, обеспечивающая установку и удержание верхнего и нижнего свариваемых образцов соосно с волноводом в процессе сварки.

Оптимальные параметры режима ультразвуковой сварки полимеров зависят от физико-механических свойств, формы и размеров свариваемых деталей, рабочего цикла сварки и др. факторов и устанавливаются в каждом конкретном случае экспериментально. Определяющим параметром режима ультразвуковой сварки является амплитуда колебаний рабочего торца пуансона-волновода.

УДК 669.056.017

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УПРОЧНЕНИЯ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

*В.С. Голубев, А.И. Михлюк, И.А. Романчук, Л.И. Процкевич*

*Физико-технический институт НАН Беларуси*

*г. Минск, Беларусь*

*Изучены возможности использования технологий лазерного модифицирования и наплавки с целью упрочнения рабочих кромок и поверхностей ряда сменных деталей рабочих органов с/х машин. Это, прежде всего, измельчающие ножи различных кормоуборочных комбайнов, подрезающие ножи свеклоуборочных машин, косилочные ножи и др. Предварительно на образцы указанных деталей наносили порошок износостойкого состава, содержащего карбиды вольфрама, хрома, бориды и другие тугоплавкие соединения. Поверхностную обработку проводили с использованием CO<sub>2</sub> – лазера непрерывного действия «КОМЕТА-2».*

### **Введение**

Ведущие фирмы-производители сельскохозяйственных машин выпускают сменные детали (долото, лемех, отвал, полевая доска, ножи измельчающего аппарата кормоуборочных машин, ножи косилок, диски борон, сегментных ножей кукурузных жаток, копачей и подрезающих ножей ботвы свеклоуборочных комбайнов, оборотных лап культиваторов, зубья культиваторов с активными рабочими органами, стрельчатые лапы, лапы глубокорыхлителей и др.) нового поколения. Они характеризуются высокими физико-механическими свойствами и показателями работоспособности. Конкурентоспособность изделий обеспечивается наукоемкими технологиями и соответствующим стальным прокатом. Анализ конструкционных материалов, используемых в последние годы (10–15 лет) предприятиями Республики Беларусь и другими государствами СНГ, свидетельствует о применении недорогих марок сталей, а также традиционных методов термообработки (закалки и отпуска). Твердость изделий составляет 35,5...48 HRC, прочность не превышает 900...1200 МПа, ударная вязкость находится в пределах 0,2...0,6 МДж/м<sup>2</sup>. Отечественные производители до сих пор в качестве материала основы применяют стали марок 35; 45; 40Х; Л53; 65Г; 55С2; 60С2 и др., которые вследствие низкого уровня твердости и прочно-

сти не удовлетворяют требованиям изделий нового поколения. Вследствие этого такие изделия не могут полноценно конкурировать с изделиями ведущих зарубежных фирм [1,2].

За рубежом детали рабочих органов преимущественно получают из более прочных борсодержащих (с добавками молибдена, титана) мало- и среднеуглеродистых сталей. Аналогами их в СНГ являются стали 30ГР, 40ГР, 30Г2Р и др. Применение таких сталей и специальных способов термической обработки позволило достичь повышенных эксплуатационных свойств. Детали упрочнялись до твердости 48...52 HRC, прочность превышала 1200 МПа. Наряду с этим отдельные западноевропейские фирмы разработали и реализовали наукоемкие технологии «Conit» (Kverneland, Норвегия), «Triplex» и «Dreilagenmaterial» (Huard, Франция), «Rabid» (Rabewerk, Германия), «Plasmabid» (Rabe, Германия), а так же лазерные и плазменные способы упрочнения деталей в сочетании со специальными процессами термической обработки, новые материалы, например, Permanit© (Vogel und Noot, Австрия). Изделия, полученные с применением технологий «Conit» и «Triplex», обладают высокой конкурентоспособностью и наиболее соответствуют ударно-абразивным условиям эксплуатации. Отличительной особенностью этих изделий является трехслойное строение поперечного

сечения, так называемое диссипативное (градиентное) структурное строение. Поверхностные слои изделий имеют высокую прочность (1200...1800 МПа) и твердость (до 67 HRC). Сравнительно пластичная сердцевина при этом обеспечивает повышенную ударную вязкость изделий. Названные технологии являются интеллектуальной собственностью разработчиков. Представленные примеры решения проблем в этой области свидетельствуют о необходимости перехода на использование современных научно-технических достижений на всех этапах изготовления такого рода деталей: получение заготовок и их упрочнение. При этом необходимо широко применять ресурс- и энергосберегающие технологии: такие как поперечно-клиноватая прокатка, объемное и высокочастотное термическое модифицирование, плазменное и лазерное модифицирование, диффузионное намораживание и др. методы.

Таким образом, современным предприятиям в условиях все возрастающей конкуренции и требований к качеству выпускаемой продукции необходима разработка новых материалов и технологий для комплексного решения проблем повышения надежности и срока службы машин и механизмов, придания металлическим изделиям специальных свойств, таких как повышение прочности, износостойкости, коррозионной и термостойкости, надежности и т.п. В этих целях зачастую целесообразно использовать технологии лазерной поверхностной обработки [3–5]. В настоящее время лазерные технологии прочно заняли свои позиции в промышленности ведущих стран мира. Применение технологических лазеров обусловлено возможностями сфокусированного лазерного излучения: бесконтактность и локальность воздействия, минимальная зона термического влияния, высокие скорости нагрева и охлаждения, снижение уровня остаточных напряжений, сведение к минимуму коробления, повышение дисперсности структуры и т.д.

#### Методика эксперимента

В данной работе изучалась возможность упрочнения с использованием лазерных технологий (закалка, легирование, модифицирование, наплавка) наиболее распространенных и широко используемых марок сталей типа 30ХГСА, 60ПП, 40Х, 9ХФ, 42CrMo4, RAEX 24, высокопрочного чугуна ВЧ 50 и др. Образцы сталей были закалены и отпущены по рекомендованным режимам с использованием печного нагрева. В их исходной структуре присутствовал отпущенный мартен-

сит с некоторым количеством остаточного аустенита, твердость составляла 45–60 HRC. При лазерном модифицировании и наплавке предварительно на образцы указанных сталей шликерным методом наносили порошок износостойкого состава, содержащего карбиды вольфрама, хрома, бориды и другие тугоплавкие соединения. Поверхностную обработку проводили с использованием  $\text{CO}_2$  – лазера непрерывного действия «КОМЕТА-2». Режимы лазерной обработки для сталей подбирались в зависимости от плотности мощности лазерного излучения установки, линейных скоростей перемещения лазерного луча, расстояния между лазерными дорожками и диаметра лазерного пятна, рода окружающей газовой атмосферы. Микроструктурный анализ проводили в поперечных сечениях перпендикулярно поверхности травленых шлифов на оптическом микроскопе Neophot-2, дюриметрический — на микротвердомере ПМТ-3. Проведено изучение геометрических размеров, качества и структуры поверхностных слоев, создаваемых в результате лазерного воздействия.

#### Результаты исследований и обсуждение

После лазерной обработки с оплавлением поверхности образцов из чугуна типа ВЧ 50 в микроструктуре наблюдаются три основные зоны, а именно: зона оплавления, зона термического влияния и зона основного металла. Между ними существуют переходные слои, в которых присутствуют структурные составляющие смежных зон, постепенно переходящих друг в друга с соответствующими количественными изменениями фаз. При лазерной обработке на поверхности получали оплавленные слои чугуна исходного состава, кристаллизация которых при быстром охлаждении проходила с образованием структур, состоящих из первичного аустенита в виде дендритов и ледебурита без видимых включений графитной фазы. Исходная микроструктура чугуна в литом состоянии представляла собой феррито-перлитную матрицу с округлыми включениями графита. При этом феррит располагался вокруг включений графита в виде своеобразной оторочки. Такое расположение составляющих (графит, сразу за ним — феррит и только затем перлит) является обычным для модифицированных чугунов, что связано с ускоренной кристаллизацией отливки в результате значительного переохлаждения при модифицировании. Дюриметрические исследования показали следующие результаты: микротвердость феррита составляет ~950–1000 МПа, микротвердость перлита, соответственно ~3400–3600 МПа

(~36–38 HRC). При этом микротвердость структурных составляющих в оплавленном слое уменьшалась по глубине и существенно зависела от плотности мощности лазерного луча при обработке. Вследствие больших скоростей охлаждения наблюдалось увеличение дисперсности структурных составляющих и степени искаженности кристаллической решетки твердого раствора, что, в свою очередь, приводило к возрастанию микротвердости слоя до 10500–11000 МПа. Границы оплавления при этом обычно неровные. В их структуре наблюдался мартенсит, графит и ледебурит в виде скругленных образований, внедренных в основу, иногда с включениями графита внутри. Процесс такого образования выступающих скругленных объемов при режимах обработки с плавлением поверхности связан с процессами диффузии: растворением включений графита, насыщением ближайших участков углеродом и снижением около них температуры плавления твердого раствора.

Тепловой поток от расплавленного слоя, распространяющийся внутрь перпендикулярно поверхности плавления, приводит к постепенному нагреву нижележащих участков металла и обуславливает формирование структуры зон термического влияния, твердость, глубину и другие их характеристики. Максимальный нагрев имеют участки, непосредственно контактирующие с металлом расплава. В нижерасположенных участках температура понижается по мере удаления от расплавленной поверхности. Непосредственно под зоной расплава в твердом состоянии происходит перекристаллизация аустенита с образованием структур в соответствии с температурой прогрева этого слоя, времени пребывания его при этой температуре и соответствующей концентрации углерода в аустените.

Граница раздела между расплавленным слоем и зоной термического влияния не имеет явно выраженный характер. Четкой линии раздела не существует, а расплавленные участки местами заходят в переходную зону. Непосредственно на границе разделения расплава и подложки (в структуре зоны перехода) наблюдается игольчатый мартенсит, графит и участки ледебуритной эвтектики. Причем участки ледебуритной эвтектики являются как бы продолжением расплавленного слоя в виде округлых областей. Эти области являются местами, где ранее располагались включения графита, которые при нагреве успевают раствориться, обогащая аустенит углеродом. Помимо этого, на месте наиболее крупных вклю-

чений могут наблюдаться также скругленные зоны с частично растворенными включениями графита. Эти зоны также внедрены в мартенсит и располагаются в тех местах, где температуры и времени выдержки не было достаточно для полного растворения такого включения.

Непосредственно под оплавленной поверхностью твердый раствор представляет собой игольчатый мартенсит с некоторым количеством остаточного аустенита. Ниже располагается слой из смеси игольчатого мартенсита с некоторым количеством остаточного аустенита и бейнита. Микротвердость игольчатого мартенсита составляет ~5000–7750 МПа (~48–61 HRC), бейнита ~3750–4500 МПа (~39–44 HRC). Глубже располагается область, где превалирует перлитная составляющая с микротвердостью ~3200–3470 МПа (~33–36 HRC) и графит.

При лазерной обработке в структуре перекристаллизованной зоны из смеси мартенситов находится большое количество бесструктурного блочного слаботравящегося мартенсита. Это можно связать с тем, что в этом случае температура нагрева слоя расплава выше. Соответственно выше она и в твердом подслое, в связи с чем степень пересыщения твердого раствора углеродом будет больше. В зоне термического влияния структура металлической матрицы вокруг графитных включений при формировании подчиняется таким же закономерностям, что и в матрице основы. Некоторые изменения в этих закономерностях связаны со следующими факторами: степень нагрева слоя, место расположения конкретных включений и их размер, концентрация углерода в твердом растворе. Важное значение имеют также режимы обработки и теплопроводность.

Непосредственно под границей расплава вблизи включений графита наблюдаются перлитные тонкие ободки с микротвердостью ~4350 МПа. Вероятно, они образовались вследствие того, что часть углерода, растворенного при нагреве, в результате последующего охлаждения успевает продиффундировать к включению и сохраниться на нем в качестве графита как на готовом центре кристаллизации. Зачастую за тонким перлитным ободком наблюдается ледебуритный слой, в котором растворенный в результате нагрева углерод выделяется в соответствии с метастабильной диаграммой. Такие ободки образуются после перекристаллизации аустенита в твердом состоянии вследствие частичного растворения включений графита и повышения концентрации углерода в прилегающих к данным включениям объемах.



Чем дальше включение графита удалено от границы расплава, тем меньше вероятность образования ободков ледебурита вокруг него, при этом повышается вероятность распада аустенита в соответствии со стабильной системой Fe – C с образованием феррита и графита.

При лазерной поверхностной обработке типичных углеродистых и среднелегированных сталей с целью повышения прочности и износостойкости происходит трансформация структур в соответствии и диаграммой состояния железо – углерод. Образуются слои, в которых присутствуют структурные составляющие в соответствии с содержанием углерода в сплаве при закалке их от температур выше АС1 и охлаждении ниже неё, с переходными зонами между слоями со структурными составляющими смежных областей. В износостойком наплавленном (модифицированном) слое присутствует матричный твердый раствор с тугоплавкими карбидными, оксидными, боридными и другими упрочняющими частицами. Толщина наплавки, протяженность образованных слоев, морфология, количественный состав, дисперсность структурных составляющих в получаемых слоях существенно зависят от параметров лазерной обработки, исходного состояния структуры сталей внутри изделия и на поверхности, от чего, в свою очередь, зависят работоспособность и долговечность упрочняемых изделий.

В исходных структурах, например, сталей 9ХФ и 42CrMo4 после лазерной закалки и лазерного модифицирования присутствует мелкодисперсная смесь мартенсита с карбидами точечной морфологии, по-видимому, с некоторым количеством остаточного аустенита и твердостью 5500 МПа. Аналогично упрочнению углеродистых сталей, например, стали 60ПП, в данном случае также наблюдается волнообразный характер изменения твердости по сформированным слоям: слой наплавки, упрочнения, отпуска и основного металла подложки. В зависимости от вводимой энергии лазерного излучения меняются протяженность слоев и величина упрочнения мартенсита перекристаллизации. Твердость матрицы в наплавке возрастает по мере растворения упрочняющих фаз и насыщения твердого раствора основы и составляет 8000–11300 МПа. Глубина зоны упрочнения уменьшается по мере увеличения линейной скорости перемещения луча, меняясь от 0,6 до 0,25 мм. При этом максимальная твердость в зоне упрочнения возрастает до ~6450 МПа при 15 мм/с и до ~8850 МПа при 60 мм/с. Суммарная протяженность зоны термического влияния

уменьшается по мере увеличения скорости обработки. На границе наплавленного слоя и подложки наблюдается снижение твердости мартенсита, которое можно объяснить изменением легированности твердого раствора элементами из слоя наплавки, и вследствие этого присутствием большого количества остаточного аустенита в смеси с мартенситом в приграничной перекристаллизованной структуре твердых матричных растворов, как со стороны наплавки, так и подложки. Что касается твердости тугоплавких упрочняющих частиц в слое, то они присутствуют в виде скругленных частиц разной травимости: светлых с твердостями порядка 17800–28000 МПа и более, а также в виде более темных как бы фрагментированных включений большей травимости, но сохраняющих геометрическую форму областей с твердостями порядка 11000–13000 МПа. С целью увеличения толщины наплавленного слоя и глубины зоны упрочнения была опробована двукратная упрочняющая обработка с повторным нанесением шликерного слоя и последующего модифицирования с использованием выбранного режима. Анализ результатов показывает, что характер кривой распределения твердости при повторном наложении модифицированного слоя остается неизменным. Величина упрочнения в зоне перекристаллизации осталась той же (максимальная твердость ~5700–5900 МПа). Однако увеличилась протяженность зоны отпуска, она стала ~ 0,4 мм, вместо ~ 0,3 мм. Уменьшилась протяженность приграничного слоя, в котором наблюдается падение твердости с небольшим снижением по величине (значение твердости порядка 3200 МПа, для сравнения ~3450 МПа – при однократном проходе). Толщина слоя наплавки увеличилась до 0,25 мм вместо 0,2 мм. Таким образом, существенного упрочнения в зоне термической перекристаллизации, используя повторное лазерное модифицирование с нанесением шликера и оплавлением, не получено, но толщина наплавленного слоя увеличилась ~ в 1,25 раза. Дальнейшее упрочнение мартенсита возможно получить, используя повторное вторичное твердение с дополнительным отпуском.

Лазерное легирование из образцов в свою очередь увеличивает многообразие возможных структур легированных слоев по сравнению с традиционными способами химико-термической обработки. Химическим составом слоя, его микротвердостью и однородностью можно управлять путем регулирования следующих основных параметров обработки: типа и толщины

легирующей обмазки, фракционного состава используемого порошка, рода окружающей газовой среды, геометрии фокусировки лазерного излучения, мощности и скорости сканирования луча. Отмечено, что образующаяся в зоне расплава мартенситная структура при увеличивающейся скорости обработки становится все более дисперсной. Показано, что род атмосферы влияет не только на геометрические размеры зон легирования, но также и на дисперсность формируемой структуры. Если обработка осуществлялась с малым фокусным пятном и с применением аргона, то при стандартных скоростях обработки получается, в зависимости от вида легирующего материала, достаточно тонкоигольчатая или мелкоглобулярная структура. Микротвердость в зоне легирования могла достигать 13000–18000 МПа, при этом в зоне легирования могли быть полностью исключены такие дефекты, как поры и трещины.

Лазерная технология упрочнения была апробирована для различного рода сменных деталей рабочих органов с/х машин. На рис. 1 приведены фотографии упрочненных ножей и противорежущих пластин некоторых кормоуборочных комбайнов.

Для модифицирования, например, ножей кормоуборочных комбайнов использовался метод предварительного нанесения и последующего лазерного оплавления износостойкого покрытия. По результатам исследований предложены марки сталей (60ПП, 30ХГСА, 9ХФ...) и покрытий для изготовления деталей ножей типа: измельчителей кормоуборочных машин, РСК, ИРК, косилок, кукурузных жаток, дообрезки ботвы, дисков сеялок и борон, работающих при отличающихся условиях с целью достижения необходимого уровня эксплуатационных характеристик.

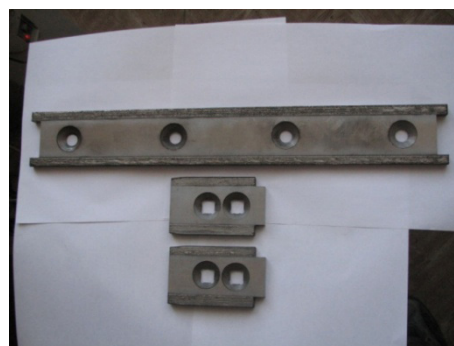
На основе проведенных мероприятий разработаны технологические процессы лазерного поверхностного упрочнения указанных деталей. Оптимизация данных процессов проводилась по следующим направлениям: подготовка поверхности деталей, скоростные режимы лазерной обработки, режимы охлаждения деталей в процессе лазерной обработки, влияние режимов термического отпуска деталей. Для большинства деталей осуществлены полевые испытания, а для ножей кормоуборочного комбайна «JAGUAR 840», ротационных косилок КРН-2.1, дообрезки ботвы свеклоуборочного комбайна КСН-6, сегментных ножей кукурузных жаток «СЧАМПИОН 360» и ПКК-02 с участием БелМИС выполнены приемочные полевые испытания. В конечном итоге установлено, что ресурс работы изготовленных по разработанной технологии ножей комбайна «JAGUAR 840», кукурузной жатки «СЧАМПИОН 360» и ротационных косилок на наших полях может не только не уступать зарубежным аналогам, например, немецких фирм «Lund», «Kemper» и «Krone», но и их превосходить. При этом, ресурс работы изготовленных ножей косилок в 2–3 раза выше, чем у серийно выпускаемых предприятиями нашей республики. Сделан вывод, что организация выпуска упрочненных деталей позволит получить значительный экономический эффект по линии импортозамещения.

#### **Заключение**

После лазерной обработки с оплавлением поверхности образцов из чугуна типа ВЧ 50 в микроструктуре наблюдаются три основные зоны, а именно, зона оплавления, зона термического влияния и зона основного металла. Между ними существуют переходные слои, в которых присутствуют структурные составляющие смежных зон, постепенно переходящих друг в друга с со-



*а*



*б*

*Рис. 1. Сменные детали рабочих органов с/х машин, подвергнутых лазерному упрочнению методом: а – поверхностного модифицирования – ножи кормоуборочного комбайна John Deere, б – наплавки – противорежущие пластины кормоуборочного комбайна Полесье – 3000*

ответствующими количественными изменениями фаз. При лазерной обработке на поверхности получали оплавленные слои чугуна исходного состава, кристаллизация которых при быстром охлаждении проходила с образованием структур, состоящих из первичного аустенита в виде дендритов и ледебурита без видимых включений графитной фазы.

При лазерной поверхностной обработке типичных углеродистых и среднелегированных сталей с целью повышения прочности и износостойкости происходит трансформация структур в соответствии и диаграммой состояния Fe – C. Образуются слои, в которых присутствуют структурные составляющие в соответствии с содержанием углерода в сплаве при закалке их от температур выше АС1 и охлаждении ниже неё, с переходными зонами между слоями со структурными составляющими смежных областей.

Лазерное легирование из обмазок в свою очередь увеличивает многообразие возможных

структур легированных слоев по сравнению с традиционными способами химико-термической обработки. Химическим составом слоя, его микротвердостью и однородностью можно управлять путем регулирования следующих основных параметров обработки: типа и толщины легирующей обмазки, фракционного состава используемого порошка, рода окружающей газовой среды, геометрии фокусировки лазерного излучения, мощности и скорости сканирования луча.

Лазерная технология упрочнения была апробирована для различного рода сменных деталей рабочих органов с/х машин. По результатам исследований предложены марки сталей (60ПП, 30ХГСА, 9ХФ...) и покрытий для изготовления деталей ножей типа: измельчителей кормоуборочных машин, РСК, ИРК, косилок, кукурузных жаток, дообрезки ботвы, дисков сеялок и борон, работающих при отличающихся условиях с целью достижения необходимого уровня эксплуатационных характеристик.

УДК 621.983.044

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС РАЗДАЧИ ТРУБЧАТЫХ ЗАГОТОВОК, СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

*В.С. Петраковский, А.А. Бакиновская*

*Физико-технический институт НАН Беларуси*

*г. Минск, Республика Беларусь*

*Выполнен анализ состояния процесса раздачи трубчатых заготовок в листовой штамповке. Показан недостаточный уровень исследований процесса, что не позволяет рассчитать допустимую степень раздачи трубчатой заготовки. Установлены основные факторы, влияющие на степень раздачи при осуществлении процесса раздачи трубчатых заготовок эластичной средой и импульсными методами штамповки. Исследована степень их влияния на процесс гидроударной раздачи. Разработан инженерный метод расчета предельной степени раздачи.*

### Введение

В настоящее время листовая штамповка относится к наиболее востребованным и прогрессивным методам обработки металлов и занимает одно из ведущих мест в современном производстве. Ее удельный вес в основных отраслях промышленности занимает от 60 до 95 %. Листовая

штамповка получила такое широкое распространение в промышленности, в первую очередь, благодаря таким своим достоинствам как низкая трудоемкость и стоимость выпускаемой продукции, высокая производительность и точность изделий. Листовая штамповка объединяет большое количество разнообразных технологических опе-

раций. В.П. Романовский выделяет 21 основную операцию, которые позволяют получить огромное многообразие деталей, как с плоских, так и пространственных заготовок, в том числе трубчатых [1]. Операции штамповки труб занимают существенное место в общем ряду формоизменяющих операций, так как круглая труба при определенном периметре имеет максимальную площадь проходного сечения и жесткость, и поэтому трубы часто применяются в качестве основных силовых элементов и в трубопроводных конструкциях [2]. Операции штамповки труб разделяются фактически на раздачу, обжим и гибку труб [2]. Каждая из этих операций может иметь различные разновидности, например, с осевым сжатием, растяжением, нагревом. Целью нашей работы является исследование свободной раздачи трубчатой заготовки. Что касается терминологии, то эту операцию в разных источниках называют по-разному. Даже классики листовой штамповки обозначают эту операцию по-своему. В.П. Романовский называет ее растяжкой (раздача), М.Е. Зубцов – формовкой, А.Н. Малов – формовкой растяжением, а автор классической монографии «Штамповка резиной и жидкостью» Е.И. Исаченков – формообразованием из пространственной заготовки. И только М.Н. Горбунов эту операцию называет раздачей. Мы в своих исследованиях придерживались этой терминологии, считая ее наиболее правильной, и под термином раздача мы понимаем процесс увеличения поперечных размеров полой заготовки (трубы в данном случае) под действием внутреннего давления путем тангенциального растяжения. Этот процесс является наиболее сложным и трудоемким среди существующих инструментальных операций штамповки. Однако в современном машиностроении существует большой класс деталей, для изготовления которых процесс раздачи является единственно возможным способом их изготовления. Получение таких деталей в инструментальных классических штампах часто затруднено или вообще невозможно из-за плохого качества продукции и экономической нецелесообразности, т.к. для осуществления процесса раздачи традиционными методами необходимы сложнейшие раздвижные лепестковые штампы, которые в 30–40 раз дороже обычных штампов, да и детали получаются с огранкой. Поэтому такой процесс экономически нецелесообразен и в производстве практически не применяется.

Но с появлением методов штамповки жидкостной и эластичной средами, особенно импульсных методов (штамповка взрывом, электрогидравли-

ческая, магнитно-импульсная, газодинамическая штамповка и особенно гидроударная штамповка) технология раздачи значительно упростилась, ее технологические возможности значительно расширились. Однако процесс раздачи практически не изучен и даже основной показатель процесса раздачи — увеличение диаметра трубной заготовки называют по-разному. М.Н. Горбунов этот показатель называет коэффициентом раздачи (отношение диаметра трубчатой заготовки к максимальному диаметру детали), В.П. Романовский этот показатель также называет коэффициентом растяжки (раздачи), но это уже обратное отношение, другие авторы оперируют только максимальными тангенциальными деформациями. А значения этих коэффициентов даются как приближенные и обобщенные для алюминиевых сплавов или сталей. Опираясь на эти данные технологический процесс раздачи, не спроектируешь, т.к. они не отражают всего многообразия факторов, влияющих на процесс раздачи. Описания этих факторов и тем более исследований их влияния на процесс раздачи в доступных информационных источниках практически нет. Поэтому определение основных факторов, влияющих на процесс раздачи и степень их влияния на показатели раздачи, является актуальной задачей и представляет практический интерес.

Целью настоящего исследования являлось выявление основных факторов, влияющих на процесс свободной гидроударной раздачи трубчатых заготовок и определение величины этого влияния на основной показатель раздачи – степень раздачи  $K_p = D_{дет} / D_{тр}$  и на этой основе создание методологии проектирования процесса раздачи трубчатых заготовок импульсными методами, в частности гидроударным методом штамповки.

#### Методика и результаты исследований

Многообразие факторов, влияющих на процесс гидроударной раздачи, сложность их одновременной оценки накладывают определенные трудности в выборе единого критерия, по которому можно было бы оценить процесс раздачи в целом. Для процесса гидроударной вытяжки такая методика существует, где в качестве критерия штампуемости используется значение предельной степени вытяжки  $K_{np} = D_{заг.макс} / d$ , где  $D_{заг.макс}$  – максимальный диаметр заготовки, которую можно вытянуть за одно нагружение без разрушения,  $d$  – диаметр вытягиваемой детали [3]. И если предположить, что процесс раздачи трубчатой заготовки является вытяжкой пространственной заготовки, где в качестве фланца выступают свободные концы тру-

бы, а диаметром матрицы является ширина рифта трубы, то разработанную для вытяжки методику можно применить для раздачи труб. Таким образом, для оценки процесса свободной гидроударной раздачи трубчатых заготовок наиболее удобным является степень раздачи  $K_p = D_{дет} / D_{тр}$ , где  $D_{дет}$  — максимальный диаметр рифта,  $D_{тр}$  — исходный диаметр трубы. Степень раздачи, при которой тангенциальные деформации достигают своего максимума, является предельной степенью раздачи  $K_{р.пр}$  и выражает собой предельное значение диаметра детали, которую можно получить с заданного диаметра трубы.

Анализ процесса гидроударной раздачи труб (свободная раздача) и предварительные эксперименты показывают, что величина предельной степени раздачи  $K_{р.пр}$ , главным образом, зависит от следующих факторов: 1 — материала трубы; 2 — относительной длины трубчатой заготовки  $L_{тр}/B$  ( $L_{тр}$  — длина трубчатой заготовки,  $B$  — ширина получаемого раздачей рифта или зоны деформирования); 3 — относительной толщины стенки трубчатой заготовки  $S_0 / D_{тр}$  ( $S_0$  — исходная толщина стенки трубчатой заготовки,  $D_{тр}$  — диаметр трубы); 4 — относительной ширины рифта  $B/S_0$ ; 5 — скорости нагружения заготовки (относительной массы бойка  $m_ж/m_б$ ), где  $m_ж$  — масса жидкости в рабочей камере гидроударного прессы,  $m_б$  — масса бойка.

Отсюда вытекают задачи экспериментального определения предельных степеней раздачи для различных материалов труб и качественного и количественного характера их изменения в зависимости от вышеперечисленных факторов. Разноплановость и различное количественное влияние этих факторов на процесс, и предельную степень раздачи делает невозможным создание общей методики оценки штампуемости труб, одновременно учитывающей влияние этих параметров. Поэтому целесообразно экспериментальное построение графика штампуемости трубчатой заготовки в зависимости от одного параметра, который оказывает наибольшее влия-

ние на степень раздачи, а полученные значения предельных степеней раздачи корректировать с помощью поправочных коэффициентов, учитывающих изменение других параметров, подобно тому, что разработано для гидроударной вытяжки [4]. Ввиду этого, оценку штампуемости проводили путем построения экспериментальных кривых штампуемости, представляющих собой взаимосвязь удельной энергии удара  $E_{уд}$ , величины относительной длины трубчатой заготовки  $L_{тр}/B$  и результатом раздачи. А по результатам эксперимента строились зависимости предельной степени раздачи  $K_{р.пр}$  от величины  $L_{тр}/B$ .

Экспериментальная работа по построению кривых штампуемости проводилась на гидроударном прессе СФТ-510 на матрицах с радиусом закругления  $R_m = 2S_0$  и диаметрами равными диаметрам исходных трубчатых заготовок (25–50 мм). Величина относительной длины трубчатой заготовки  $L_{тр}/B$  изменялась от 2 до 12. Ширина зоны деформирования была равной  $10S_0$ . Диапазон энергий удара 1–5 кДж. Штамповка трубчатых заготовок из различных материалов производилась по схеме свободной раздачи за одно нагружение симметрично расположенного по высоте заготовки рифта (рис. 1).

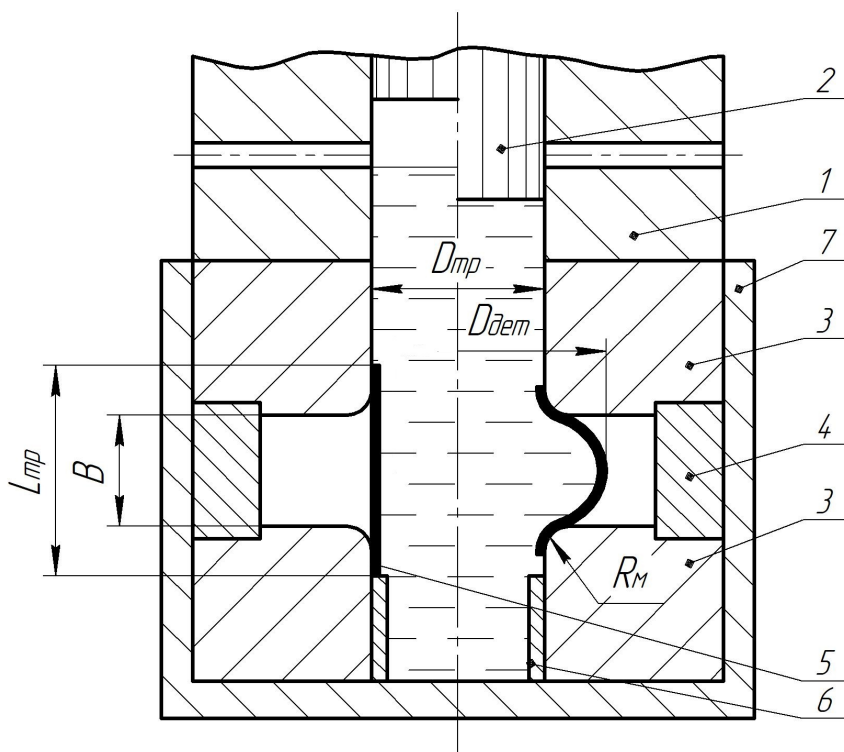


Рис. 1. Схема экспериментов:  
1 — рабочая камера; 2 — боек; 3 — полуматрицы; 4 — опорное кольцо;  
5 — заготовка; 6 — центрирующая втулка; 7 — обойма

Партии заготовок различных длин, начиная с наименьшей подвергали раздаче. В процессе эксперимента фиксировалась энергия удара, при которой происходят раздача с полной утяжкой фланцев в зону деформирования рифта, с неполной утяжкой фланцев и разрушение рифта. Пример построения графика штампуемости трубы из материала 12X18H10T Ø40 мм и толщиной стенки 0,5 мм показан на рис. 2.

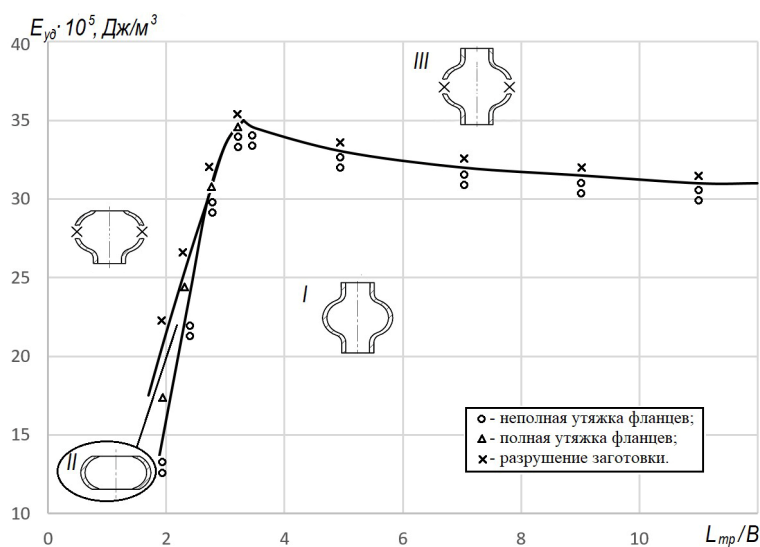


Рис. 2. График штампуемости для трубы из материала 12X18H10T

Из представленного графика штампуемости видно, что кривые являются границами трех характерных областей. Область I определяет такие соотношения удельных энергий  $E_{уд}$  и величины относительной длины трубчатой заготовки  $L_{тр}/B$ , при которых можно получить раздачу с неполной утяжкой фланцев заготовки в зону рифта. Область II определяет эти соотношения, при которых происходит полная утяжка фланцев в зону рифта. Она весьма мала и для получения таких деталей требуется очень точная дозировка энергии удара. Область III определяет такие соотношения  $E_{уд}$  и  $L_{тр}/B$ , при которых всегда происходит разрушение рифта. Общая для всех трех областей точка на кривых, соответствует величине  $L_{тр}/B$ , при которой достигается максимальная степень раздачи  $K_p$ . Такие графики были построены для широкого ряда материалов, применяемых в листовой штамповке. Полученные в процессе экспериментов образцы из различных материалов и с различной величиной  $L_{тр}/B$  использовались для определения степени раздачи  $K_p$  в зависимости от  $L_{тр}/B$ . Результаты этого определения приведены на рис. 3. Точки, лежащие на кривой, соответствуют критическому состоянию образцов, предшествующему разрушению,

т.е. представляют собой предельные степени раздачи для различных соотношений  $L_{тр}/B$ . Зона, находящаяся под предельной кривой, является зоной качественных изделий, а зона, находящаяся над кривой — зоной разрушения трубчатой заготовки. Как видно из графиков, все кривые имеют максимум при значениях  $L_{тр}/B$ , лежащих в диапазоне от 2,5 до 3, а характер влияния  $L_{тр}/B$  одинаков для всех исследуемых материалов и при значениях  $L_{тр}/B$  более 6 относительная длина трубы уже практически не влияет на предельную степень раздачи.

Таким образом, построение таких предельных кривых штампуемости позволило определить величины предельных степеней свободной раздачи, которые являются основным показателем при проектировании процесса гидроударной раздачи. Зная величину предельной степени раздачи материала трубы, используемого для изготовления заданной детали и рассчитав по чертежу детали необходимую степень раздачи, можно сделать заключение о возможности ее изготовления гидроударной раздачей. В табл. 1 представлены предельные значения степеней раздачи для исследуемых материалов при относительной длине трубчатой заготовки  $L_{тр}/B$  равной 6 и относительной ширине рифта  $B/S_0$  равной  $10 S_0$ .

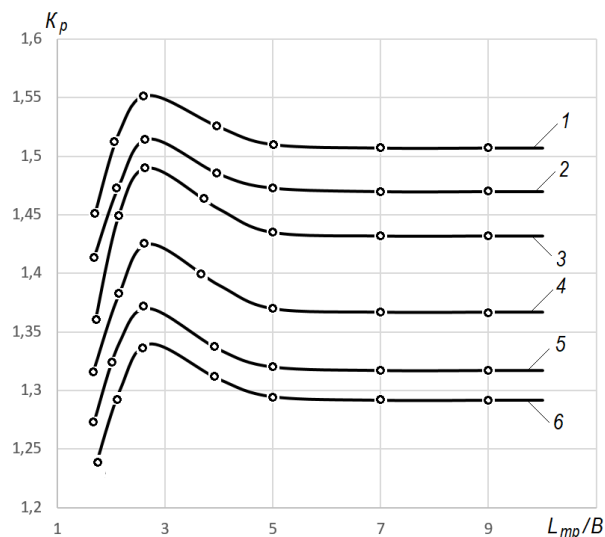


Рис. 3. Зависимость предельной степени раздачи от относительной длины трубчатой заготовки для материалов: 1 — медь М1М; 2 — нержавеющая сталь 12X18H10T; 3 — латунь Л63; 4 — алюминий А0; 5 — алюминиевый сплав АМцМ; 6 — сталь 10

Табл. 1

Предельные значения степеней раздачи для различных материалов

| Материал трубчатой заготовки | Предельные степени раздачи $K_p$ |
|------------------------------|----------------------------------|
| Сталь 10                     | 1,29                             |
| Нержавеющая сталь 12X18H10T  | 1,47                             |
| Алюминий А0                  | 1,38                             |
| Алюминиевый сплав АМцМ       | 1,31                             |
| Медь М1М                     | 1,5                              |
| Латунь Л62, Л68              | 1,43                             |

Полученные при определенных условиях процесса значения предельных степеней раздачи, при конкретных условиях процесса штамповки будут изменяться в зависимости от приведенных ранее факторов, которые главным образом влияют на  $K_p$ . Изменяя каждый из этих факторов и строя кривые штампуемости для них, можно определить характер и величину этого влияния на степень раздачи трубчатой заготовки. Проведенные таким образом исследования показали, что все факторы одинаково влияют на предельную степень раздачи трубчатой заготовки для всех исследуемых материалов. А это значит, что значения предельных степеней раздачи, полученные при определенных условиях можно успешно корректировать с помощью поправочных коэффициентов. Учитывая, что мы подробно рассмотрели влияние относительной длины трубчатой заготовки  $L_{тр}/B$  на предельную степень раздачи  $K_p$ , то и приведем первыми значения поправочных коэффициентов  $K_L$ , с помощью которых можно скорректировать предельную степень раздачи для конкретной длины трубчатой заготовки. Численные значения этих коэффициентов приведены в табл. 2.

Влияние относительной толщины стенки трубчатой заготовки  $S_0/D_{тр}$  определяли аналогичным способом. Для экспериментов использовались трубы из материала АМцМ диаметром 60 мм с

толщинами стенок 1; 1,5; 2; 2,5 мм и трубы диаметром 25 мм с толщинами 1,0÷2,0 мм, что позволило получить диапазон варьирования относительной толщины от 0,01 до 0,08. Полученные коэффициенты влияния  $S_0/D_{тр}$  на предельную степень раздачи  $K_S$  приведены в табл. 3.

Табл. 3

Коэффициенты влияния относительной толщины заготовки на предельную степень раздачи

| Относительная толщина стенки заготовки $S_0/D_{тр} \cdot 100\%$ | Коэффициент $K_S$ |
|---|-------------------|
| 1–2   | 0,91–0,97         |
| 2–2,5   | 0,97–1,00         |
| 2,5–3,0   | 1,0–1,03          |
| 3–4   | 1,03–1,095        |
| 4–5   | 1,095–1,15        |
| 5–6   | 1,15–1,19         |
| 6–7   | 1,19–1,21         |
| 7–8   | 1,21–1,24         |

По этой же методике определяли коэффициенты влияние относительной ширины рифта  $B/S_0$  и скорости нагружения заготовок  $K\alpha$  (относительной массы бойка  $\alpha$ ) на предельную степень раздачи. Полученные коэффициенты приведены, соответственно, в табл. 4 и 5.

Табл. 4

Коэффициенты влияния относительной ширины рифта  $B/S_0$  на предельную степень раздачи

| Относительная ширина рифта $B/S_0$ | $K_B$     |
|------------------------------------|-----------|
| 3–5                                | 1,12–1,07 |
| 5–7                                | 1,07–1,03 |
| 7–10                               | 1,03–1,0  |
| 10–12                              | 1–0,98    |
| 12–15                              | 0,98–0,97 |
| 15–20                              | 0,97–0,96 |
| св. 20                             | 0,96      |

Табл. 2

Коэффициенты влияния относительной длины трубчатой заготовки на предельную степень раздачи

| Относительная длина трубчатой заготовки $L_{тр}/B$ | 2–2,2     | 2,2–2,5   | 3–42<br>2,5–3 | 3–4        | 4–5        | 5–6    | св. 6 |
|--|-----------|-----------|---------------|------------|------------|--------|-------|
| Коэффициент $K_L$                                  | 0,96–0,99 | 0,99–1,03 | 1,03–1,042    | 1,04–1,022 | 1,022–1,01 | 1,01–1 | 1     |

Табл. 5

Коэффициенты влияния относительной массы бойка  $\alpha$  на предельную степень раздачи

| $\alpha = m_{ж}/m_0$ | 0,1 | 0,2   | 0,35  | 0,5  | 1,5   |
|----------------------|-----|-------|-------|------|-------|
| $K_\alpha$           | 1,0 | 1,015 | 1,026 | 1,03 | 1,033 |

Полученные экспериментальные данные позволили разработать инженерный метод определения предельных степеней раздачи при гидроударной штамповке, основного показателя при проектировании процесса раздачи. Значение предельной степени раздачи зависит от геометрических параметров трубчатой заготовки и деформационных свойств материала трубы, конструктивных характеристик импульсного оборудования и технологической оснастки. Поэтому для определения истинной предельной степени раздачи  $K_p$  ист необходимо знать величину и характер влияния этих факторов на предельную степень раздачи, что и было экспериментально установлено в настоящем исследовании. В итоге, зная значения предельных степеней раздачи различных материалов труб в определенных условиях –  $K_p$ , можно определить истинную степень раздачи  $K_{p \text{ ист}}$  для любого материала в любых условиях, а это значит, что можно легко спроектировать технологический процесс без предварительных экспериментов.

Изложенные рассуждения можно выразить в виде параметрического уравнения:

$$K_{p \text{ ист}} = K_p \cdot K_L \cdot K_S \cdot K_B \cdot K_\alpha,$$

где  $K_p$  – предельная степень раздачи, полученная экспериментальным путем (табл. 2);

$K_L, K_S, K_B, K_\alpha$  – коэффициенты, учитывающие влияние относительной длины трубчатой заготовки, относительной толщины стенки заготовки, относительной ширины рифта, скорости нагружения заготовки на степень вытяжки, значения которых приведено в табл. 2–5.

Разработанная методология исследований может быть использована для изучения процесса раздачи другими импульсными методами (штамповка взрывом, электрогидравлическая и магнитно-импульсная штамповка), использующими в качестве передающей среды жидкость, газ или силовое магнитное поле. Для каждого из этих методов необходимо провести свой цикл исследований, полностью повторяющих исследования процесса гидроударной раздачи с учетом их специфики. При этом все факторы, влияющие на величину предельной степени раздачи, остаются точно такими. Единственный фактор, который будет разным для каждого из этих импульсных методов, это скорость нагружения заготовки. И если для гидроударной штамповки это относительная масса бойка, то для штамповки взрывом это может быть

удельный вес заряда ВВ., а для электрогидравлической и магнитно-импульсной раздачи это будет емкостно-индуктивная характеристика разрядного контура, т.е. характеристика от которой зависит скорость выделения энергии в рабочей зоне этих устройств. Что касается раздачи эластичной средой, то данную методологию нужно применять с большой осторожностью в силу того, что в этом процессе огромную роль играют силы внешнего трения между инструментом и эластичной средой, достигая в некоторых случаях 100 % величины усилия деформирования.

### Заключение

1. Проведен анализ современного состояния процесса раздачи трубчатых заготовок при его осуществлении, как в инструментальных штампах, так и при штамповке подвижными средами, показано, что степень раздачи наиболее полно характеризует этот процесс.

2. Показано, что гидроударный метод раздачи трубчатых заготовок является эффективным методом получения сложнопрофильных изделий из трубчатых заготовок.

3. Выявлены основные факторы процесса гидроударной раздачи, влияющие на главный показатель процесса – предельную степень раздачи, и установлены характер и численные значения этого влияния, их величины приведены в табл. 2–5.

4. Разработана методология исследования процесса раздачи на основе построения графиков штампуемости, позволившая установить численные значения предельных степеней раздачи трубчатых заготовок из меди М1М – 1,5, латуни – 1,43, нержавеющей стали 12Х18Н10Т – 1,47, алюминия АО – 1,38, алюминиевого сплава АМцМ – 1,31, стали 10 – 1,29.

5. Разработан инженерный метод расчета процесса гидроударной раздачи трубчатых заготовок, позволяющий проектировать такие процессы без предварительных экспериментов.

6. Показано, что разработанная методология исследования процесса гидроударной раздачи может быть успешно использована для других импульсных методов, использующих в качестве передающей среды жидкость, газ, силовое магнитное поле. Проведение таких исследований заметно расширят сферу использования этих методов в современном машиностроении как перспективных средств осуществления процесса раздачи полых заготовок.



**НОВЫЕ И НЕТРАДИЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
В РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИИ**

Материалы международной  
научно-технической конференции  
26-29 сентября 2018 года

(к 100-летию Одесского национального  
политехнического университета)  
Одесса – 2018

**ОПЫТ ЭФФЕКТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ  
ДОВОДКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ  
ПАСТАМИ И СУСПЕНЗИЯМИ**

*Дитиненко С. А.*

*Харьковский национальный экономический университет  
имени Семена Кузнеця, г. Харьков, Украина*

Особую роль в технологическом процессе изготовления деталей играют чистовые и отделочные методы обработки. Наиболее распространенным из них является алмазно-абразивная доводка, которая позволяет заменить шлифование, получить 12–14 классы чистоты поверхности и отклонения от требуемой геометрической формы обработанных (плоских, цилиндрических и сферических) поверхностей в пределах 0,1–0,3 мм. Технологическое преимущество механических доводок заключается в том, что за одну операцию можно осуществить сначала черновой, а затем окончательный чистовой переход. Эксплуатационные качества обработки поверхности после доводки могут быть выше, чем после точного шлифования, суперфиниша, хонингования. В отечественной и зарубежной промышленности на доводочных станках обрабатываются: плоские поверхности поршневых колец, поворотных заслонок, кулисных камней, зубчатых

секторов и шестерен, мембран, шатунов; плоские и цилиндрические поверхности деталей гидро- и топливной аппаратуры агрегатов, стыковые поверхности корпусных деталей, салазок ползунов и суппортов станков, торцовые поверхности подшипников, быстросменные твердосплавные пластины резцов, фрез, калибры, плоскопараллельные меры длины, торцевые поверхности наборных фрез и т.д. В приборостроении широко применяются доводочные и полировальные станки для обработки деталей из труднообрабатываемых материалов, например, керамик марок ЦМ332 и 22ХС стеатита, твердых сплавов, рубина, кварца, кремния, арсенида галлия, ферритов, ситаллов и т.д.

В зависимости от способа подачи абразива в зону обработки различают следующие методы доводки: с непрерывной подачей абразивной смеси (суспензии) на рабочие поверхности притирок; с намазкой – нанесением абразивной алмазной смеси – пасты на притиры; притирами или пли-

тами, предварительно шаржированными зернами паст. По точности и шероховатости обработанной поверхности доводочные операции делятся на: грубые – припуск на сторону 0,02–0,05 мм (чистота 9–10 классы (геометрия 3,5 мкм)); чистовые – припуск 0,005–0,01 мм (геометрия 1–2 мкм), чистота 10–11 классы; тонкие – припуск 0,0003–0,001 мм (точность 0,1–0,5 мкм), чистота 12–14 классы.

Доводка стальных деталей осуществляется шлифованием и микропорошками из электрокорунда Э (нормальный, белый, титанистый, хромистый), монокорунда МОНО, карбида кремния ВЗ, алмазными микропорошками АСМ, АСН, АМ и микропорошками эльбора ЛМ; доводка твердосплавных деталей – карбидами кремния КЗ, бора В4С, алмазными микропорошками. Окончательную доводку деталей из стали и мягких материалов (медь, алюминий и сплавы) рекомендуется выполнять абразивными материалами пониженной твердости (окись хрома, окись алюминия, крокус и глинозем, прокаленный при температуре 120–130 °С). Применение этих абразивов позволяет устранить на шаржирование их в материал детали.

Абразивная доводка – процесс массового динамического воздействия абразивных зерен на обрабатываемый материал, происходящий при активном участии среды, в которой происходит снятие тончайших стружек. Доводка основана на механических процессах, связанных с выкалыванием и отрыванием частиц обрабатываемого материала, образованием стружки, пластическим и другим деформированием и преддеформированием обрабатываемой поверхности. Химические и физико-химические процессы связаны с образованием окислительных пленок. При введении в состав суспензии поверхностно активных веществ на обрабатываемой поверхности адсорбируются полярные молекулы, проникающие вглубь обрабатываемого материала по микротрещинам, возникающим в процессе деформации поверхностного слоя. В результате адсорбционных процессов уменьшается твердость твердого тела.

Абразивные зерна на поверхности деталей из стали и чугуна воздействуют следующим образом: при переменном движении детали и притира относительно друг друга абразивные зерна то врезаются в материал притира и детали, то выходят из него, принимая каждый раз новое положение. При этом они изнашиваются со всех сторон. Как только действующее усилие на отдельные зерна превысит их прочность, затупившиеся зерна разламываются, образуя несколько мелких зерен,

которые имеют острые режущие кромки. Таким образом, в процессе работы восстанавливается абразивная способность суспензии, хотя давление на режущие кромки зерен уменьшается и они оставляют следы на обрабатываемой поверхности меньшей глубины. Особенность процесса доводки деталей шаржированными притирами по сравнению с доводкой свободными зернами паст и суспензией следующая. Закрепленные в поверхности притира зерна внедряются в поверхность детали на меньшую глубину, чем зерна той же зернистости, находящиеся в свободном состоянии в слое пасты или суспензии. Поэтому результаты доводки стабильнее.

При плоской односторонней и двухсторонней доводке суспензиями объем снятого материала прямо пропорционален пути доводки и увеличивается с ростом зернистости абразива, давления  $P$  и скорости  $V$ . Количество абразивной суспензии должно быть достаточным для создания на всей поверхности притира равномерного слоя. При разрыве слоя суспензии произойдет непосредственное соприкосновение поверхностей обрабатываемой детали и притира. Вязкость жидкости оказывает незначительное влияние на абразивные свойства суспензии. Рабочая жидкость – веретенное масло, керосин и эмульсии (75 % веретенного масла, 8 % канифоля, 10 % леиновой кислоты, 4,5 % спирта, 4,5 % каустической соды). Хорошо зарекомендовало себя веретенное масло. Суспензии обычно применяются для окончательной доводки. Абразивная способность алмазных суспензий при доводке сталей Х12Ф1 в 2,5–7,5 раза выше, чем абразивных суспензий (при тех же условиях обработки). Смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ), применяемые при алмазно-абразивной обработке, способствуют формированию поверхностного слоя детали и его модифицированию пленками различного назначения, например, антикоррозийными, гидрофобными и т.д. Диспергирующее действие СОЖ позволяет эффективно снижать поверхностную энергию в зоне разрушения. За счет отвода тепла из зоны обработки снижается контактная температура. СОЖ классифицируют по химической структуре и разделяют на углеводородные составы, эмульсионные и водные жидкости. Водные СОЖ разделяются на электролиты, водные растворы поверхностных веществ (ПАВ) и суспензии. Часто используют комбинированные составы, содержащие одновременно растворы солей.

В зарубежной литературе СОЖ класса ПАВ известны как химические или синтетические

жидкости. Эмульсиями называются дисперсные системы, состоящие из двух жидкостей, взаимно нерастворимых или малорастворимых. Жидкость, являющаяся дисперсной фазой, распределена в форме мельчайших капелек. При обработке материалов резанием применяют эмульсии «масло в воде». Концентрат, разбавляемый водой, называют эмульсиями. Современные эмульсии являются сложными коллоидными системами, включающими эмульгаторы, активные присадки, ингибиторы коррозии, бактерицидные добавки и другие компоненты. К углеводородным СОЖ относятся минеральные и растительные масла. Иногда используют компаундированные системы – смеси минеральных и растительных масел. Однако, последние дороги и дефицитны. Значительно чаще используют минеральные масла, легированные присадками. Последние по характеру действия можно разделить на: антифрикционные, противозносные и противозадирные. Масла с присадками обычно гораздо эффективнее чистых минеральных масел. К углеводородным СОЖ относятся также органические растворители, например, четыреххлористый углерод, керосин.

Для подавления коррозионной агрессивности СОЖ используются ингибиторы и пассиваторы коррозии. Ингибиторы – вещества, замедляющие электрохимические процессы между внешней средой и металлом. Действие пассиваторов металла заключается в образовании на его поверхности защитной пленки, предохраняющей металл от дальнейшего развития коррозионных процессов. В качестве антикоррозионных присадок к водным растворам рекомендуется использовать соли щелочных металлов, буру, первичный и третичный фосфат, нитрит натрия, этаноламины, их соли с жирными кислотами. Для придания антикоррозионных свойств эмульсиям ингибиторам коррозии можно вводить как в водную, так и в масляную фазы. В водную составляющую эмульсий вводят: нитриты натрия, калия и лития, соду, триэтаноламин, олеиновую кислоту, а в масляную: соединения бората глицерина с щелочами  $\text{KOH}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{LiOH}$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ , амином или спиртоамином. Наибольшее применение в производственных условиях находят: ингибитор коррозии – триэтаноламин и пассиватор – нитрит натрия.

СОЖ легко загнивает (особенно эмульсия). Радикальным средством повышения бактерицидности СОЖ является использование всевозможных бактерицидных присадок: финил-фенолета натрия и других продуктов фенольного типа, нитробутанола, четвертных аммониевых солей,

метилового ацетата ртути, мертиолята, растворимого в СОЖ 1:105, 1:106. Чаще используют порошок гексахлорфена (130 г гексахлорфена и 50 г каустической соды в 1 литре воды) – идет 1,2 г на 1 л эмульсии. К пенообразованию особенно склонны эмульсии и легкие минеральные масла. Антивсмениваемость водных композиций обеспечивают добавкой 5 % смеси кальциевых солей слабых кислот и триэтаноламинфосфата. Для эмульсий рекомендуется препарат, представляющий смесь минерального масла, полиэтилена и микрокристаллического парафина – 3–5 %. Для масляных СОЖ – присадка: 6–12 % соли карбоксильной кислоты, 2–4 % соли сульфокислоты, 0,05–1 % окисленного микровоска, 70–90 % лигнерального масла. Для скоростного и обычного шлифования применяют СОЖ: МР-4 (углеводородная); МР-1 (масляная); Укринол-12 (эмульсия); Укринол-2. Для хонингования и суперфиниширования применяют СОЖ: 7–10 % эмульсия НСК-5; ВН-4; ОСМ-1.

Взамен импортного Хонило-1 следует использовать ОСМ-1 на станки «Тиленхауз» для доводки сфер штоков. СОЖ Укринол-1-12 и Аквол-2 в различных процентных соотношениях равнозначны составу «Чимпериал 20», разработанному фирмой Цинциннати (США) по максимальной величине бесприжоговой подачи, удельной производительности шлифования, шероховатости и удельной мощности. Необходим эффективный способ подвода СОЖ, т.е. истечение скорости жидкости из сопла или использование энергии воздушных потоков, окружающих шлифовальный круг. Рекомендуемая СОЖ для хонингования: Тринатрий фосфат 250 г; Тиамогевина 100 г; Триэтаноламин 380 г; Глицерин 200 г; Нитрид натрия 300 г на 100 л.

Получила применение СОЖ, содержащая: 54 % ПЭО (полиэтилен гликоль), 2 % моноэтаноламина, 0,2 % нитрит натрия, 0,05 % ТМС-31.

Повышение эффективности действия СОЖ при обработке материалов резанием предполагает изменение условий контактирования СОЖ с режущим инструментом и обрабатываемой деталью путем: динамической активации повышения скорости движения СОЖ относительно объекта процесса резания; рациональной траектории движения СОЖ; оптимизации количества (раствора) СОЖ. Также важны изменения физико-химических свойств СОЖ за счет традиционного средства – легирования СОЖ присадками, содержащими химически и поверхностно-активное вещество.

Обычно стремятся повысить физическую и химическую активность СОЖ по отношению к обрабатываемой детали и режущему инструменту, чтобы создать на их контактирующих поверхностях более прочные и термостойкие химические и физические пленки. Для всех видов обработки металлов резанием можно создать типаж унифицированных СОЖ, включающих всего 12

составов. В это число входят: одна эмульсия и одна синтетическая жидкость, предназначенные специально для шлифования различных материалов, и легкое масло с присадками для хонингования. Две масляные жидкости с различным количеством присадок для лезвийной и абразивной обработки труднообрабатываемых материалов. Одна – для обработки титановых сплавов.

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПАКТНЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ОБРАБАТЫВАЮЩИХ ЦЕНТРОВ DNM 4000**

*Жовтобрюх В.А.*

*ООО «Технический Центр “ВариУс”», г. Днепр, Украина*

Компания DOOSAN (Южная Корея) дополнила линейку своих вертикальных обрабатывающих центров весьма компактной, но в то же время мощной моделью DNM 4000, которая была спроектирована с учетом ограниченного пространства рабочих зон, при которых станки находятся буквально в нескольких сантиметрах друг от друга. При этом требования к техническим характеристикам и производительности оборудования остаются по-прежнему высокими. Новый обрабатывающий центр отличается действительно компактными габаритами: всего 1,65 м в ширину, 2,85 м в глубину и 2,75 м в высоту. Вместе с тем, реализовано достаточное перемещение осей. Экологически чистая система подачи СОЖ имеет выход в задней части станка, что значительно экономит пространство.

Станок оснащен множеством стандартных полезных функций. Его достаточно просто установить на ролики и, при необходимости, перемещать с места на место. Такая комбинация размеров и маневренности идеально подходит для отраслей промышленности, выпускающих большие партии мелких деталей, например, аэрокосмическая и автомобильная промышленность, производство огнестрельного оружия или медицинского оборудования и другие отрасли.

### **Небольшой, но высокопроизводительный**

Компактная модель ВОЦ DNM 4000 была специально разработана с минимальными габаритами и максимальной жесткостью конструкции.

Стандартный конус шпинделя под оправку #40 позволяет обрабатывать твердые материалы. Аналогичные по габаритам станки конкурентов с 30-м конусом шпинделя и сверлильные станки с аналогичной площадью не смогут обеспечить такую же производительность обработки. Стандартный конус шпинделя под оправку #40 позволяет обрабатывать твердые материалы. А как насчет скорости? Следует отметить, что данный станок обладает той надежностью и точностью, которую можно ожидать от серии вертикальных обрабатывающих центров DNM. И при этом можно получить превосходящую все ожидания производительность благодаря быстрому ускоренному перемещению и улучшенному ускорению по осям. А учитывая характеристику шпинделя с 12000 об./мин, получается резкое сокращение как цикла обработки в целом, так и времени простоя оборудования.

И давайте не забывать о выносливости! Повышенную жесткость модели обеспечивает специально спроектированная конструкция с крупными шариковинтовыми парами и линейными направляющими качения (роликового типа).

### **Многофункциональность**

Модель DNM 4000 является серьезным соперником конкурентам даже в базовой комплектации. Станок оснащен множеством стандартных функций, которые будут полезны в вашей работе.



К ним относятся:

- сверхнадежный магазин инструментов на 20 позиций, при этом смена инструмента займёт всего лишь 1,3 секунды;
- система смазывания консистентной смазкой, исключающая необходимость в маслоотделителе и снижающая затраты на СОЖ примерно на 60 %;
- панель управления FANUC и программное обеспечение собственной разработки DOOSAN – Easy Operation Package (EOP) с множеством функций для удобства работы;
- 2-дверный дизайн с наибольшей шириной дверного проёма в своем классе для легкого доступа к рабочей зоне.

#### Подводя итоги

Независимая третья сторона в условиях своего производства сопоставила модель DNM 4000 с другой популярной моделью ВОЦ, оснащенной

30-м конусом, и была буквально шокирована результатами. Уровень шума DNM 4000 меньше в среднем на 6,5 децибел, качество обработки поверхности лучше в среднем на 9,6RA, а ресурс инструмента оказался выше в среднем на 42 %.

Учитывая такие возможности, данный производитель всего с одной моделью ВОЦ DNM 4000 сократил время обработки на 30 %!

Наш модельный ряд, как обычно, включает металлорежущее оборудование для любых задач производства. А функциональность токарных центров DOOSAN не предусматривает разве только приготовления кофе и игры в футбол. Но если вам необходим по-настоящему производительный вертикальный обрабатывающий центр в компактном корпусе – просто установите DOOSAN DNM 4000 и места он потребует совсем немного.

## СВЕРЛЕНИЕ ОТВЕРСТИЙ ИНСТРУМЕНТОМ ФИРМЫ TAEGUTEC

*Жовтобрюх В.А.*

*ООО “Технический Центр “ВариУс”, г. Днепр, Украина*

Операция сверления – один из важных, сложных, но в то же время, интересных процессов в металлообработке, который требует постоянно совершенствования решений для достижения лучших результатов. Одним из отличных инструментальных решений TaeguTec для сверления является серия сверл DRILLRUSH. Этот тип сверл с механическим креплением режущих коронок предназначен для высокопроизводительного сверления отверстий во всех видах материалов, начиная от цветных металлов и заканчивая труднообрабатываемыми жаропрочными сплавами, закаленными и углеродистыми сталями.

Сверло состоит из корпуса сверла и быстросменной твердосплавной коронки. Существенным препятствием в достижении хорошей производительности при сверлении является сильный разогрев сверла и обрабатываемого материала вызванного трением. В зоне резания температура может достигать нескольких сотен градусов по Цельсию. В определенный момент твердый сплав

теряет первоначальную твердость и начинается пластическая деформация режущей кромки, что является недопустимым видом износа.

Для решения этой задачи корпус сверла TaeguTec (рис. 1) имеет целый ряд усовершенствований. Во-первых, спиральные каналы для подачи СОЖ разнесены от оси инструмента, благодаря чему размер каналов для отвода стружки увеличен. В совокупности это приводит к улучшению эвакуации стружки из зоны резания и достаточному охлаждению режущей кромки (коронки) и тела детали. В результате имеем отличную стойкость инструмента, повышенную производительность и снижение вибрации в процессе сверления.

Следующее ноу-хау для корпуса – специальное износостойкое PVD-покрытие сверла золотистого цвета, которое увеличивает срок службы корпуса до 50 %. Для улучшенного вывода стружки из отверстия по спиральным каналам, их поверхность после нанесения покрытия полируют.



*Рис. 1. Корпус DRILLRUSH*

Дополнительное преимущество: на один и тот же корпус сверла можно устанавливать несколько головок с различными режущими диаметрами, что позволяет экономить за счет уменьшения номенклатуры используемых корпусов в процессе снабжения.

Быстросменные твердосплавные коронки DRILLRUSH (рис. 2) изготовлены из сплава ТТ9080, который обладает существенно более высокой износостойкостью в сравнении со сплавом ТТ9030, который был ранее главным выбором для операций сверления от компании TaeguTec.

Для режущей коронки предлагается широкий ряд геометрий в соответствии с применением (рис. 3): *P* – обработка сталей; *M* – нержавеющие стали; *K* – чугуны; *N* – алюминий (коронка без покрытия, шлифованная).



Рис. 2. Головка DrillRush

кроме 3×D, 5×D и 8×D также содержит жесткое исполнение сверл для высокоскоростного сверления неглубоких отверстий 1,5×D. Дополнительная рекомендация по применению сверл 1,5×D – выполнение пилотных заходных отверстий для уверенного дальнейшего использования сверл существенно большего вылета, таких как 8×D и 12×D (диапазон режущих диаметров от 12 мм до 22,9 мм).

Сокращение переходов в серийном производственном процессе возможно методом использования специального комбинированного инструмента. Компания TaeguTec предлагает для этих целей стандартную линейку комбинированных сверл DRILLRUSH (рис. 6). Нет ничего более производительного для сверления ступенчатых отверстий, предназначенных для отверстий, выполненных по ГОСТ с метрической резьбой M10-M24. Установленные под 45 градусов две боковые пластины за один проход формируют заходную фаску под резьбу. При необходимости возможно применять боковые пластины на операциях расточки.

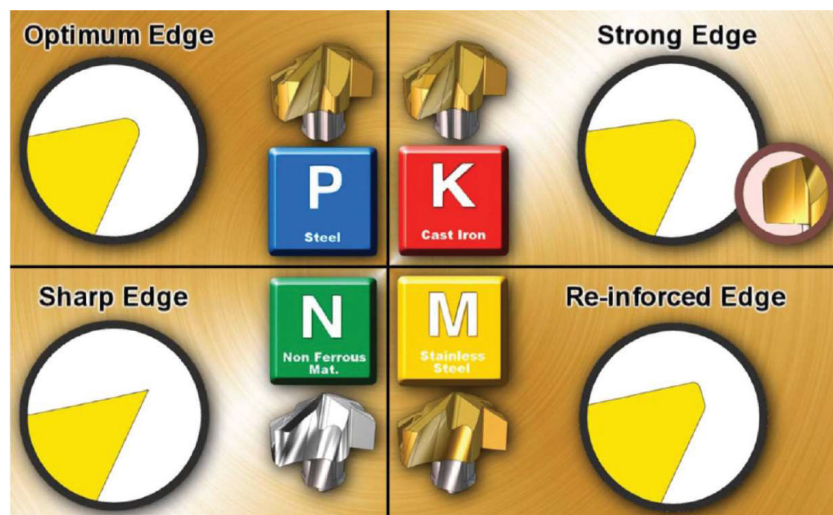


Рис. 3. Геометрии коронок

Для сверления деталей, которые предназначаются для буровой промышленности, разработана новая геометрия *F* (рис. 4) – для возможности выполнения отверстий с плоским дном (рис. 5), а также обработки различных цековок.

Область применения сверл данной серии весьма широка: диапазон сверления отверстий серии DRILLRUSH диаметром 6 ...25,9 мм с шагом 0,1 мм, номенклатура вылетов режущей части сверла



Рис. 4. Геометрия F

Для меньших резьбовых отверстий разработано монолитное твердосплавное решение (рис. 7) с диапазоном сверления под резьбу M4-M10.

С целью унификации режущего инструмента, инженерами TaeguTec было разработано специальное насадное кольцо (рис. 8), которое устанавливается на корпус сверла. Кольцо оснащено двумя пластинами, каждая из которых имеет две режущие кромки. Насадку можно устанавливать (настраивать) в любом месте режущей части сверла.

Такое интересное решение приводит к универсальности и более высокой производительности при обработке отверстий с разной глубиной резания, по сравнению с любыми другими существующими инструментальными решениями.



Рис. 5. Отверстие с плоским дном



Рис. 6. Комбинированные сверла DRILLRUSH



Рис. 7. Монолитные комбисверла

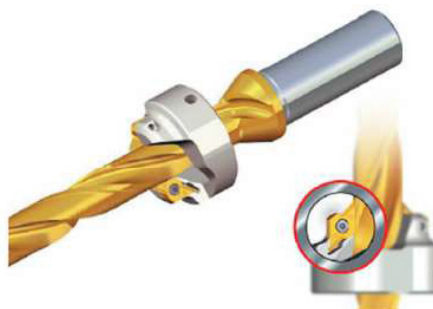


Рис. 8. Насадное кольцо

Вышеперечисленные преимущества в 2015–2017 гг. позволили покорить украинские металлообрабатывающие предприятия и внедрить большое количество сверл на отечественных производственных площадках. В одном из случаев внедрения сверл серии DRILLRUSH при обработке серого чугуна была достигнута их высокая стойкость, при этом полный ресурс работы инструмента не был исчерпан (табл. 1).

Более детальную информацию о новинке и других инструментальных решениях можно получить, обратившись в офис компании «ТАЕГУТЕК УКРАИНА» или к ленте новостей официального сайта taegutec.com.ua. Кроме того, к услугам машиностроителей Украины высококвалифицированный штат технологов и логистов, оперативный склад инструмента в г. Днепр, а также поставки из Ю. Кореи – дважды в неделю.

Табл. 1

Параметры технологического процесса обработки серого чугуна сверлами серии DRILLRUSH

| Инструмент                     | DRILLRUSH   |
|--------------------------------|---|
| Деталь                         | Корпус  |
| Материал                       | Серый чугун СЧ20  |
| Корпус сверла                  | TCD 100-104-16T3-3D   |
| Коронка                        | TCD 103-К-ТТ9080  |
| Скорость резания / обороты     | 90 м/мин / 2800 об./мин   |
| Глубина резания                | 30 мм   |
| Количество отверстий на детали | 7   |
| Подача                         | 500 мм/мин  |
| Стойкость                      | 315 деталей = 66 метров   |
| Износ инструмента              |  |



## НОВЫЕ МОНОЛИТНЫЕ ФРЕЗЫ STARMILL ДЛЯ ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

Жовтобрюх В.А.

ООО «Технический Центр «ВариУс», г. Днепр, Украина

Компания TaeguTec выпустила новый тип монолитных фрез серии STARMILL с кромкой «Splitter» для черновой обработки труднообрабатываемых материалов – жаропрочных сплавов, которые способны работать в нагруженном состоянии при высоких температурах в течение относительно длительного промежутка времени, а также нержавеющей сталей, обладающих высоким сопротивлением к коррозии в агрессивных средах (пары воды, кислоты). Для обеспечения необходимых характеристик данные материалы должны обладать особыми свойствами: высокими показателями прочности, жаропрочности и теплостойкости. Но есть и цена, которую приходится платить за такие полезные характеристики, поскольку обрабатываемость этих материалов чрезвычайно низкопроизводительная.

Инструментальные компании всего мира считают эту задачу одной из самых приоритетных на протяжении многих десятилетий. В R&D центре компании TaeguTec (Ю. Корея) был разработан дизайн кромки «Splitter» (рис. 1), который при обработке жаропрочных сталей способен разделять стружку на несколько мелких частей и легко выводить ее из зоны резания. При этом значительно снижается нагрузка на инструмент и уменьшается выделение тепла в зоне резания даже в условиях подачи воздуха или СОЖ под низким давлением.

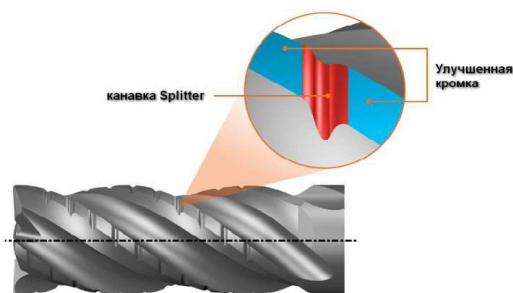


Рис. 1. Геометрия Splitter

Дополнительным преимуществом фрез данной серии является неравномерно расположенные зубья (рис. 2) относительно оси инструмента.

Неравномерность расположения зубьев способствует дополнительному снижению вибраций и шума во время обработки, а значит, приводит к более стабильному процессу резания в сравнении со стандартными инструментами при обработке нержавеющей сталей. За счет нестандартного расположения канавок (рис. 3), фрезы TaeguTec обеспечивают отличное качество поверхности в широком диапазоне операций: от черновых до полуфинишных. А в некоторых случаях – позволяют уйти от дополнительных чистовых операций, сократив, таким образом, время обработки деталей. Модернизированные стружечные канавки увеличенного размера (рис. 4)

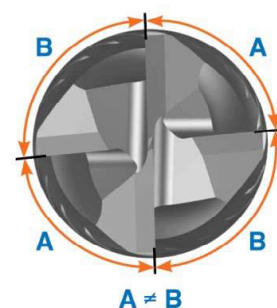


Рис. 2. Неровно расположенные зубья

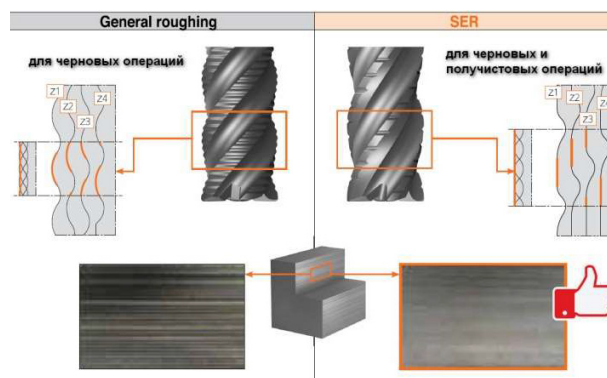


Рис. 3. Расположение канавок на фрезе

позволяют концевым фрезам выполнять высококачественную обработку: как уступов, так и фрезерование пазов.

Интересующую информацию об инструментальных решениях TaeguTec можно получить в офисе компании «ТАЕГУТЕК УКРАИНА» и на сайте украинского представительства – [www.taegutec.com.ua](http://www.taegutec.com.ua). Всегда к Вашим услугам высококвалифицированный штат технологов и логистов.

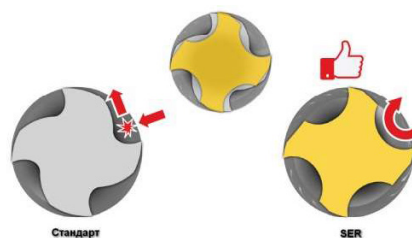


Рис. 4. Стружечные канавки

## CHASEMILL POWER – АЛЬТЕРНАТИВА ДОРОГОСТОЯЩЕМУ МОНОЛИТНОМУ ИНСТРУМЕНТУ

*Жовтобрюх В.А.*

*ООО «Технический Центр «ВариУс», г. Днепр, Украина*

При изготовлении деталей малых габаритов методом фрезерования рекомендуется применять твердосплавные монолитные фрезы небольшого диаметра с целью получения продукции высокого качества. Однако с каждым годом стоимость сырья для производства цельномонолитных фрез неуклонно растет. А для нашей страны, закупаящей вольфрамсодержащий инструмент за рубежом, приходится учитывать и негативное влияние девальвации национальной валюты на формирование его стоимости. Все чаще машиностроители интересуются альтернативными монолитному режущему инструменту решениями.

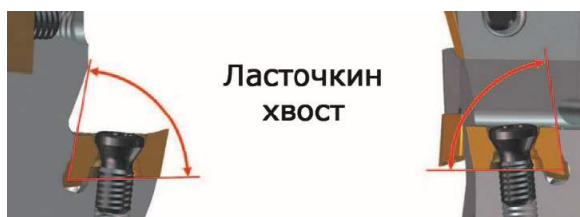
У компании TaeguTec такая альтернатива есть: концевые фрезы с механическим креплением миниатюрных пластин типа «семечка» (рис. 1). При использовании такого решения в инструменте диаметром (Ø10 или Ø12 мм) на корпус устанавливаются две или даже три пластины (2–3 эффективных зуба), что дает возможность успешно конкурировать с монолитным дорогостоящим инструментом в производительности и не уступать в качестве получаемых поверхностей. Ключевым преимуществом данной концепции является невысокая стоимость пластины в сравнении с монолитной



Рис. 1. Пластина типа АРКТ

твердосплавной фрезой, что и обеспечивает значительную экономию на инструменте. Следует обсудить слабую сторону механического крепления пластин к корпусу фрезы. При небольших размерах пластины крепежный винт имеет достаточно малый габарит, в связи с чем в процессе нагруженного фрезерования высок риск его обрыва и дальнейшей поломки пластины, а часто даже выхода из строя дорогостоящего корпуса фрезы. Говорить об экономичности такого решения в этом случае не приходится.

Детально изучив существующую проблему, в качестве решения задачи, инженеры компании TaeguTec выпустили серию фрез с механическим креплением CHASEMILL POWER. Новинка предназначена для высокопроизводительной и экономной обработки даже при жесткой системе СПИД взамен дорогостоящим монолитным фрезам. Одной из отличительных особенностей новой линейки фрез от ранее применявшихся аналогичных решений является специальная конструкция посадочного места для пластины (рис. 2) в виде «ласточкин хвоста», которое принимает на себя львиную долю сил резания и предохраняет винт пластины от воздействия деформирующих нагрузок.



Ласточкин  
ХВОСТ

Рис. 2. Посадочное место



Рис. 3. Пластина  
2PKT

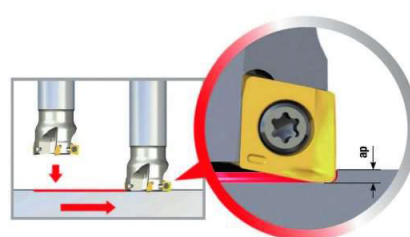


Рис. 4. Обработка торцом

Для дополнительной защиты от поломки пластин был увеличен габарит самого крепежного винта до размера резьбы М 2 (в стандартных решениях других производителей – обычно М 1.6 и М 1.8).

Важнейшим достижением инженеров TaeguTec является уникальная двухсторонняя пластина 2PKT05 (рис. 3), имеющая две режущие кромки. Двухстороннее исполнение и высокопозитивная геометрия защищают вторую режущую кромку от возможных повреждений или от выкрашивания из-за контакта со стружкой. Кроме того, новая пластина способна обеспечивать максимальную глубину резания до 4,2 мм, выполняя обработку уступов под идеально прямым углом, в том числе при многократных проходах. Для покрытия широкого диапазона операций и задач, пластина 2PKT05 доступна в двух геометриях: «М» – для общего применения и «ML» – для ненагруженной и нестабильной обработки, а также при больших вылетах инструмента. Дополнительным преимуществом пластин 2PKT05 является наличие сглаживающей геометрии Wiper на каждой режущей кромке, благодаря чему достигается улучшенная чистота поверхности обработанной детали. Номенклатура новой серии инструмента представлена концевыми фрезами в диапазоне диаметров Ø12–32 мм, модульными фрезами Ø12–25 мм и торцевыми фрезами Ø32–40 мм.

Новый инструмент CHASEMILL POWER является универсальным решением, эффективно применяющимся для операций общего торце-

вого фрезерования, обработки уступов под идеально прямым углом, обработки пазов, врезания под углом и по спирали. В отличие от классических фрез с механическим креплением пластин, у новинки есть дополнительная возможность врезаться торцом в металл по циклу сверления (рис. 4). Весьма полезная функция, которая дает возможность обработки закрытых пазов на универсальном оборудовании или позволяет уйти от сложного расчета УП для «узких» карманов, где нет возможности войти в металл под углом. Максимальная глубина сверления за один проход составляет 0,7 мм. На украинских машиностроительных предприятиях за последний год был проведен ряд успешных испытаний новинки. Один из примеров успешного внедрения серии CHASEMILL POWER – обработка закрытого шпоночного паза (табл. 1).

Табл. 1

Параметры обработки закрытого шпоночного паза

| Параметр                 | CHASEMILL POWER                             | Твердосплавная фреза   |
|--------------------------|---|------------------------|
| Деталь                   | Вал   |                        |
| Материал и твердость     | Легированная сталь<br>42CrMo4V HB 235...295 |                        |
| Фреза                    | D20Z42P TE90-420-W20-05                     | D20Z4 монолитная       |
| Пластина                 | 2PKT 050304R-M TT9080                       | —                      |
| Скорость резания/обороты | 100 м/мин, 1600 об/мин                      | 100 м/мин, 1600 об/мин |
| Глубина резания          | 3 мм  | 13 мм                  |
| Ширина фрезерования      | 10-20 мм                                    | 10-20 мм               |
| Подача                   | 400 мм/мин                                  | 50-100 мм/мин          |
| Время обработки          | 9 мин                                       | 15 мин                 |
| Производительность       | 160%  | 100%                   |

Обрабатываемая деталь «Вал»



## УЧИТЬ ПРОЕКТИРОВАНИЮ И КОНСТРУИРОВАНИЮ!

*Кремнев Г. П., Наддачин В. Б.*

*Одесский национальный политехнический университет,  
г. Одесса, Украина*

*Бердичевский Е. Г.*

*Политехнический университет имени Ярослава Мудрого,  
г. Великий Новгород, Россия*

В ОНПУ в рамках специальности «Прикладная механика» ведется подготовка бакалавров по специализации «Компьютерное проектирование инновационных технологий» КПИТ. Хотелось бы напомнить содержание понятия «проектирование».

Разработка новых изделий машиностроения осуществляется ИТР путем проектирования и конструирования, взаимосвязанными и дополняющими друг друга процессами, но разными. И так, проектирование предшествует конструированию и есть поиск научно-обоснованных, технически осуществимых и экономически целесообразных инженерных решений. Результатом проектирования является проект разрабатываемого объекта, который анализируется, обсуждается, корректируется и принимается как основа для дальнейшей разработки. Объектами проектирования могут быть изделия (детали, сборочные единицы, машины), процессы, алгоритмы, набор правил и многое другое. Для материальных объектов, результатов проектирования, после принятия проекта идет этап конструирования, т.е. создания конкретной однозначной конструкции изделия, и этот этап опирается на результаты проектирования и уточняет все инженерные решения, принятые при проектировании. При проектировании и конструировании в уме разработчика создается конкретный мысленный образ, он подвергается мысленным экспериментам, включая перестановку составных частей или их замену другими, оценивается эффект внесенных изменений на конечный результат и в конце принимает окончательный, технически обоснованный вид.

В РУП бакалавра по специализации КПИТ

имеется целый ряд дисциплин, обеспечивающих как подходы к проектированию, так и конструированию, но бакалавр по КПИТ – будущий технолог, т.е. проектант технологических процессов с одной стороны, а с другой – конструктор, создающий вполне материальные объекты для разрабатываемых технологий или корректирующий уже созданные для тех же целей. К сожалению, в принятом плане сейчас отсутствует дисциплина связи действий технолога и конструктора. Ранее она была в рамках специальности «инженерная механика» и называлась «Технологические основы конструирования» (ТОК).

Мы считаем, что для успешного вхождения в основы будущей специальности студентам должен быть предложен курс «Технологические основы конструирования» (ТОК). Они уже знают основные ПП по графике, имеют некоторые знания по теоретической механике и ТММ и параллельно курсу «Детали машин» профилирующая кафедра должна заложить фундамент будущего специалиста – основы конструирования: не только деталей, сборочных единиц и машин в целом, что очень необходимо, а и взгляды на вариативность принимаемых решений и критерии оценки каждого из вариантов. Естественно, для решения таких учебных задач нужен учебник, в котором студент сможет получить всю необходимую информацию. Например, в учебнике [1].

В курсе ТОК наряду с общими вопросами конструкторской подготовки производства новых машин должны быть даны пути обеспечения качества разрабатываемых изделий, анализ ошибок в разработках и способы их недопущения или устранения, контроль документации,

разработанной конструктором на разных этапах, технологом. Здесь же следует учить студента порядку отработки конструкции изделия (деталей и сборочных единиц) на технологичность: технологичность по материалам, по будущей заготовке, по формам поверхностей, по размерам и шероховатости поверхности, по возможностям обработки резанием на высокопроизводительном оборудовании.

Этот порядок обработки должен быть подкреплен количественными оценками по трудоемкости изделий, себестоимости их, энергоемкости применительно к конструкциям типовых деталей и сборочных единиц.

Важно студента ориентировать в курсе ТОК на то, что у него не должно быть одного варианта решения любой задачи или проблемы, а их будет несколько, и он должен с позиций технолога предложить лучшее решение, уметь его обосновать количественными оценками при весьма ограниченном объеме информации. Собственно говоря, когда студент будет выполнять первое инженерное решение – курсовой проект по деталям машин, а это типовое проектирование, он уже сможет вести анализ принимаемых решений и уметь обосновать их выбор. Конечно, курс ТОК

как бы забегают вперед тому, что будет студент изучать далее и возможны некоторые повороты, но они – это связи, позволяющие с позиций частного взгляда рассмотреть более крупную проблему – создание инновационных технологий.

Практически параллельно курсу ТОК студенты изучают дисциплину «Производство заготовок» (ПЗ), в содержании РП которого кроме сведений о методах получения заготовок деталей машин литьем, штамповкой и др. даются основы проектирования заготовок – требования к материалам, факторы выбора способа получения заготовок, припуски и напуски заготовок и методы и методы их расчета [2]. Очень важным фактором является рассмотрение специальных способов литья, перспективных способов получения отливок, всевозможные способы разделки проката,ковки и штамповки, а также методы получения заготовок из порошков, полимерных материалов, сварных и комбинированных заготовок. Курсы ТОК и ПЗ идут как бы параллельно друг другу, но они закладывают основу: способность проектировать деталь или заготовку детали и оценивать принимаемое решение и на этой основе разрабатывать современные технологии изготовления частей машин и машин в целом.

## ЯКІСТЬ – НАШЕ МАЙБУТНЄ

*Онофрейчук Н.В.*

*Холдингова компанія «Мікрон», м. Одеса, Україна*

Ідея якості, яка існувала завжди, від народження цивілізації, в сучасному світі стала основною в забезпеченні добробуту та процвітання народів. Багато країн використовували її як національну для виходу з кризи. Яскравий приклад цьому – післявоєнний розвиток Японії та Німеччини.

Щоб реалізувати таку ідею в масштабах країни, треба навчитись:

- стабільно випускати якісну продукцію, яка користується попитом;
- постійно підвищувати рівень її якості, удосконалювати експлуатаційні показники, передбачувати можливі запити та побажання споживачів;
- постійно поліпшувати якість та підвищувати продуктивність процесів виробництва;

– оперативно освоювати та впроваджувати сучасні досягнення в галузі;

– виключати зайві витрати, постійно знижувати собівартість продукції;

– постачати продукцію своєчасно;

– безперервно удосконалювати систему менеджменту підприємства;

– донести широким масам зрозуміло та переконливо ідею безперервного поліпшення якості, її важливість для країни та кожного українця, особливо в наш час – 4-ої промислової революції.

Як це зробити?

В цій сфері світом накопичений величезний досвід, але намагання без змін пересадити надбання інших країн, якщо й приносить користь, то

невелику. Напрацювання людства треба вивчати, аналізувати, адаптувати до національного ґрунту. За часів незалежності Державні органи, Українська асоціація якості (УАЯ), інші громадські об'єднання з якості багато зробили у цьому напрямку: створили необхідну нормативну базу, започаткували спеціалізовану вищу освіту, рекламуючи нашу продукцію та її якість за кордоном, суттєво просунули українські товари на міжнародні ринки. На окремих підприємствах України є значні досягнення, але їх недостатньо. Для вагомого впливу на економіку країни необхідно рух за якість у всіх сферах суспільного життя зробити масовим.

Якщо взяти окреме підприємство, то згідно японського досвіду, щоб отримати результат, треба задіяти весь персонал в виконанні щоденної копійки роботи з підвищення якості. Там це зробили через гуртки якості – після роботи люди збирались в гуртки по 4 – 5 чоловік і в дискусіях поступово вирішували, хай незначні, але багато, проблеми поліпшення якості на своїх робочих місцях. Згодом на цьому підґрунті виникла ціла філософія безперервного поступового поліпшення – кайдзен. У нас це пробували в кінці 1980-х років, але не вийшло – значить треба шукати свій шлях.

В спеціалізованих виданнях періодично пропонуються моделі «піраміди якості», конструкції якої часто мають протилежні напрямки: основа – якість продукції, вершина – якість суспільства і навпаки: основа – якість суспільства, вершина – якість продукції. Як зображено на рис. 1, напрямок знизу вгору: якість суспільства обумовлює якість підприємства, впливаючи на досконалість процесів його організації і діяльності через досягнення науки і техніки, рівень освіти, інформаційне поле, політично-правову систему, і впершу чергу, свідомий, обізнаний, професійно підготовлений, вихований суспільством персонал.

Якість підприємства обумовлює відповідну якість процесів розробки та проектування виробів, підготовки та організації виробництва, технологічних процесів виготовлення продукції, наявність або відсутність передових технологій, методів контролю, якість матеріалів та комплектуючих виробів, досконалість устаткування, засобів вимірювальної техніки, якість організації робочих місць, охорони праці, компетентність, можливість навчання та професійного росту персоналу, його мотивація тощо.

Відповідно до рівня підготовки вказаних процесів на підприємстві забезпечується якість

виготовленої продукції (конструкція, виготовлення, контроль, експлуатаційні показники, сервіс). Ніби дійсно так – у високорозвинених країнах є більше можливостей забезпечити якісне виготовлення продукції.

Але, якщо «піраміду» перевернути або розглянути процеси на рис. 1 зверху вниз, то, виходячи з висловлювання Демінга – для того, щоб вижити, якість треба безперервно поліпшувати, незалежно від стану нижніх поверхів піраміди треба робити все можливе й вишукувати нові шляхи для удосконалення та підвищення якості продукції. Зверху ставити вимоги до попередніх поверхів, здійснювати вплив на їх стан: інфраструктуру, устаткування, оснащення, засоби вимірювальної техніки, організацію робочого місця, якість заготовок, матеріалів та комплектуючих і вчасність їх поставки, модернізацію та удосконалення технологічних процесів виготовлення продукції, її обслуговування після реалізації, необхідність в навчанні, підвищенні компетентності персоналу,



Рис. 1. Піраміда якості

його обізнаності і вмотивованості. Причому, персонал треба розглядати, як основний скарб підприємства – носій знань процесів виготовлення продукції, і що особливо важливо, носій неявних або скритих знань, які неможливо формалізувати й зберегти документально, а можна тільки отримати через досвід, тривалий час працюючи поряд з спеціалістом. Крім того, персонал є носієм основних, формуючих стан суспільства, поглядів, правил та настроїв. Якщо його активна діяльність з покращення якості продукції та процесів її виготовлення супроводжується позитивними результатами, підтримується керівництвом, це мотивує людей до подальшого самовдосконалення в роботі, створює благоприємний психологічний клімат на підприємстві, впливаючи таким чином на стан суспільства в цілому.

Інакше кажучи, замість піраміди якості правильно було б розглядати пісковий годинник якості: якість суспільства через освічений підготовлений, вмотивований персонал впливає на якість продукції і процесів підприємства, а якість продукції через культуру виробництва та той же персонал впливає на культуру та стан суспільства. З'єднувальним елементом, через який відбувається перетік однієї якості в другу і навпаки, є персонал (рис. 2). Тому, крім створення умов для мотивації працівників до підвищення якості їх діяльності на робочому місці, зважаючи на те, що до приходу на підприємство більшість робочого персоналу навчається і виховується в навчальних закладах, в першу чергу профтехосвіти, треба використати цю можливість, щоб прищепити майбутнім робітникам правильне відношення до якості своєї роботи, колективу в цілому, дати основоположні уявлення про управління якістю продукції та процесів її створення. Тобто, знання з управління якістю продукції і процесів її створення необхідно отримувати до початку трудової діяльності – в закладах профтехосвіти і коледжах. Сьогодні відкриті для цього додаткові можливості – іде перебудова освіти в середній школі, і було б дуже ефективно в випускних класах, коли починається спеціалізація, викладати предмет з управління якістю. Це по-перше.

По-друге, щоб поліпшити справи з якістю, необхідно продовжувати аналіз – чим ми гірші від японців? Чому у них вийшло, а у нас не

виходить? Наприклад, порівнюючи розробки в сфері управління якістю, виконані ще за радянських часів, з вимогами стандартів серії ISO 9000 бачимо, що ці напрацювання дуже щільно підійшли до ISO 9000, але чуда з якістю на підприємствах не відбулося. Сучасні аналітики стверджують, що виною всьому – відсутність ринкової економіки, орієнтації на споживача – в умовах тотального дефіциту це не потрібно бо нема проблем зі збутом продукції. Відсутнім був також вибір постачальника комплектуючих, що робило неможливим створення конкурентоспроможної на міжнародному ринку продукції. Сьогодні вказані недоліки ліквідовано, але помітного стрибка з якістю продукції все рівно не відбулося. Значить треба продовжувати дослідження, шукати відповідь на питання «чому?», із врахуванням стрімкого сьогодення – швидко.

Якщо знов звернутися до прикладу тої ж Японії, Демінг – її національний герой, почав там свою діяльність з впровадження статистичних методів, згідно яких, контролюючи ще придатну продукцію, уже бачив відхилення якості процесів та тенденцію можливої втрати якості продукції. У нас навіть серію стандартів створили з цих методів. А хто їх використовує? А це найпотужніший інструмент, який попереджає появу масового браку, на відміну від типової ситуації на підприємстві, коли невідповідність процесу усувається після забракованої партії деталей. Втрати в цих випадках бувають суттєві, і економічно, і з якістю, тому в обов'язки контролера необхідно ввести оцінювання не тільки якості продукції, а й якості процесу її виготовлення одночасно.

Контроль має закінчуватись статистичною обробкою результатів вимірювань. Для цього контролери повинні володіти статистичними методами аналізу. А як це зробити? Ввести викладання цих методів в відповідну освіту.

Якраз цьому у нас приділено увагу – написані підручники, наукові праці, рекомендації, створені стандарти тощо, а до заводського виробництва це чомусь не дійшло. Так би мовити, пострадянський синдром – наука сама по собі, виробництво саме по собі, всі працюють, головне, щоб ніякого корисного виходу. Методи розробили, опублікували і на цьому поставили крапку, а механізм впровадження

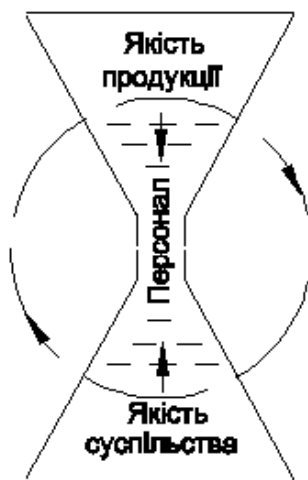


Рис. 2. Пісковий годинник якості

не був створений і відпрацьований, що мало б з'єднати окремі ланки в один ланцюг контролю продукції, процесу її виготовлення і завершальний етап – корекція процесу виготовлення. Ефект очевидний. Цей недолік необхідно ліквідувати і негайно – ввести вивчення статистичних методів обробки результатів контролю в освіту на рівні профтехучилищ і коледжів відповідної спеціалізації. Найпростіші 7 інструментів статистичної обробки результатів вимірювань повинні вивчатись майбутніми контролерами в обов'язковому порядку, щоб на завод приходили компетентні випускники, які будуть все виконувати так, як їх навчили, а завдання менеджменту середньої ланки – своєчасно використовувати результати контролю.

Аналогічним чином необхідно фахівцям – якісникам аналізувати й інші складові всесвітньо відомих досягнень в сфері якості, знаходити раціональне, розробляти механізми його втілення на українських підприємствах.

І по-третє, хотілось би зазначити вплив, правильніше його відсутність, такого фактору, як оприлюднення здобутків в цій сфері, можливі методи розповсюдження знань з якості, просвітницька діяльність в масах.

В Україні також є всесвітньовідомі, видатні діячі – гуру якості, які зробили неоціненний внесок в розвиток системи менеджменту якості в країні і світі.

Наприклад, Петро Якович Калита – ініціатор створення в 1989 році Української асоціації якості, її президент, член багатьох міжнародних організацій з управління якістю. Про вклад П.Я. Калити в світовий та український рух за якість можна говорити годинами, але мова не про те. Скільки людей про це знає?

Тут доцільно зробити закид засобам масової інформації. Те, що країні треба вкрай і негайно популяризується недостатньо або й зовсім замовчується. Ситуація: сам придумав – сам розкажуй де хочеш і як хочеш, сам популяризууй. В кінці червня вже цього, 2018, року в Одесі відбувся міжнародний форум «Сузір'я якості». Своїми думками і напрацюваннями поділилися представники багатьох країн. Що, одеські ЗМІ цього не знали? Дуже шкода, що такий захід залишився без уваги. Щоб досягти успіху, необхідно використовувати все можливе для популяризації знань та досягнень в сфері якості: навчання, семінари, дискусії; реклама з екрану телевізора; рекламні ролики та просвітницький курс лекцій в інтернеті тощо.

УАЯ засновано проведення олімпіад з якості

на місцевому (в межах навчального закладу), регіональному та національному рівні. Олімпіади проводяться в трьох вікових категоріях: до 18 років, молодіжна олімпіада (18–35 років) та серед фахівців з досвідом. Переможці олімпіад на місцевому рівні є учасниками регіональних олімпіад, а переможці регіональних – учасники національної олімпіади. Переможці національної олімпіади учащують в міжнародній Європейській олімпіаді, де наші представники неодноразово були переможцями, а хто й де сказав про них бо-дай 1–2 слова, крім спеціалізованих видань, читачі яких і так це знають.

Користуючись нагодою, хочу сказати, що в Одесі в коледжі промислової автоматики та інформаційних технологій при ОНАХТ для студентів четвертого курсу введено викладання нового предмету «Основи управління якістю на машинобудівному підприємстві», де студенти отримують необхідні для своєї діяльності знання в цьому напрямку. Одночасно при коледжі засновано громадську організацію «Якість – наше майбутнє», основна мета якої розповсюдження знань про якість та управління якістю серед молоді. Одним з напрямків діяльності є підготовка студентів коледжів, а також всіх бажаючих до участі в олімпіадах з якості. Розклад занять узгоджується. Створено немало, але процес з якістю все-таки гальмує, для досягнення успіху треба впершу чергу зробити хоча б очевидне:

– заснувати доінститутську освіту в сфері якості – ввести в середніх навчальних закладах вивчення такого предмету як «основи управління якістю»;

– в середніх закладах освіти, які готують майбутніх контролерів та спеціалістів з якості перенести акцент з контролю якості продукції на контроль якості процесів через контроль якості продукції;

– в вищих навчальних закладах звернути особливу увагу на підготовку фахівців з сучасного менеджменту у всіх цільових напрямках, в першу чергу в напрямку управління якістю;

– максимально використовувати засоби масової інформації для популяризації ідеї якості – як національної для виходу країни з економічної кризи та поліпшення добробуту кожного українця. ЗМІ мають включити в свій топ-перелік тем для пошуку сенсацій висвітлення наших змагань за довершеність та якість, за якими стоїть подолання економічної кризи і бідності в країні, а може й більше.



# МИРОВЫЕ ТРЕНДЫ РАЗВИТИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ И СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЙ НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ. НАИБОЛЕЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ. РЕСПУБЛИКАНСКАЯ АССОЦИАЦИЯ НАНОИНДУСТРИИ

*Чижик С.А., академик НАН Беларуси  
Труханов А.В., исполнительный директор РАНИ*

Согласно результатам мониторинга мирового экономического развития, выполненного компанией «2016 GlobalR&DFundingForecast»<sup>1</sup>, к 2020 году определяющими научно-техническое развитие в глобальном масштабе станут информационные технологии (31 % мирового рынка), нанотехнологии (30 % мирового рынка), а также бионанотехнологии (21 % мирового рынка).

Современная тенденция к миниатюризации функциональных устройств и развитию технологий получения наноразмерных объектов показала, что вещество может иметь совершенно новые свойства (физические, химические, оптические и механические) при переходе в наноразмерное состояние (размеры объекта от долей до сотен нанометров). Это прежде всего обусловлено квантово-механическими эффектами. Первое упоминание о теоретических предпосылках использования наноматериалов и нанотехнологий, приписывают известному американскому физика, лауреату Нобелевской премии Ричарду Фейнману (выступление «There's Plenty of Room at the Bottom» в Калифорнийском технологическом институте в 1959 г.).

Причинами проявления новых свойств у наноразмерных материалов являются:

1. Размерные эффекты – при условии соразмерности геометрических размеров нанобъектов и характеристическими физическими величинами

(длина свободного пробега электрона, длина волны де Бройля, размер магнитного домена и т.п.). Размерные эффекты в значительной мере обусловлены природой материала.

2. Поверхностные эффекты изменение свободной энергии поверхности, эффекты поверхностного натяжения, изменение реакционной способности частиц (проявляются при сопоставимом количестве атомов на поверхности и в объеме наночастицы).

3. Эффекты самоорганизации возможность наночастиц самопроизвольно упорядочиваться в сложные пространственные структуры – кластеры.

Проявление принципиально новых свойств позволяют успешно использовать наноматериалы для выпуска продукции практически во всех отраслях реального сектора экономики. Тенденции развития нанотехнологических компаний по оценке экспертов (агентство «Lux Research») приведет к росту рынка нанопродукции до 6,46 трлн долларов США уже к 2020 г. Наибольшее количество таких компаний (по данным OECD Science) отмечено в США, Германии, Франции, Корее<sup>2</sup>. Отмечено, что коммерческий успех и экономическая эффективность от реализации нанопродукции прямо пропорциональны научно-исследовательской активности в данной области. Это объясняет ежегодное увеличение объемов финансирования, выделяемых на фундаментальные

<sup>1</sup>2016 Global R&D Funding Forecast, <http://www.iriweb.org/sites/default/files/2016GlobalRDFundingForecast.pdf>

<sup>2</sup>OECD, Key Nanotechnology Indicators, <http://oe.cd/kni>, July 2015.

и прикладные исследования в области наноматериалов и нанотехнологий как со стороны государственного, так и со стороны корпоративного сектора. Страны-лидеры по объемам вложений в развитие научных исследований (США, Южная Корея, Германия, Япония) являются не просто наиболее технологически развитыми, но также являются мировыми лидерами по объемам прибыли от реализации выпускаемой нанотехнологической продукции. Анализ стратегий развития науки и технологий на долгосрочную перспективу (до 2030 г.) показал, что правительства многих стран признают необходимость выделения ключевых технологий (ключевых направлений), где необходимо сосредоточить усилия по достижению конкурентоспособности высокотехнологической продукции. В предыдущие 5 лет отмечено увеличение доли государственного финансирования для реализации научных исследований в области наноматериалов и нанотехнологий во многих странах мира (например, в США государственное финансирование сопоставимо по объемам с долей корпоративного сектора). Для повышения конкурентоспособности товаров и завоевании новых рынков требуется переориентация производств на выпуск высокотехнологичной и наукоемкой продукции (в том числе нанопродукции). Структурно принято выделять 4 основные группы продукции, относящихся к области наноматериалов и нанотехнологий:

1. «Первичная нанотехнологическая продукция» – продукция, представляющая собой непосредственно наноматериалы или наноструктуры.
2. «Наносодержащая продукция» – продукция, полученная с добавлением «Первичной нанотехнологической продукции».
3. «Продукция, не содержащая наноконпонентов» продукция не содержащая в составе наноматериалов или наноструктур, но при производстве которой используются нанотехнологии и/или наноматериалы.
4. «Оборудование» продукция, представляющая собой специальное оборудование для получения, модификации и исследования нанообъектов.

В настоящее время в социально-экономических приоритетах Республики Беларусь особая роль принадлежит развитию наукоемких отраслей экономики и созданию продуктов с высоким уровнем добавленной стоимости. Анализ современных тенденций роста экономик технологически развитых стран показывает, что наибольшую прибыль получают компании, работающие в области IT-, Био- и нанотехнологий (НТ). Интерес к

исследованию наноматериалов и развитию наноиндустриальной отрасли обусловлен принципиально новыми свойствами материалов при переходе к наномасштабам.

Для развития nanoиндустрии (интегрированного межотраслевого комплекса разработки, выпуска и коммерциализации нанотехнологической продукции) в Республике Беларусь на сегодняшний день проводятся фундаментальные (проекты ГПНИ, БРФФИ) и прикладные (задания ГНТП, ОНТП) исследования, основной целью которых является получение принципиально новых результатов систематических исследований и их последующая коммерциализация. Для координации комплексного развития нанотехнологической платформы в Республике Беларусь, в соответствии с Постановлением Совета Министров от 18.07.2013 № 640, создан Межведомственный координационный совет. Разработана структурно-функциональная схема межотраслевого комплекса в Республике Беларусь, где ключевая роль в развитии nanoиндустрии отведена Национальной академии наук Беларуси и Республиканской ассоциации nanoиндустрии (РАНИ).

РАНИ создана с целью содействия коммерциализации НТ-продукта и успешному развитию nanoиндустрии в целом. Ассоциация является добровольным объединением юридических лиц (организации из НАН Беларуси, Министерство образования, Министерство промышленности, бизнес-структуры), работающие в области наноматериалов и нанотехнологий. Сопредседателями ассоциации являются академик Чижик С.А. (Первый заместитель Председателя Президиума НАН Беларуси) и академик Жданок С.А. (директор частного научно-производственного унитарного предприятия «Передовые исследования и технологии»). На сегодняшний день в РАНИ входят 19 организаций.

Задачами РАНИ являются: координация научно-исследовательской, инновационной и предпринимательской деятельности членов Ассоциации в сфере нанотехнологий; представление общих интересов на уровне органов государственного управления, в том числе и по вопросам нормативно-правового регулирования; распространение информации о результатах деятельности членов Ассоциации и популяризация их достижений в сфере нанотехнологий; представление и защита общих интересов членов Ассоциации.

Организации-члены РАНИ принимают участие в выполнении фундаментальных и приклад-

ных исследований по наиболее приоритетным направлениям в области наноматериалов и нанотехнологий. Основными объектами исследований на сегодняшний день являются: теоретические модели описания нанопроцессов, мезо- и наноструктур; разработка технологий получения новых наноматериалов и нанокompозитов; создание новых наноустройств с использованием квантовых точек и нанопроволок, нанотрубок и нановолокон, нанокристаллов и нанокластеров, коллоидов и др.; разработка технологии получения нанобъектов для применения в электронике и спинтронике, лазерной технике, фармацевтике и медицине, а также в продукции двойного назначения.

Наиболее перспективные результаты (соответствующие мировому уровню) в области нанотехнологий и наноматериалов, полученные организациями-членами РАНИ (2015–2017 гг.):

1. Разработаны методы формирования нанопористых сред на основе массивов углеродных нанотрубок с заданной удельной поверхностью и заданной электропроводностью для создания пористых электродов суперконденсаторов.

2. Развита метод расчета фундаментальной ширины запрещенной зоны твердых тел и выполнен анализ ширины запрещенной зоны для кристаллов со связью Ван-дер-Ваальса, а также трехмерных и двумерных материалов. Данный метод позволяет проводить теоретический поиск новых материалов (1D–3D материалов и наноструктур) с заданными электронными (оптическими, фотовольтаическими, термоэлектрическими) свойствами.

3. Обнаружено стимулированное и лазерное излучение в наноразмерных пленочных структурах многокомпонентных прямозонных полупроводников, которые могут быть использованы для создания солнечных элементов нового поколения.

4. Разработаны методы создания микро- и наноструктурированных фотокаталитически активных оксидных материалов для очистки воды от санитарно-значимых микроорганизмов.

5. Разработана технология формирования наноструктурированных пленок серебра на пористом кремнии для детектирования органических молекул спектроскопией гигантского комбинационного рассеяния.

6. Разработана технология электрохимической планаризации и наноструктурирования поверхности титановых имплантов для биомедицинских применений.

7. Разработана технология создания плазменных кристаллов на основе наноразмерных пленочных материалов для развития современной телекоммуникационной техники.

ных исследований по наиболее приоритетным направлениям в области наноматериалов и нанотехнологий. Основными объектами исследований на сегодняшний день являются: теоретические модели описания нанопроцессов, мезо- и наноструктур; разработка технологий получения новых наноматериалов и нанокompозитов; создание новых наноустройств с использованием квантовых точек и нанопроволок, нанотрубок и нановолокон, нанокристаллов и нанокластеров, коллоидов и др.; разработка технологии получения нанобъектов для применения в электронике и спинтронике, лазерной технике, фармацевтике и медицине, а также в продукции двойного назначения.

На основе анализа современных научных исследований и научно-технических разработок в мире, а также оценки развития внутренних и внешних рынков высокотехнологической НТ-продукции, можно сформулировать основные тренды и направления для развития исследований в области нанотехнологий и наноматериалов в Республике Беларусь на ближайшие годы.

Наиболее перспективные направления для развития наноматериалов и нанотехнологий в будущем:

1. Разработка материалов на основе графеноподобного углерода для создания высокоэффективных суперконденсаторов (накопителей энергии высокой мощности и большой емкости).

2. Разработка технологии получения и исследования наностроек бинарных сплавов для формулирования феноменологических моделей образования скирмионов и магнитных вихрей.

3. Получение графена с дефектами и особыми электрическими свойствами для применений в нанoeлектронике и спинтронике, электромеханике и эмиссионной электронике.

4. Разработка технологии получения и конструирования однофотонного источника света.

5. Разработка получения многослойных периодических наноструктур взаимодействующих квантовых точек германия в кремнии и высокоэффективных светодиодов для инфракрасной области спектра на их основе.

6. Исследования фундаментальных электронных, оптических и магнитных свойств материалов для преобразования и аккумуляции энергии.

7. Разработка метаматериалов для прецизионных фотонных устройств – магнитолазменные кристаллы, представляющие собой металло-диэлектрические гетероструктуры, содержащие слои магнитных диэлектриков с нанесенными на них перфорированными нанослоями золота.

8. Развитие методик получения и исследования полупроводниковых магнитных материалов на основе наноструктур оксида цинка для перспективных устройств функциональной электроники.

9. Разработка технологий создания топологических инсультаторов для устройств нанoeлектроники.

10. Разработка технологий наноразмерных сверхтвердых материалов (нанопорошки кубического нитрида бора; алмаз, армированный нанотрубками/нановолокнами).

11. Разработка многослойных двумерных и квазиодномерных наноструктур на основе переходных металлов, обладающих гигантским магниторезистивным эффектом, для применений в современной сенсорике и магнитоэлектронике.

12. Разработка новых наноразмерных многокомпонентных оксидных систем для развития мультиферроидных материалов (материалы с двойным типом упорядочения – магнитное и диэлектрическое) для создания устройств хранения информации с возможностью двойного контроля (магнитным и электрическим полем).

13. Развитие 3D-технологий для производства электротехнических изделий нового поколения (трансформаторы, дроссели, статоры и роторы вентильно-реактивных двигателей, генераторы) на основе новых магнитомягких наномодифицированных композиционных материалов.

14. Разработка технологии формирования защитных покрытий большой площади и сложной геометрической формы на основе наноструктурированных магнитомягких пленочных материалов для защиты устройств инерциальной навигации и прецизионных сенсорных устройств от воздействия внешних постоянных магнитных полей.

15. Разработка биосенсоров на основе локализованных плазмонных наноструктур для усиления рамановского рассеяния света и повышения чувствительности рамановских спектрометров, которые будут использоваться для анализа веществ в биологии, медицине, экологии, пищевой промышленности.

16. Разработка методов управления когерентной и диссипативной динамикой твердотельных спиновых и сверхпроводниковых кубитов, NV центров в алмазе, возбуждаемых электромагнитными полями в условиях многофотонных резонансов для решения задач квантовых компьютеров.

17. Разработка композиционных и строительных материалов с повышенными прочностными свойствами с использованием наноматериалов.

18. Разработка технологий модификации поверхности материалов методом нанесения функциональных пленочных материалов или методом обработки поверхности термобарическими воздействиями.

Все вышеперечисленное позволяет надеяться на успешное развитие нанотехнологической продукции в Республике Беларусь.

# ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ ВЕКТОР РАЗВИТИЯ БЕЛАРУСИ

Сиваченко Л.А.

Белорусско-Российский университет, г. Могилев

Сиваченко Т.Л.

КБ «Промышленные технологии и комплексы», г. Могилев

Уровень развития технологической структуры, называемый технологическим укладом (ТУ) и характеризующийся периодической сменой различных способов производства, определяет не что иное, как наше место в мировом разделении труда. Кинетику этого процесса хорошо иллюстрирует приведенная на рис. 1 графическая модель смены технологических укладов [1]. Беларуси, экономика которой не относится к числу развитых стран, необходима промышленная революция, что возможно только на основе поиска резервов и концентрации всех сил для их реализации. Для этого необходима хорошо про-

думанная стратегия государства и ее четкое исполнение.

Отличие представленной модели от множества других состоит в том, что на ней отдельно выделены как направления оптимального развития – атомная промышленность, секторы ИКТ и ИТ, космос, так и технологии переработки сырья и первых стадий (подготовительных) материального производства. И если первые определяют мировой уровень развития, то вторые являются его ахиллесовой пятой. При этом сектор высоких технологий в Беларуси не превышает 1,5–2,0 % ВВП, а доля технологий III ТУ – до трети ВВП

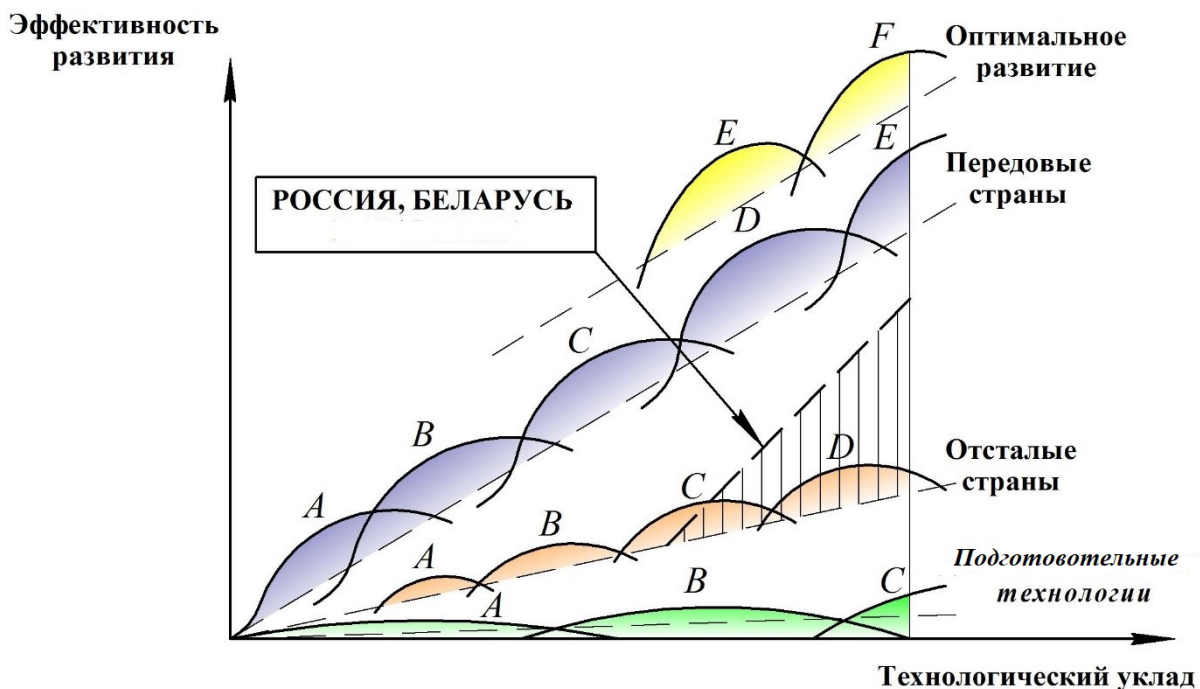


Рис. 1. Графическая модель смены технологических укладов

[2]. Опасность сложившейся ситуации заключается в том, что мы прогрессивно отстаем в своем развитии от передовых стран и постепенно впадаем в технологическую (читай экономическую) зависимость. Это вполне зримая угроза современного неокOLONIALИЗМА и для ее ликвидации нашему государству необходим переход к интенсивной индустриализации.

Технологическая политика Беларуси, изложенная, например, в работах [2–5], является расплывчатой, в ней больше внимания уделяется отдельным элементам наукоемкой экономики, по которым масштабно мы не конкурентны в мире, а вот поиска своих национальных приоритетов и перспектив их развития практически не происходит. Авторам представляется, что формирование национальной идеологии новой промышленной революции, в частности ее первой фазы – индустриализации производственной сферы, требует незамедлительного решения. Индустриализация должна охватить всю структуру экономики и обеспечить за счёт роста выпуска продукции необходимые ресурсы для развития научно-технологической сферы и, тем самым, встать на путь возврата в состав развитых стран. Индустриализация такого рода требует учета современных реалий и должна базироваться на достижениях науки и техники, в том числе цифровой экономики.

Попытаемся изложить свое видение решения данной задачи, основываясь на комплексной оценке экономики Беларуси [1], и выделим ее главное звено – машиностроение. Продукция этой отрасли включает в себя станкостроение, транспорт всех видов, технологическое оборудование для химической, горнорудной, строительной, пищевой и других отраслей промышленности, электроэнергетику, производство вооружений, переработку отходов, бытовую технику и многое другое. Вместе с тем, доля машиностроения в ВВП Беларуси с 1991 года уменьшилась более чем в 3 раза и пока не имеет тенденций к устойчивому росту. При этом небольшая страна не может развивать производство всех упомянутых видов продукции и должна сконцентрироваться на ее отдельных, но важнейших для себя, изделиях.

Влияние машиностроения на национальную экономику чрезвычайно огромно и выражается рядом основополагающих факторов:

- обеспечением производственного комплекса необходимыми оборудованием и технологическими средствами для его активного функционирования;

- созданием условий для комплексного энергосбережения на всех этапах технологических процессов;

- ресурсосбережением при выполнении всех стадий производственного цикла, изготовления оборудования и его эксплуатации;

- решением проблем экологического характера и рациональным природопользованием;

- формированием общей прогрессивной научно-технологической сферы и инновационным развитием в государственном масштабе;

- использованием экспортного потенциала, снижением импортной зависимости и увеличением объемов торговли, включая сервис, проектирование и т.д.

К перечисленным приложениям индустриализации следует добавить станкостроение, ЖКХ, электроэнергетику, транспорт, связь, химическую, горнорудную, металлургическую, пищевую и строительную отрасли, сельское хозяйство и т. д. Понятно, что при таком разбросе сфер деятельности и значительных затратах на осуществление необходимых мероприятий государство способно выполнить только их некоторую часть. Исходя из сказанного следует определить главные приоритеты и сконцентрировать на их реализации основные ресурсы. Опыт ряда стран показывает, что самые успешные из них определенную часть своей продукции делали сами на мировом уровне, а остальную по преимуществу покупали на рынке, то есть осуществляли максимальную кооперацию. Такая модель экономики подходит и для Беларуси.

Особо следует остановиться на рынке высокоинтеллектуальной продукции, которая будет создаваться по мере модернизации промышленности и укрепления технологической сферы. Общецивилизованный прогресс идет по пути создания так называемых передовых производственных технологий (ППТ), а проще говоря – комплексов машин: заводов, производств, цехов, линий, включая строительную часть подготовки производства, сервис и т.д. Нам требуется как можно скорее вписаться в эту среду, где кроме чисто производственной деятельности уже есть и всё более расширяется рынок продукции проектирования сложных технологических объектов, в том числе ППТ [1].

Для внедрения чрезвычайно важного направления для Беларуси – комплексного энерго- и ресурсосбережения, в том числе и неучтенных ранее и не рассматриваемого в программных документах потенциала, может служить энерготехно-

логическая концепция (ЭТК) устойчивого развития [1]. Ее суть заключается в целостном рассмотрении всех вопросов переработки материалов, используемых для удовлетворения потребностей человека, анализа состояния и резервов совершенствования технологий и оборудования на основе достижений науки и техники, критической оценки организационных методов реализации с учетом исторического опыта и выбора основных путей их практического использования.

Выполненные расчёты на основе подходов ЭТК показывают, что возможна экономия не менее 20 % электроэнергии и 8–10 % других энергоресурсов только на основе неучтенных ранее и не включенных в различные программы резервов их использования [1,6]. Это по преимуществу механические и тепловые производственные переделы. Огромные возможности энергосбережения заложены в системах теплофикации и энергосбережения, что хорошо известно [8] и планируется к реализации.

Методической базой для обоснования реальных возможностей технологического энергосбережения, по нашему мнению, могут быть следующие направления [1,6,7]:

- методы технологической вибротехники и ударных механизмов воздействия на перерабатываемую среду;

- методы технологической вибротехники и ударнадаптивные методы переработки сырья и материалов, основанные на приспособленности поведения рабочих органов машин к их свойствам;

- методы технологической вибротехники и ударные методы физико-химической механики, обеспечивающие особые условия поведения обрабатываемой среды и управляемых закономерностей изменения ее свойств;

- методы технологической вибротехники и ударновариативные подходы в организации и проведении технологических процессов, учитывающих изменения свойств обрабатываемых материалов на различных стадиях производства и взаимосвязи их проведения;

- методы технологической вибротехники и ударнаномальные эффекты технологических процессов, то есть физические, химические и технологические изменения проведения обрабатываемых материалов в период их переработки;

- методы технологической вибротехники и ударнпрямое использование энергии ветра в технологических процессах «холодной» сушки сырьевых материалов, измельчения, получения сжатого воздуха, пневмотранспорта и т.д. [9].

Немаловажную помощь в организации процессов производства ряда продуктов, изделий и материалов может оказать оценка передового уровня развития соответствующих предприятий, в том числе включая отдельные виды базовых машин и агрегатов [10]. Например, если взять производство цемента, извести или керамических изделий, то резервы по экономии топлива и электроэнергии составляют 30–40 %. И это только на основе известных решений и достигнутого уровня.

Технологии переработки сырья и первых стадий материального производства, которые включают в себя разведку, добычу, транспортировку, обогащение, разделение, измельчение, сушку, смешивание, гранулирование, обжиг, уплотнение, плавление, охлаждение, захоронение, обеззараживание и другие процессы являются самыми энерго- и материалоемкими технологиями современных производств и, как это ни странно, самыми несовершенными и энергозатратными. Тот факт, что в Беларуси ежегодно измельчается не менее 120 млн т различных материалов, при КПД таких машин как шаровая мельница около 1 % говорит сам за себя [7, 11, 12].

Сложившаяся ситуация характерна для всех промышленных стран, хозяйственная деятельность которых невозможна без использования больших объемов различных материалов. По целому ряду причин значительная часть перечисленных выше технологий, базирующихся на технической базе концептуально сформированной в XIX – начале XX века, функционируют на принципах того времени. Это означает, что в данном сегменте производства мы отстаём от самых передовых стран только на первые десятки процентов вследствие более качественного изготовления оборудования и лучшей организации его работы. При этом хорошо известно, что потенциал повышения эффективности многих стадий переработки материалов составляет порядок и выше [12], а это предвещает революционную модернизацию оборудования, используемого для этих целей.

Прогнозирование технологического развития мировой экономики позволяет с уверенностью утверждать, что в ближайшие десятилетия так называемое технологическое машиностроение [1] будет основным инновационным трендом цивилизации [13]. Движущей силой грядущих изменений следует считать истощение природных ресурсов, чрезмерное энергопотребление, экологические угрозы, перенаселение Земли, а средством практической реализации – орудия производства, которые эволюционируют от кремневого

ножа и каменного топора до нынешних роботов, а в будущем – до заводов-автоматов. Сегодня передовые компании идут по этому пути, но реальные возможности, которые открывает материаловедение используется преимущественно в малотоннажных и специальных производствах, доля которых в общем балансе экономики мизерна. Хотелось бы не прозевать грядущий технологический скачок и занять в нём свое место. Что касается внутренней индустриализации, то это фактор модернизации собственных производств и одновременное освоение принципиально новой на мировом рынке продукции.

Формирование банка новой машиностроительной продукции, которую реально создать на основе собственного научно-технического потенциала показывает, что это могут быть, например:

1. Комплексы для производства малотоннажных материалов и изделий, например, модифицированных продуктов, специальных наполнителей или добавок, антикоррозийных составов, наноструктурных композиций и др.

2. Универсальные комплексы для первичной переработки влажных сырьевых материалов, например, мела или глины.

3. Набор оборудования для полномасштабной массоподготовки при производстве силикатных материалов, керамических изделий, извести и ряда других материалов.

4. Многофункциональные энергоэффективные агрегаты для помола сырьевых материалов и прошедших операции обжига продуктов.

5. Принципиально новые агрегаты для тепловой подготовки и обжига строительных материалов, прежде всего цемента, извести и керамических изделий.

6. Технологические комплексы для производства листовых материалов, трубной продукции, волокон, плёнок и др.

7. Бетоносмесительные заводы нового поколения с активаторным оборудованием.

8. Заводы по производству теплоизоляционных материалов повышенной энергоэффективности.

9. Универсальные транспортно-технологические системы.

Это далеко не полный перечень перспективных для производства машин и оборудования. Он реально может быть дополнен сотнями других, но идеология организации их производства должна основываться на технологическом преимуществе перед конкурентами и необходимой емкости рынка продаж. Проектной базой при этом может

быть, по примеру ПВТ, Парк промышленных технологий с концентрацией в своём составе специалистов нужного профиля и централизованным управлением.

Хорошо известен тот факт, что очень многие технологии, процессы и оборудование, основанные на единых принципах функционирования, широко используются в различных отраслях и характеризуются высокой совместимостью, в т. ч. такие процессы, как измельчение, смешивание, сушка, обжиг, гранулирование, классификация, прессование, обогащение, охлаждение, плавление, и ряд других, а также их соответствующая совокупность. Этот список можно дополнять многими десятками других процессов, которые увязаны в единый технологический цикл и реализуются на комплексах оборудования соответствующих производств.

На этом основании методологически представляется логичным объединить для концентрации глубины научной оценки такие передель, под которыми следует понимать содержательно и пространственно обособленные совокупности технологических операций, составляющих основу изготовления конечной продукции [14]. Со своей стороны, разделим все процессы производства на две основные группы: первая, сочетающая в себе процессы непосредственной переработки сырья и материалов, вторая – совокупность мероприятий и процессов, способствующих собственно производственной сфере, но прямого участия в ней не принимающих [1].

Первая группа, то есть непосредственно переработка материалов может включать в себя: первичную подготовку и переработку сырья, дезинтеграторные передель, тепловые процессы, технологическое ресурсосбережение, рудоподготовку, обогащение, химические процессы, нанотехнологии, переработку отходов. Вторая группа – функциональное проектирование всего оборудования и технологий, технологический транспорт, технологический электропривод и автоматизация, технологическое энергосбережение, оптимизацию строительных сооружений, возобновляемые источники энергии, инновационный менеджмент и подготовку кадров. Подобный набор мероприятий, откорректированный под условия конкретных предприятий, может быть использован как при комплексном проектировании, так и в работе экспертов при мониторинге действующих производств.

Дополнительный вклад в копилку индустриализации страны может внести инвентаризация научно-технических и других наработок, име-



ющихся у целого ряда специалистов, но не нашедших практического воплощения. Причин здесь несколько. Основные – отсутствие личной заинтересованности и недееспособность нашей производственной структуры активно отбирать и внедрять перспективные разработки. Знаком беды при этом является тот факт, что на государственном уровне провалена стадия НИОК(Т)Р и подвижки в ней даже не просматриваются, особенно на законодательном уровне.

Именно поэтому первичной стадией индустриализации безусловно является форсирование всех видов НИОК(Т)Р с целью модернизации базовых производств и создания новых. Ясно, что без структурной перестройки промышленности это невозможно и требует пересмотра всех отраслей промышленности на предмет повышения их эффективности и создания принципиально новых производств с высокой прибавочной стоимостью. Известно, что более 90 % производственных издержек, прежде всего энергетических приходится на крупные промышленные объекты и обусловлено низким уровнем оборудования и

технологий. Особенно это характерно для предприятий, осуществляющих комплексную много-тоннажную переработку сырья и материалов: цементных, известковых, кирпичных и силикатных заводов, комплексов по производству удобрений, переработки отходов, получения разного ряда других продуктов. Потенциал их модернизации огромен и составляет десятки процентов, но его реализация требует значительных ресурсов и длительна по времени.

Индустриализация экономики Беларуси является важнейшим и востребованным направлением развития. Представленные в статье доводы и обоснования носят субъективный характер и не претендует на обобщенную оценку. Хотелось бы на страницах журнала, который может быть мозговым центром обсуждения проблем технического развития, обсудить позиции ведущих специалистов по этой важнейшей проблеме с целью выработки наиболее эффективных путей коренной модернизации экономики и вхождения республики Беларусь в число развитых государств с высоким уровнем жизни населения.

#### *Список используемых источников*

1. Сиваченко, Л. А. Технологическое машиностроение – инновационный резерв мировой экономики / Л.А. Сиваченко, Т.Л. Сиваченко. – Могилев, : Бел.-Рос. ун-т, 2017. – 254 с.
2. Шумилин, А. Г. Инновационные отрасли завтрашнего дня / А.Г. Шумилин Инженер-механик, №1, 2018. – С. 9–14.
3. Гусаков, В. Императивы новой промышленной революции и интеллектуализации общества / В. Гусаков, Инженер-механик, №1, 2018. – С. 3–8.
4. Чижик, С.А. Индустрия 4.0: от информационно-коммуникационных к адитивным и нанотехнологиям / С.А. Чижик, П.А. Витязь, М.Л. Хейфец // Инженер-механик, №4, 2017, – С. 2–5.
5. Шимов, В. Н. Инновационная политика экономики Беларуси: движущие силы и национальные приоритеты / В.Н. Шимов, Л.М. Крюков. – Минск: БГЭУ, 2014.–199 с.
6. Сиваченко, Л.А. Технологический потенциал машиностроения / Л.А. Сиваченко // Строительные и дорожные машины, №3, 2018.–С.3–14.
7. Технологические переделы с максимальным потенциалом энергосбережения / Л. А. Сиваченко, У. К. Кусебаев, И. А. Реутский, А. М. Ровский // Энергоэффективность. – 2015. – № 10. – С. 24–30.
8. Хрусталева, Б.М. Расширение энергосберегающей базы в условиях централизованного теплоснабжения и доминирования энергоёмких технологий / Б.М. Хрусталева, В.И. Романюк // Энергоэффективность, №12, 2017, – С. 20–27.
9. Сиваченко, Л. А. Прямое использование энергии ветра в технологических процессах / Л. А. Сиваченко, А.В. Балобешко, Т. Л. Сиваченко // Энергоэффективность. – 2016. – № 12. – С. 24–27.
10. Энерготехнологические проблемы дезинтеграторных технологий в промышленности строительных материалов и пути их решения / Л. А. Сиваченко, Т. Л. Сиваченко, Н. В. Курочкин, Ю. К. Добровольский // Энергоэффективность. – 2014. – № 12. – С. 22–25.
11. Сиваченко, Л.А. История развития и современный уровень техники измельчения / Л.А. Сиваченко, Ю.К. Добровольский, Вестник Белорус.-Рос. ун-та, Могилев, №4, 2012. – С. 69–76.
12. Селективное разрушение минералов / В. И. Ревнивцев [и др.]. – М. : Недра, 1988. – 286 с.
13. Шамрай, Ф. А. Модернизация в России / Ф. А. Шамрай // Строительные и дорожные машины. – 2012. – № 2. – С. 2–7.
14. Богданов, В. С. Процессы в производстве строительных материалов / В.С. Богданов, А.С. Ильин, И.А. Семикопенко.– Белгород; «Везелица», 2007. – 512 с.

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ

*Линчук И.В.*

*Витебский филиал ГИПК «ГАЗ-ИНСТИТУТ»*

Автомобиль – транспортное средство повышенной опасности, а при перевозке на нём опасных веществ (грузов) создаётся ещё большая потенциальная опасность. Чтобы потенциальная опасность не превратилась в реальную, от водителя требуется умелое и безопасное управление этим транспортным средством, исключающее возможность возникновения даже незначительных аварий либо инцидентов. Последние влекут за собой травматизм и гибель людей, всевозможные разрушения, порчу перевозимых грузов и транспортных средств, урон окружающей среде. Для обеспечения на дороге безопасного передвижения автотранспорта, а также безопасности в целом, необходимо учитывать следующее: технические характеристики эксплуатируемого транспортного средства (мощность двигателя и приёмистость, тяговое усилие, грузоподъёмность, максимальная и минимальная скорости движения, максимальный угол преодоления высот, расположение центра тяжести, усилия на рычаги, педали и рулевое колесо, тормозной путь, маневренность, габариты); квалификацию и опыт водителя; сложные условия движения; свойства перевозимого груза; специфику тары и упаковки; крепление груза и многое другое. Ниже рассмотрим, какие условия для движения транспортных средств относятся к сложным условиям, что при этом может произойти (вероятная опасность) и наиболее грамотные действия водителя.

Сложные условия условно можно разделить на группы: сложные дорожные; сложные климатические и погодные (метеорологические), а также эксплуатационно-технологические.

### *1. Сложные дорожные условия:*

– движение по грунтовым дорогам (пыль, грязь, песок, глубокая колея, волнистая поверхность);

– преодоление естественных препятствий (канавы, рытвины, косогоры, крутые уклоны и подъёмы, лужи);

– проезд мостов и эстакадных развязок при температурах окружающего воздуха близких к 0 (ноль) градусам по Цельсию;

– проезд по ремонтируемым участкам дорог;

– проезд через населённые пункты.

### *2. Сложные климатические и погодные (метеорологические) условия:*

– атмосферные осадки;

– туман;

– жара;

– гололедица;

– сильный боковой ветер;

– тёмное время суток.

### *3. Сложные эксплуатационно-технологические условия:*

– движение в колонне;

– движение автопоездов;

– остановка на обочинах, спусках, подъёмах;

– перевозка жидких и сыпучих веществ в ёмкостях и кузовах с частичным наполнением, то есть неполным использованием пространства кузова, цистерны транспортного средства, бочек, баллонов, канистр и других ёмкостей;

– специфика и опасность перевозимых грузов (веществ).

Для более полного представления (осмысления) вероятных инцидентов либо аварий и их последствий, произошедших под влиянием погодных (метеорологических) условий и некоторых других неблагоприятных факторов необходимо знать суть и таящуюся опасность этих явлений.

Приведём некоторые общепринятые определения, относящиеся к сложным условиям движения при управлении автотранспортом.

**Атмосферные осадки** – вода в жидком или

твёрдом состоянии, выпадающая из облаков или осаждающаяся из воздуха на земную поверхность и какие-либо предметы. Различают дождь, снег, морозящие осадки, ливневые осадки и осадки, образующиеся на поверхности земли и на предметах (роса, иней, изморось, гололёд). Осадки могут сопровождаться дымкой, туманом.

**Гололедица** – слой бугристого льда или обледеневшего снега, образующийся на поверхности земли вследствие замерзания талой воды. В отличие от гололёда, гололедица наблюдается только на земной поверхности, чаще всего на дорогах, тротуарах и тропинках.

**Гололёд** – нарастающие атмосферные осадки в виде слоя плотного стекловидного льда, образующегося на растениях, проводах, предметах, поверхности земли. Переохлаждённая морось, переохлаждённый дождь, ледяной дождь, ледяная крупа, дождь со снегом при соприкосновении с поверхностью, имеющей отрицательную температуру, приводит к лёдообразованию.

В гололедицу и гололёд сильно затрудняется передвижение людей, животных, транспорта, т.к. коэффициент сцепления с дорогой очень низкий. Следует помнить, что снег, укатанный колёсами транспортных средств, из-за очень низкого коэффициента сцепления напоминает гололедицу.

**Морось** – жидкие осадки в виде очень мелких капель (диаметром менее 0,5 мм), как бы парящих в воздухе. Сухая поверхность намокает медленно и равномерно. Осаждаясь на поверхность воды, не образует на ней расходящихся кругов.

Переохлаждённая морось – жидкие осадки в виде очень мелких капель (диаметром менее 0,5 мм), как бы парящих в воздухе, выпадающие при отрицательной температуре воздуха (чаще всего 0...–10°, иногда до –15°) оседая на предметы, капли смерзаются, образуется гололёд.

**Иней** – белый кристаллический осадок, образующийся на поверхности земли, траве, предметах, крышах зданий и автомобилей, снежном покрове в результате десублимации (перехода вещества из газообразного состояния в твёрдое минуя жидкое состояние) содержащегося в воздухе водяного пара при отрицательной температуре почвы, малооблачном небе и слабом ветре. Наблюдается в вечерние, ночные и утренние часы, может сопровождаться дымкой или туманом. По сути дела, это аналог росы, образующийся при отрицательной температуре.

**Туман** – непрозрачное состояние воздуха в нижних слоях атмосферы вследствие скопления в нём (конденсации) водяных паров; при туманах

относительная влажность воздуха, как правило, превышает 85–90 % и доходит до 100 %.

**Недостаточная видимость** – видимость дороги в направлении движения менее 300 метров, обусловленная погодными (метеорологическими) условиями, то есть при наличии дождя, снега и иных атмосферных осадков и другими факторами, снижающими прозрачность атмосферы (пыль, дым, смог...).

**Тёмное время суток** – промежуток времени, который начинается после захода солнца (как правило, через 30 минут после захода) и заканчивается с восходом солнца (как правило, за 30 минут до восхода).

**Обочина** – выделенный конструктивно или сплошной линией горизонтальной дорожной разметки элемент дороги, примыкающий непосредственно к внешнему краю проезжей части, расположенной с ней на одном уровне и не предназначенный для движения транспортных средств, кроме случаев, предусмотренных ПДД. Обочина может использоваться для остановки и стоянки транспортных средств, движения пешеходов, мопедов, велосипедов (при отсутствии тротуаров, пешеходных и велосипедных дорожек), гужевых повозок (саней).

**Аквапланирование** (эффект) – это возникновение гидродинамического клина в пятне контакта шины, то есть полная или частичная потеря сцепления, вызванная присутствием водяного слоя, отделяющего шины движущегося транспортного средства от дорожной поверхности. При этом транспортное средство практически неуправляемо. Это явление возникает, когда скорость достигает критического значения, при котором колесо не успевает удалять воду из пятна контакта. Чем больше водяная плёнка на поверхности дороги и меньшая остаточная глубина протектора шины, тем выше риск «аквапланирования».

Рассмотрим наиболее вероятные причины возникновения опасностей, их последствия, а также предполагаемые наиболее грамотные действия водителя при управлении транспортным средством в сложных условиях движения.

В сложных дорожных условиях ухудшаются видимость и обзорность для водителя, снижается сцепление колёс с проезжей частью, снижается устойчивость транспортного средства. В дальнейшем это приводит к опрокидыванию, заносам, вынужденному движению «юзом» и эффекту «аквапланирование» на дороге, увеличению тормозного пути, ухудшению управляемости автомобилем, смещению, нарушению крепления

и сохранности перевозимого груза, поломкам, повреждениям тары и упаковки груза, поломкам транспортных средств и другим негативным последствиям. Как правило, водитель в сложных дорожных условиях должен снизить скорость и увеличить дистанцию движения, исключить резкое маневрирование (при начинании перемещения с места, ускорениях, замедлениях, поворотах, торможении), преодолевать сложные участки на более низких передачах и скоростях.

В сложных климатических и погодных (метеорологических) условиях, как и в сложных дорожных условиях, остаются те же предполагаемые виды опасности и их последствия. Дополнительно могут возникнуть следующие опасности, это - повреждение груза при намокании от воздействия атмосферных осадков либо перегрева от теплового воздействия солнечных лучей, столкновения с другими транспортными средствами, наезды на препятствия и пешеходов, съезды в кювет. Действия водителя должны быть следующими: плавное снижение скорости движения и её удержание равномерной, увеличение дистанции и интервала (при встречных разъездах), исключение резкого маневрирования, исключение движения «накатом», то есть с выключенным сцеплением, включение в светлое время суток ближнего света фар и противотуманных фар, исключение обгонов либо их осторожное выполнение. При недомоганиях и усталости следует остановиться, принять соответствующие меры и отдохнуть.

В сложных эксплуатационно-технологических условиях основными опасностями являются: поперечная неустойчивость и заносы прицепа (полуприцепа) на поворотах и маневрировании при обгонах, съезды на тротуар и обочину, столкновения, опрокидывания, скатывания и съезды в кювет, смещение и падение груза, потеря управляемости автотранспортным средством. Причинами этого являются: высокая инерционность перевозимых жидких и сыпучих веществ, которая возрастает при размещении таких продуктов в ёмкостях, не всегда заполненных на 100 % своего геометрического объёма из-за специфичных

свойств, смещение центра тяжести нагруженного транспортного средства, наличие зазоров в сцепке (фаркопе и сцепном устройстве). В таких условиях эксплуатации транспортного средства водителю рекомендуется снизить скорость движения, увеличить дистанцию, плавно маневрировать, в случае остановки и стоянки – применять противооткатные устройства, действовать в соответствии с «Правилами дорожного движения» (ПДД) и другими Техническими нормативными правовыми актами (ТНПА). Основными из них являются: технический регламент Таможенного союза «О безопасности колёсных транспортных средств» (ТРТС 018/2011), «Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации автомобильного и городского электрического транспорта», дополнительно при перевозке опасных грузов- «Правила по обеспечению безопасности перевозки опасных грузов автомобильным транспортом в Республике Беларусь», «Условия безопасной перевозки конкретного опасного вещества», Положение «О порядке допуска механических транспортных средств, прицепов или полуприцепов к ним к перевозке опасных грузов» и другие.

Безопасность передвижения транспортных средств и перевозок грузов, особенно тех, которые представляют опасность человеку и окружающей среде в целом, то есть опасных грузов, имеет и экономический аспект. Эта особенность касается не только отдельно взятого предприятия (организации), но и государства в целом. Можно полагать, если груз не повреждён, полностью обеспечена его целостность, сохранность и своевременность доставки адресату без каких-либо нарушений, при этом отсутствуют повреждения транспортных средств, оборудования, тары влекущие за собой простои техники, необходимость в ремонте и приобретении запасных деталей, материалов и главное – не травмированы участники перевозки (водители, члены экипажа, сопровождающие лица, охрана), то можно полагать, что убытки (прямые и косвенные) исключены, сработано с положительным экономическим эффектом.

## О ПАТЕНТОВАНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ С ЭЛЕМЕНТАМИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

*Рагель И.В., инж.-механик,  
Павлович А.Э., инж.-механик, к.т.н.*

Технические решения могут патентоваться как устройства в качестве изобретений и полезных моделей согласно Закону Республики Беларусь [1].

При этом к ним предъявляются критерии патентоспособности «новизна» и «промышленная применимость», а к изобретению еще и «изобретательский уровень».

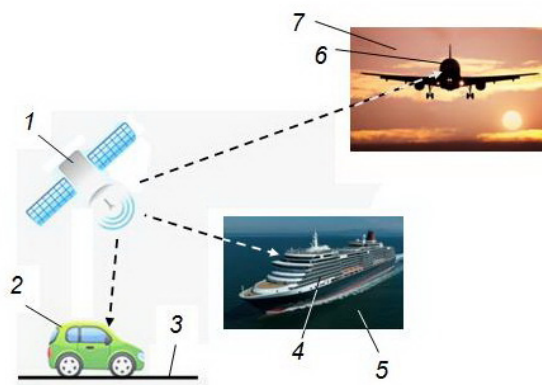
Согласно п. 74 одного нормативно-правового документа в отношении изобретений [2] и п. 53 другого нормативно-правового документа в отношении полезных моделей [3], к устройствам относятся конструкции и изделия, для характеристики которых используются определяющие их признаки, в том числе, среда, выполняющая функцию элемента.

Широко известно, например, из Википедии [4], что виртуальная реальность – это созданный техническими средствами мир, передаваемый человеку через его зрение, слух, обоняние, осязание, т.е. через его биологическую среду, причем, в реальном времени с помощью компьютерного синтеза различных свойств и реакций.

При этом все это именуется общепринятым термином «виртуальная среда». Виртуальная среда как раз и выполняет функцию элемента в различных устройствах, формирующих систему виртуальной реальности, которая более полно, по сравнению с обычными компьютерными системами, имитирует взаимодействие с виртуальной средой, путём воздействия на все пять имеющихся у человека органов чувств, в согласии с реальными законами физики.

Виртуальная среда, с учетом воздействия на биологическую среду человека, как раз и присутствует, например, в патентуемом, как полезная модель, техническом решении (рис. 1–5) с применением совокупности виртуальных объектов (виртуальной разметки, объектов дополненной реальности, цифровых карт реальности) и технических средств (приемника спутниковой систе-

мы навигации, дисплеев транспортных средств и др.). Такая полезная модель предназначена для формирования системы организации виртуальной разметки поверхности при перемещения транспортных средств.



*Рис. 1. Общая схема спутниковой системы навигации:*

- 1 – спутник; 2 – наземное транспортное средство;  
3 – дорога; 4 – водное транспортное средство;  
5 – водная поверхность; 6 – воздушное транспортное средство; 7 – воздушное пространство

На блок обработки и управления сигналами 9 (рис. 2) в такой системе поступают навигационные данные через приемник сигналов 8. Вместе с такими сигналами туда же через блок инерциальной системы 10 поступают данные с блока хранения цифровой карты 13, данные с блока беспроводной передачи данных 14.

Блок инерциальной системы 10 включает в себя вычислитель и чувствительные элементы, например, гироскопы и акселерометры [5].

На основе обработанных данных, блок обработки и управления сигналами 9 формирует сигнал для отображения виртуальных объектов дополненной реальности на дисплеях 11 (рис. 3–5),

или наземных транспортных средств 2 (рис. 3), или водных транспортных средств 4 (рис. 14), или воздушных транспортных средств 6 (рис. 5). Причем персонал, управляющий ими, может регулировать яркость, контрастность, цвет для отображения виртуальных объектов дополненной реальности.

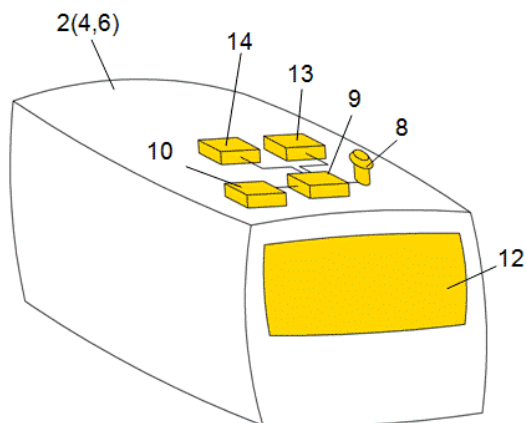


Рис. 2. Общая схема элементов системы на транспортном средстве:

2(4,6) – условно обозначенное транспортное средство; 8 – приемник сигналов от спутниковой системы навигации; 9 – блоком обработки и управления сигналами; 10 – блок инерционной системы; 12 – лобовое стекло, на котором расположен дисплей; 13 – блок хранения цифровой карты; 14 – блок беспроводной передачи данных

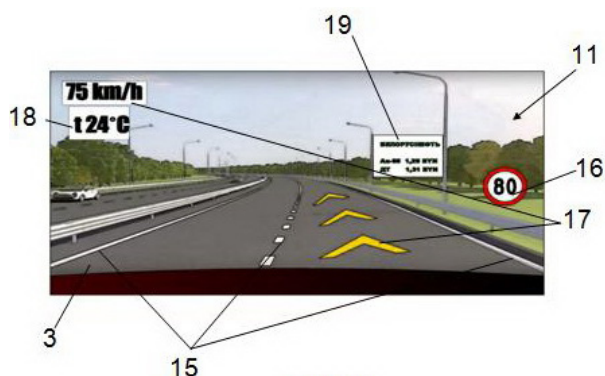


Рис.3 Схем отображения виртуальных объектов на дисплее наземного транспортного средства:

3 – дорога; 11 – дисплей на лобовом стекле; 15 – виртуальная дорожная разметка; 16 – виртуальные дорожные знаки; 17 – навигационная информация; 18 – сервисная информация; 19 – рекламная информация

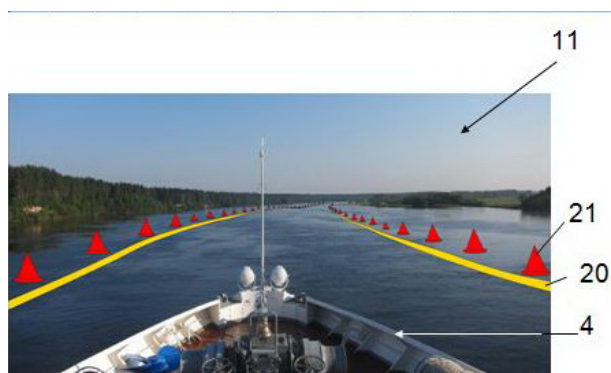


Рис. 4. Схем отображения виртуальных объектов на дисплее судна входящего в фарватер:

4 – водное транспортное средство; 11 – дисплей на лобовом стекле капитанской рубки; 20 – виртуальная линия разметки; виртуальный плавучий буй

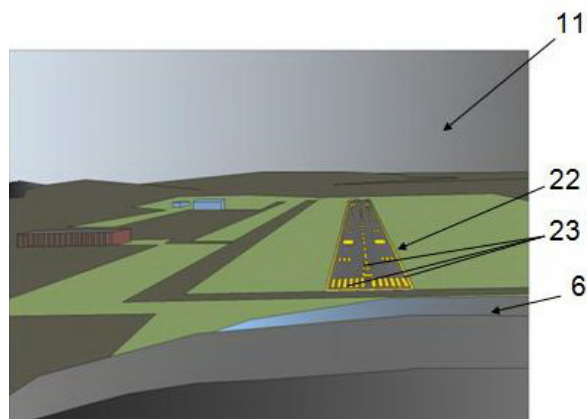


Рис. 5. Схем отображения виртуальных объектов на дисплее самолета при его приближении к взлетно-посадочной полосе:

6 – воздушное транспортное средство; 11 – дисплей на лобовом стекле кабины пилотов; 22 – вид реальной взлетно – посадочной полосы; 23 – элементы виртуальной разметки

Цифровые карты поверхности, на которых фиксируются виртуальные объекты дополненной реальности, переносимые на дисплеи 11 (рис.3–5) создаются и, впоследствии, изменяются специальными дорожными службами или специальными сервисами.

Информация в описанной глобальной системе позиционирования на цифровых картах может фиксироваться в виде геометрических параметров и координат.

В качестве спутниковой системы навигации 1 (рис. 1) может быть применена система глобального позиционирования, определяющая место-

положение во всемирной системе координат, включающая в себя группу спутников и базовые станции, например RTK [6], поправки с которых позволяют значительно повысить точность определения координат.

Данные цифровых карт поверхности с виртуальными объектами дополненной реальности обновляются в режиме реального времени при помощи беспроводных технологий передачи данных. Причем упомянутое обновление производится постоянно или же периодически.

В цифровые карты вносятся правки, вызванные изменением обстановки на поверхности для передвижения упомянутых транспортных средств, в режиме реального времени.

Такие правки могут вноситься при организации временной разметки на ремонтном участке, при организации временной разметки для обозначения ограждения препятствий.

Оформление виртуальной разметки и сопут-

ствующих ей виртуальных объектов, в виде информации в глобальной системе позиционирования, позволит обеспечить высокую точность и оперативность передачи изображений на дисплеи транспортных средств в режиме реального времени.

Применение цифровых карт поверхности в виде информации в глобальной системе позиционирования, причем, вместе с сопутствующими виртуальной разметке виртуальными объектами дополненной реальности, позволит задействовать множество виртуальных объектов. Это повысит надежность и эффективность патентуемой системы за счет не использования традиционных разметочных материалов на дорожных покрытиях, а также повысит универсальность ее применения на различных поверхностях для передвижения транспортных средств – дорожных покрытиях, водных поверхностях и в воздушном пространстве.

#### ***Источники информации***

1. Закон Республики Беларусь от 16.12.2002 № 160-3 «О патентах на изобретения, полезные модели, промышленные образцы»
2. Положение о порядке составления заявки на выдачу патента на изобретение, проведения по ней экспертизы и вынесения решения по результатам экспертизы (утверждено постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 02.02.2011 г. № 119 с последними изм. и доп. от 28.06 2018 г. № 499).
3. Положение о порядке составления заявки на выдачу патента на полезную модель, проведения по ней экспертизы и вынесения решения по результатам экспертизы и Положение о порядке проведения информационного поиска по заявке на полезную модель (утверждено постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 02.02.2011 г. № 120 с последними изм. и доп. от 28.06 2018 г. № 499).
4. Электронный ресурс [https://ru.wikipedia.org/wiki/Виртуальная\\_реальность](https://ru.wikipedia.org/wiki/Виртуальная_реальность). Дата доступа 12.09.2018.
5. Электронный ресурс – <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=14356>. Дата доступа 12.09.2018.
6. Электронный ресурс – <https://shvabe.deal.by/a25465-seti-bazovyh-stantsij.html>. Дата доступа 12.09.2018.

## АМЕРИКАНСКОЕ ОБЩЕСТВО ИНЖЕНЕРОВ-МЕХАНИКОВ



Основано в 1880 году с целью способствовать развитию искусств, науки и машиностроения.

Президент: Said Jahanmir

Основатели: Александер Лиман Холли, Генри Росситер Уортингтон, Джон Эдсон Суит, Matthias N. Forney

Сегодня ASME — это профессиональная некоммерческая организация, занятая, главным образом, решением проблем обучения в инженерной и технологической сфере. Насчитывая более 125000 представителей, ASME является одним из крупнейших в мире издателей технических стандартов, проводит около 30 международных конференций и 200 профессиональных курсов в год, выпускает книги и журналы.

### *Награды ASME*

В 1924 году была учреждена медаль Холли за значительные и уникальные достижения в инженерном деле.

В 1929 году Американское общество инженеров-механиков учредило медаль ASME — высшую научную награду за достижения в области инженерного дела. Награда присуждается каждый год и составляет \$15,000[1].

В 1957 году была учреждена медаль Тимошенко, в честь Степана Прокофьевича Тимошенко (1878-1972), русского механика, основоположника механики сплошных сред. Награда присуждается каждый год и составляет \$1,750 (а также покрывает расходы на проезд на церемонию вручения, не более \$1,750)[2].

С 1968 года ежегодно присуждается медаль Руфуса Ольденбургера за достижения в области автоматического управления.

С 1972 года ежегодно присуждается медаль Эдвина Ф. Чёрча[en] за достижения в области инженерного образования.

С 1988 года ежегодно присуждается награда Тэда Бельщко[en] (в честь Тэда Бельщко) за достижения в области инженерной механики.

С 1996 года ежегодно присуждается медаль Вагнера Т. Койтера[en] (в честь Вагнера Т. Койтера) за достижения в области механики сплошных сред. Награда присуждается каждый год и составляет \$2000 (а также покрывает расходы на проезд на церемонию вручения)[3].

С 1997 года ежегодно присуждается медаль Друкера[en] (в честь Даниэля Ч. Друкера) за достижения в области прикладной механики и машиностроения. Награда присуждается каждый год и составляет \$1000 (а также покрывает расходы на проезд на церемонию вручения)[4].

С 1998 года ежегодно присуждается награда Томаса Дж. Р. Хьюджеса[en] (в честь Томаса Дж. Р. Хьюджеса) молодым учёным (до 40 лет) за достижения в области прикладной механики.

С 2008 года ежегодно присуждается награда Томаса К. Когхи[en] (в честь Томаса К. Когхи) за достижения в области нелинейной динамики.

Совместно с другими обществами присуждает медаль Джона Фрица (с 1902 года), Вашингтонскую премию (с 1916 года), медаль Гувера (с 1930 года) и премию имени Макса Джейкоба (с 1961).

*Материал из Википедии — свободной энциклопедии*