

УДК 621.9.047

DOI: 10.12737/article_595256f198a9c5.31338189

В.П. Смоленцев, д.т.н.

(Воронежский государственный технический университет,

Воронеж, 394026, Московский пр., д. 14)

E-mail: vsmolen@inbox.ru

Инновационные технологии комбинированных методов обработки

Представлен анализ состояния научных исследований и достигнутых результатов внедрения комбинированных методов обработки изделий с использованием различных видов физико-химических воздействий, в которых хотя бы один относится к электрическим методам обработки. Приведены технологические возможности известных и новых комбинированных процессов, даны прогнозы по их эффективному применению в машиностроении.

Ключевые слова: электрические методы обработки; комбинированные методы; технология; достижения; перспективы.

V.P. Smolentsev, D. Eng.

(Voronezh State technical University, 14, Moskovsky Avenue, 394026 Voronezh)

Innovation technologies of combined machining methods

The analysis of the state of scientific investigations and the results achieved in the matter of the application of product combined machining methods with the use of various kinds of physicochemical impacts in which at least one refers to electric methods of working is presented. The technological possibilities of well-known and new combined processes are shown, the forecasts on their efficient use in mechanical engineering are given.

Keywords: electric methods of working; combined methods; technology; achievements; outlooks.

В последние годы широкое распространение получили электрические методы обработки, в том числе комбинированные процессы, где в качестве хотя бы одного воздействия используется тепловой или химический процесс, протекающий, как правило, под действием технологического тока.

Такие технологии следует относить к инновационным, так как они обеспечивают выпуск, в первую очередь, наукоемких изделий. Они позволяют изготавливать детали без силового механического контакта между электродом-инструментом и заготовкой, в том числе инструментами в форме несвязанных гранул или металлических щеток, способны обеспечивать высокую точность и качество поверхности в открытых и закрытых полостях облегченных (например, в летательных аппаратах) нежестких деталей из материалов, слабо поддающихся обработке металлическим и абразивным инструментом, а также при ограниченном доступе металлорежущего инструмен-

та в зону формообразования. Это способствует расширению области использования таких методов в различных отраслях машиностроения.

В табл. 1 приведены комбинированные методы обработки, технологические возможности которых могут использоваться, в основном, в наукоемких отраслях машиностроения. Некоторая часть этих методов известна на уровне изобретений Российских и зарубежных (главным образом японских) ученых. Уровень современных исследований позволяет проектировать перспективные инновационные технологии, востребованные в машиностроении.

Анализ табл. 1 и 2 позволяет выбрать для намеченной к обработке детали технологическую схему, рассчитать режимы обработки и проанализировать возможности использования предлагаемых комбинированных методов для наиболее эффективного достижения технологических показателей, заданных в чертеже детали.

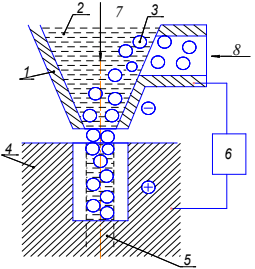
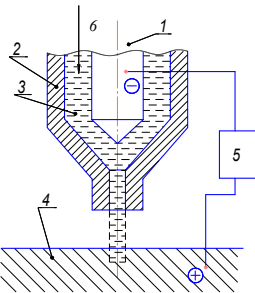
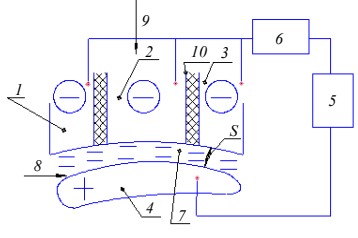
1. Комбинированные методы обработки (КМО) с наложением электрического поля [1 – 3]

КМО	Синтез известных методов	Основной вид воздействия	Основные инновационные приложения
1	2	3	4
Электроэрозионно-химический	Электроискровая обработка (ЭИСО)	Тепловое	Прошивание отверстий, полостей
	Электрохимическая размерная обработка (ЭХО)	Химическое	Маркирование сплавов с диэлектрическим покрытием
Электроабразивный	Механическое импульсное воздействие (МИВ)	Механическое силовое импульсное (МСИ)	Шлифование твердых токопроводящих материалов
	Электроконтактная обработка в жидкой среде (ЭКО)	Тепловое циклическое	Электрохимикоабразивное хонингование, притирка
Безабразивная полировка диэлектрическим притиром	ЭХО	Химическое (анодное растворение)	Отделочная обработка металлических заготовок с дополнительным электродом-инструментом и притиром из диэлектрика (например, из бука, минералокерамики)
	Механическое постоянное воздействие (МПВ)	Механическое силовое (МС) малой величины	
Электроконтактная обработка непрофилированным инструментом	ЭКО	Тепловое циклическое	Безразмерная и размерная черновая и чистовая обработка металлических заготовок (литье, штамповка и др.) электродом-щеткой
	МПВ	Механическое силовое прерывистое	
	МИВ	МСИ	
	ЭХО	Химическое	
Электрохимико-импульсно-механический	ЭХО	Химическое	Глубокое электрохимическое маркирование металлов
	МИВ	МС ударное	
Электрохимико-импульсный	ЭХО	Химическое	Разделение материалов с периодическим импульсом напряжения от внешнего источника
	ЭИСО	Тепловое импульсное	
	МИВ	МС	
	ЭКО	Тепловое циклическое	
Электроэрозионно-вибрационный	Электроэрозионное	Тепловое импульсное	Интенсивное прошивание отверстий
	Вибрация инструмента (заготовки) в направлении подачи инструмента	Механическое бесконтактное	
Электрохимико-ультразвуковой	ЭХО	Химическое	Интенсивная ЭХО при небольших размерах инструмента
	Ультразвуковые колебания (УЗК) с подачей колебаний на инструмент	Механическое бесконтактное высокочастотное	
	УЗК с подачей колебаний на рабочую среду	Механическое бесконтактное высокочастотное	Обработка глубоких отверстий малого сечения с прямой или криволинейной осью в металлических и диэлектрических прессованных материалах
Обработка несвязанными токопроводящими гранулами	ЭХО	Химическое	Чистовая безразмерная и размерная обработка труднодоступных для инструмента участков металлических заготовок
	МИВ	МСИ	
Электрохимический в управляемом магнитном поле	МИВ	МСИ	Безразмерная чистовая обработка свободным токопроводящим абразивом различных материалов
	Магнитное воздействие на токопроводящий абразивный порошок	Магнитное переменное поле	
ЭХО с управляемым вектором действия электромагнитного поля	ЭХО	Химическое	Повышение точности за счет изменения вязкости рабочей среды и поляризации
	Воздействие на параметры рабочей среды	Магнитное переменное поле	
	ЭХО	Химическое	
ЭХО с управляемым вектором действия электромагнитного поля	Электрическое поле на границе металлического шаблона	Магнитное поле	Изготовление отверстий с различным положением оси. Формирование разделительной кромки при изготовлении листовых заготовок толщиной до 1 мм
Электроэрозионное восстановление деталей с термическим упрочнением	ЭИСО	Тепловое импульсное	Восстановление изношенных токопроводящих поверхностей с нанесением покрытия толщиной до 1,5 мм без общего нагрева детали
	ЭКО	Тепловое циклическое	
	Термодиффузия	Тепловое общее	
	Покрyтия	Тепловое	
	Упрочнение поверхностного слоя	Термическое локальное	

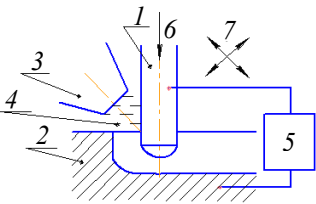
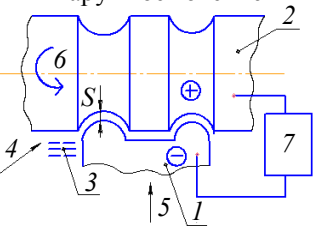
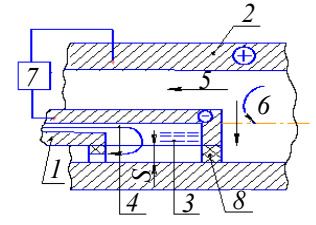
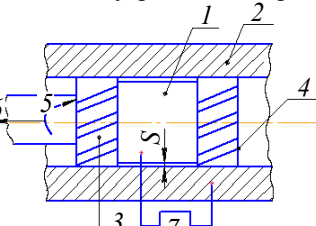
Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
Гальвано-механическое восстановление металлических деталей	Гальванопокрытие	Химическое	Восстановление изношенных токопроводящих деталей без их нагрева и последующей обработки
	Механическое	Механическое силовое циклическое	
Электроимпульсный разрядный	Высоковольтный электрический разряд	Тепловое	Очистка поверхности труб, литых деталей от окалины и загрязнений
	Ударная волна в жидкости	МСИ	
	Газообразование под загрязнением	Химическое	
	Электромагнитное	Магнитное	

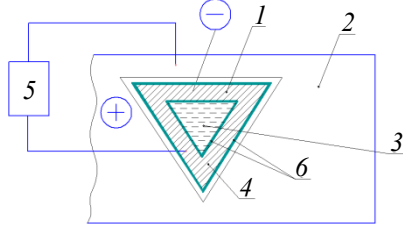
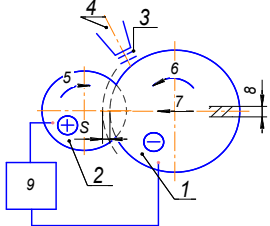
2. Технические возможности основных видов комбинированных методов обработки в машиностроении

Вид обработки	Технологические схемы ЭХО	Область преимущественного использования	Типовые объекты эффективного применения ЭХО
1	2	3	4
Обработка несвязанными гранулами	 <p>1 – сопло для подачи смеси электропроводящей жидкой рабочей среды (2) и твердых токопроводящих гранул (3); 4 – заготовка с труднодоступным для обработки отверстием (5); 6 – источник тока; 7 – подача жидкой рабочей среды; 8 – подача гранул</p>	Изготовление сложных углублений и отверстий в труднодоступных для инструмента участках деталей	Отверстия различного профиля, «облегчения» и технологические углубления преимущественно в корпусных деталях. Чистовая обработка внутренней поверхности баллонов, смесителей
Обработка струйным методом	 <p>1 – электрод-инструмент; 2 – форсунка; 3 – рабочая среда; 4 – заготовка; 5 – источник тока; 6 – подача рабочей среды</p>	Прошивка отверстий малого сечения для систем охлаждения тепловых двигателей. Вырезание контуров в листовых деталях	Турбинные лопатки, фильтры. Детали со сложным контуром
Обработка секционным инструментом	 <p>1, 2, 3 – секции электрода-инструмента; 4 – заготовка (штамповка лопатки реактивного двигателя); 5 – источник тока; 6 – коммутатор; 7 – жидкая рабочая среда; 8 – подача рабочей среды; 9 – подача секционного электрода-инструмента; 10 – диэлектрическая прокладка</p>	Обработка крупногабаритных участков деталей сложной формы	Лопатки лопаточных машин с большой хордой. Изготовление стержневых лент и других плоских и фасонных поверхностей с длинной трассой перемещения в зазоре рабочей среды

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
<p>Обработка непрофилированным стержневым инструментом (или проволокой)</p>	 <p>1 – электрод-инструмент; 2 – заготовка; 3 – сопло; 4 – рабочая среда; 5 – источник тока; 6 – подача электрода-инструмента; 7 – направления возможных перемещений электрода-инструмента</p>	<p>Формирование сложнопрофильных углублений в деталях небольших размеров</p>	<p>Гравировка, маркирование, изготовление ковочных штампов, прессформ с малой площадью обработки. Разделение листовых заготовок. «Облегчения» в деталях летательных аппаратов</p>
<p>Точение наружных и внутренних поверхностей</p>	<p>Наружное точение</p>  <p>1 – электрод-инструмент; 2 – заготовка; 3 – жидкая рабочая среда; 4 – подача рабочей среды; 5 – подача электрода-инструмента; 6 – вращение заготовки; 7 – источник тока; S – межэлектродный зазор</p>	<p>Обработка наружных поверхностей из труднообрабатываемых резанием материалов со сложной геометрией поверхности</p>	<p>Диски турбин из жаропрочных сплавов, титана. Нежесткие детали приборов, радиодеталей</p>
	<p>Расточка некруглых каналов</p>  <p>1 – электрод-инструмент; 2 – заготовка; 3 – жидкая рабочая среда; 4 – подача рабочей среды; 5 – подача электрода-инструмента; 6 – вращение заготовки; 7 – источник тока; 8 – диэлектрические прокладки; S – межэлектродный зазор</p>		<p>Длинные пустотелые валы двигателей, приводов круглого сечения. Валы переменного профиля некруглыми каналами и наружными поверхностями с ограниченным доступом инструмента в зону обработки</p>
<p>Протягивание</p>	<p>Протягивание внутренней поверхности</p>  <p>1 – электрод-инструмент; 2 – заготовка; 3 – передняя диэлектрическая направляющая; 4 – задняя диэлектрическая направляющая; 5 – подача рабочей среды; 6 – подача электрода-инструмента; 7 – источник тока</p>	<p>Обработка труднодоступных наружных и внутренних поверхностей, в том числе некруглого сечения</p>	<p>Длинномерные валы круглого сечения для приводов, трансмиссий машин. Закрытые или труднодоступны для инструмента наружные и внутренние участки валов, лонжеронов при обработке их электродами-инструментами нежесткой конструкции</p>

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
Разделение материала на штучные заготовки:		Изготовление нежестких деталей, получение заготовок из труднообрабатываемых материалов	Подрезка пружин и рессор. Заготовки из дефицитных или труднообрабатываемых материалов. По таким же схемам выполняют пазы, щели, сквозные отверстия с большой площадью сечения, фасонные отверстия
- по схеме трепанации;	 <p>1 – электрод-инструмент; 2 – заготовка; 3 – жидкая рабочая среда; 4 – деталь; 5 – источник тока; 6 – диэлектрическое покрытие</p>	Разделение труднообрабатываемых металлических материалов	Точные заготовки небольших габаритов. Обработка нежестких деталей из хрупких и вязких материалов
- разделение дисковым инструментом	 <p>1 – дисковый электрод-инструмент; 2 – заготовка; 3 – жидкая рабочая среда; 4 – насадка; 5; 6 – вращение электродов; 7 – подача электрода-инструмента; 8 – толщина диска; 9 – источник тока</p>	Разделение преимущественно круглых заготовок без образования заусенцев и острых кромок	Нежесткие металлические детали

Заключение

Приведенные в статье сведения показывают состояние и перспективные направления научных и прикладных исследований на ближайшие годы [4].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Смоленцев, Е.В. Проектирование электрических и комбинированных методов обработки. – М.: Машиностроение, 2005. – 511 с.
2. Комбинированные методы повышения качества поверхностного слоя материалов/ В.П. Смоленцев, М.В. Кондратьев, В.В. Иванов, Е.В. Смоленцев // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*. 2017. №1 (321). – С. 90 – 96.
3. Степанов, Ю.С., Бурнашов, М.А. Раскрой листовых неметаллических материалов водоледяной струей высокого давления // *Научноёмкие технологии в машиностроении*. 2014. № 8(38). С. 23–28.
4. Научноёмкие технологии в машиностроении /

А.Г. Суслов, Б.М. Базров, В.Ф. Безъязычный и др.; под ред. А.Г. Суслова. М.: Машиностроение, 2012. – 528 с.

REFERENCES

1. Smolentsev, E.V. Designing electric and combined methods of machining. – М.: *Mechanical Engineering*, 2005. – pp. 511.
2. Combined methods for quality increase in surface layer of materials/ V.P. Smolentsev, M.V. Kondratiev, V.V. Ivanov, E.V. Smolentsev // *Fundamental and Applied Problems of Techniques and Technology*. 2017. №1 (321). – pp. 90 – 96.
3. Stepanov, Yu.S., Burnashov, M.A. Sheet non-metal material cutting with water-ice high pressure jet // *Science Intensive Technologies in Mechanical Engineering*. 2014. № 8(38). pp. 23–28.
4. Science Intensive Technologies in Mechanical Engineering / A.G. Syslov, B.M. Bazrov, V.F. Bezyazychny et al.; under the editorship of A.G. Suslov. М.: *Mechanical Engineering*, 2012. – pp. 528.

Рецензент д.т.н. А.Г. Суслов