

УДК 621.9: 621.98

В. М. Я р о с л а в ц е в

РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИИ ПОИСКА НОВЫХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ И ЕЕ ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

Предложена методология разработки высокоэффективных технологий. Показаны возможности использования системного подхода для поиска и прогнозирования новых методов, способов и средств обработки. Полученные результаты позволяют рассматривать методологию, разработанную на базе современных научных представлений об энергетической общности всех технологий, их технологических моделях и физико-химических механизмах преобразования свойств материала, как ускоренный путь поиска новых направлений совершенствования любого технологического метода.

XX век ознаменовался созданием и развитием авиационной, ракетно-космической, электронной и атомной техники, автомобилестроения, химического машиностроения, оборонных отраслей промышленности. Это привело к разработке конструкционных материалов со специальными физико-механическими и химическими свойствами, удовлетворяющих условиям безотказного функционирования новой техники: высокопрочных, коррозионно-стойких, жаропрочных сталей и сплавов, тугоплавких и немагнитных металлов, композиционных, металло- и минералокерамических материалов и др. Пониженная или крайне низкая обрабатываемость таких материалов технологическими методами формообразования, составляющими основу современного производства (литье, обработка давлением, сварка, резание и т.п.), вызвала необходимость поиска путей совершенствования существующих и разработки новых технологических методов, способов, средств их обработки, способствующих обеспечению требуемых служебных свойств изделий и повышению производительности труда. В результате были созданы, освоены и внедрены в промышленность сотни новых технологий формообразования, в том числе такие принципиально новые группы методов, как электрофизические, электрохимические и комбинированные. Подобные разработки, поддерживая динамичность развития технологии машиностроения, являются для производителя одним из главных направлений решения проблем повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции, сокращения

сроков ее обновления, снижения материальных затрат, обеспечения максимального соответствия качества продукции индивидуальным требованиям потребителя.

Научной основой создания новых технологий служат:

1. Открытие и использование неизвестных ранее физических явлений, таких например, как лазерное излучение, электрическая эрозия, образование плазменной струи и других и их физико-химических механизмов энергетического воздействия на материал. На практике это привело к разработке новых высоких технологий с уникальными возможностями.

2. Непрерывное совершенствование широко применяемых в промышленности методов, способов и средств обработки в следующих направлениях: разработка технологического оборудования и устройств с расширенными функциональными возможностями; совершенствование конструкций инструментов и инструментальных материалов; улучшение технологических свойств обрабатываемых материалов; оптимизация режимных параметров и технологической среды; использование дополнительных источников энергии и др.

3. Изыскание приоритетных направлений энергетических воздействий на обрабатываемый материал в процессе обработки, познание новых, ранее неизученных или неизвестных процессов и явлений физического механизма того или иного технологического метода.

Вместе с тем, поиск и создание новых технологий носят в данный момент спонтанный характер и связаны, как правило, с работами, вызванными необходимостью решения конкретных практических задач. Большое количество наработок в области современных технологий нуждается в систематизации и создании научно-методической основы, позволяющей правильно оценить место и перспективность каждого отдельного достижения, наметить новые направления исследований.

В настоящей статье представлена методология общего подхода к поиску и прогнозированию новых технологических методов, способов и средств обработки материалов. Научной основой методологии явились представления о единстве всех технологических методов обработки с энергетической точки зрения [1], а также системный подход к их группированию с учетом принципа множественности [2, 3] возможных видов технологических воздействий для преобразования свойств заготовки. Механизм реализации методологии создания новых высокоэффективных технологий осуществляется через процедуру построения систематизации основных направлений совершенствования конкретного базового метода (литья, обработки давлением, сварки, резания, термической обработки и др.).

Возможности систематизации как информационной базы для поиска новых технологических решений определяются, прежде всего,

правильным выбором признака, на базе которого группируются все известные в настоящее время и принципиально возможные методы и средства совершенствования базового метода и устанавливается их взаимосвязь со всеми элементами обрабатывающей системы, включая параметры физико-химического механизма процесса обработки. В предложенной методологии при построении систематизации использован признак направленности технологических воздействий (“адрес” воздействия) на каждый отдельный элемент физико-технологической модели системы обработки. Это позволяет выявить неиспользованные в настоящее время резервы совершенствования базового метода или выбрать наиболее эффективный физико-химический механизм преобразования свойств материала.

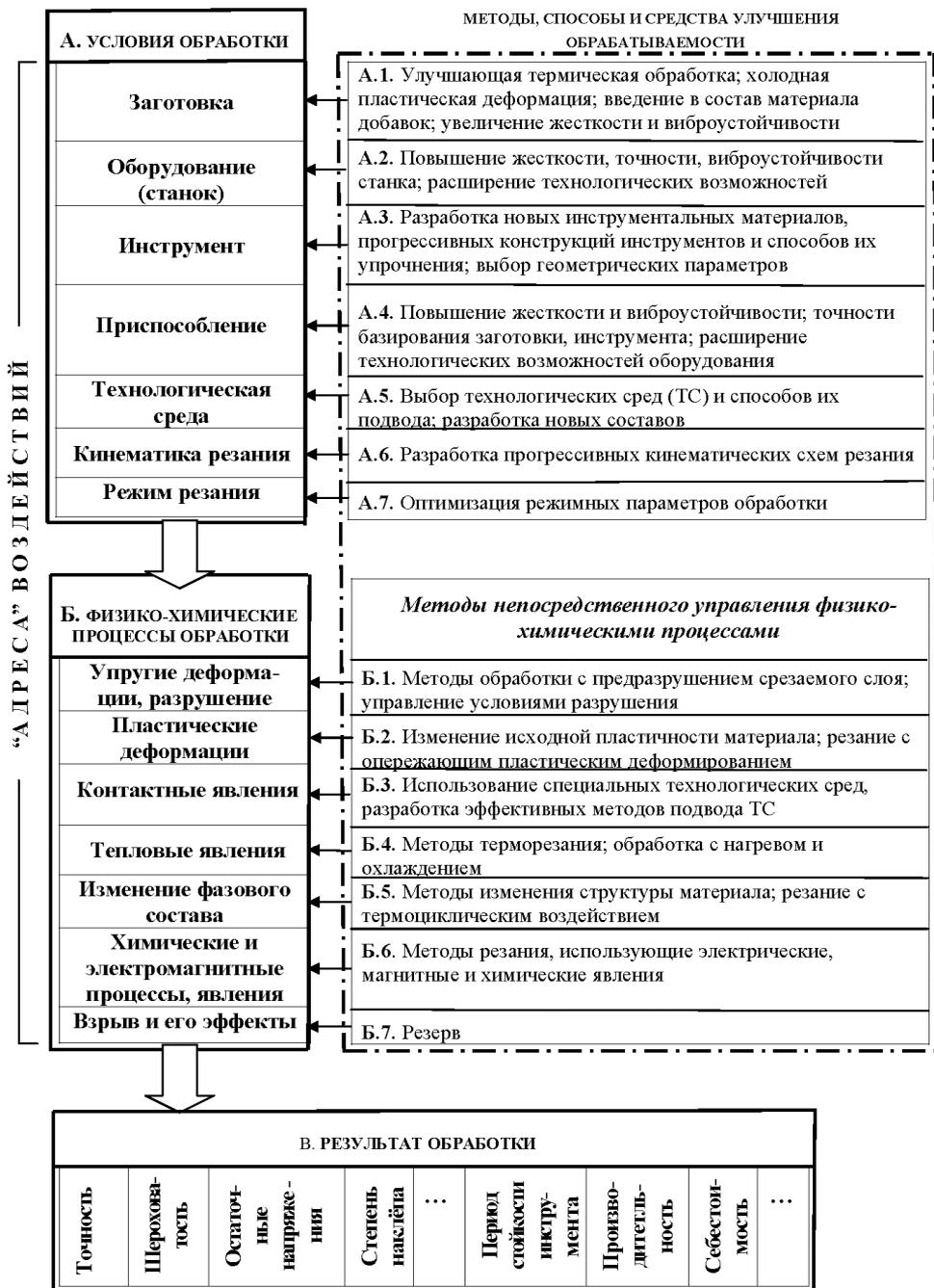
На примере метода обработки резанием рассмотрим типовой подход к построению систематизации основных направлений совершенствования любого базового метода, а также результативность ее применения.

Графическая конфигурация систематизации (рисунок) состоит из двух основных смысловых блоков: слева (по вертикали) приводится структурная схема базового метода, представляющая собой в данном случае физико-технологическую модель обработки резанием [4]; справа — методы, способы и средства повышения обрабатываемости резанием, сгруппированные по направлению их воздействия на отдельные элементы структурной схемы.

Физико-технологическая модель в общем случае включает элементы технологической системы и внешние факторы, определяющие условия обработки (блок А), физико-химические процессы и явления, возникающие в результате взаимодействия инструмента и заготовки (блок Б), и результирующие параметры обработки (блок В) (рисунок). Здесь физико-химический механизм процесса резания (блок Б) является звеном, которое связывает условия обработки, задаваемые конструктором и технологом, и результат механической обработки.

Представленная модель отражает современные научные знания о содержании метода обработки резанием и физико-химических явлениях в зоне стружкообразования. Составляющие ее структурной схемы обобщают известные на сегодня основные элементы системы обработки, включая последние исследования в этой области, и, тем самым, позволяют методически обоснованно установить и проанализировать все возможные пути воздействия на процесс резания в целях управления им.

В правой части систематизации (см. рисунок) приведены методы, способы и средства совершенствования рассматриваемого базового метода — резания, распределенные по группам А.1, . . . , Б.7. Содержание каждой из групп отражает сущность технологического мероприятия или физического механизма воздействия на отдельные элементы модели. Стрелки, направленные к разным элементам структуры



Систематизация основных направлений совершенствования процесса резания

физико-технологической модели (слева), показывают, к какой конкретной составляющей системы обработки адресовано главное, превалирующее воздействие той или иной группы средств совершенствования процесса резания.

Согласно разработанной систематизации все существующие и потенциально возможные способы и средства повышения обрабатываемости материалов резанием можно с определенным допущением разделить на два вида. К первому виду относятся способы и технологические мероприятия (А.1, . . . , А.7), направленные на совершенствование или оптимизацию условий *обработки*. Второй вид составляют методы и средства (Б.1, . . . , Б.7), оказывающие воздействие на отдельные *физико-химические параметры* непосредственно процесса резания.

Анализ содержания объединенных в отдельные группы методов и технологических мероприятий повышения обрабатываемости материалов резанием и оценка их эффективности иллюстрируются ниже примерами новых технологий и методов обработки, разработанных автором или при его непосредственном участии.

В соответствии с рисунком основными направлениями улучшения обрабатываемости резанием, связанными с совершенствованием условий обработки (блок А), являются:

А.1. Управление состоянием материала заготовки. В эту группу входят предварительная термическая обработка или введение в состав сталей и сплавов добавок серы, кальция, селена, теллура, свинца, висмута и других элементов, образующих легкоплавкие соединения низкой прочности, что обеспечивает повышение периода стойкости инструмента, снижение шероховатости поверхности, способствуют дроблению сливной стружки; а также увеличение жесткости и виброустойчивости заготовки, позволяющие повысить качество обработки, интенсифицировать режим резания.

Одним из новых направлений управления состоянием обрабатываемого материала является холодное пластическое деформирование заготовок из вязких сталей и сплавов (“нагартовка”), основой для которого послужил разработанный в МГТУ им. Н.Э. Баумана комбинированный метод обработки — резание с опережающим пластическим деформированием (ОПД) материала срезаемого слоя [5, 6]. В Японии метод резания с ОПД был реализован на стыке “прокатное производство—обработка резанием”. Оптимальная степень холодной пластической деформации [7] на последнем переходе при прокатке автоматных сталей позволила достичь существенного снижения силы резания и повышения периода стойкости режущего инструмента.

Большие трудности возникают при обработке материалов или изделий с очень низкой жесткостью, прочностью (композиционные материалы с высокой пористостью, тонкостенные корпусные детали, сотовые конструкции и др.), процесс формообразования которых методами лезвийной и абразивной обработки в их естественном состоянии часто просто невозможен. Эффективное решение этой проблемы обеспечивает метод обработки резанием с технологическим наполнителем [8], предложенный и разработанный в МГТУ им. Н.Э. Баумана. Увеличе-

ние локальной и общей жесткости и прочности конструкции заготовки достигается пропиткой ее жидкой технологической средой с последующим отверждением и механической обработкой. После завершения механической обработки технологический наполнитель удаляется.

А.2. Увеличение жесткости, точности и виброустойчивости станка, модернизация в целях расширения его технических возможностей способствуют повышению качества обработанной поверхности, позволяют интенсифицировать режим обработки. Модернизация металлорежущего оборудования может осуществляться также для реализации новых технологий обработки резанием. Примерами могут служить установка дополнительного суппорта и нагружающего устройства для осуществления метода резания с ОПД [6], использование специальных устройств для обработки с термоциклическим воздействием на материал [9] и предразрушением срезаемого слоя [8] и т.п.

А.3. Рациональный выбор геометрических параметров инструмента, разработка новых видов и марок инструментальных материалов и способов их упрочнения (например, применение цианирования, хромирования, плакирования, ионной имплантации, обработки глубоким охлаждением, электроискровой обработки, радиоактивного и светолучевого облучения) обеспечивают прочность и износостойкость режущей части инструмента. Разработка новых конструкций инструментов, повышающих их жесткость, точность и виброустойчивость, улучшает качество обработанной поверхности, увеличивает производительность обработки.

В МГТУ им. Н.Э. Баумана для интенсификации процесса резания материалов с высокими абразивными свойствами (плазменно-напыленных и др.) разработана конструкция инструмента [10] с принудительно вращающимся цилиндрическим режущим элементом. Малый диаметр лезвия (3...6 мм) обеспечивает обработку при геометрических параметрах режущей части, близких к оптимальным для данного класса материалов. Вращение режущего элемента, увеличивая активную длину режущей кромки, повышает период стойкости инструмента (до 12–15 раз), производительность обработки, точность и качество обработанной поверхности.

Специфическую проблему представляет обеспечение качества обработки многослойных гибридных композиционных материалов, состоящих из чередующихся слоев с разными свойствами. Для обработки подобных полимерных композиционных материалов (ПКМ) разработаны сверла специальной конструкции [8, 11], способные осуществлять процесс резания как при прямом, так и обратном ходе инструмента, поочередно создавая оптимальные условия обработки для каждой составляющей композита.

Поверхности изделий из ПКМ могут иметь потеки связующего, сползшие жгуты арматуры и другие аналогичные дефекты. приме-

нение контурного точения для чистовой обработки таких изделий является во многих случаях недопустимым в связи с возможностью перерезания армирующих волокон силовой оболочки. В МГТУ им. Н.Э. Баумана разработан специальный эластичный резец [8] для чистовой зачистки поверхностей изделий из ПКМ. При касании режущей кромкой резца слоев силовой оболочки возрастающая сила резания смещает режущую часть, что исключает перерезание армирующих слоев изделия, обеспечивая тем самым высокое качество обработанной поверхности.

А.4. Приспособление как вспомогательное устройство, обеспечивая необходимую жесткость, виброустойчивость или точность базирования заготовки или инструмента, позволяет максимально реализовать технические и технологические возможности применяемого оборудования и инструмента (высокую производительность, качество обработки и др.).

Специальные приспособления могут применяться также для увеличения локальной жесткости и прочности материала заготовки в зоне обработки. Так, для повышения качества и производительности обработки изделий из волокнистых ПКМ (органопластика и др.) были разработаны устройства [8] для дополнительного нагружения зоны стружкообразования в целях создания поля сжимающих напряжений. Напряжения препятствуют смещению поверхностных слоев композиционного материала под действием силы резания, исключают возможность его расслоения в зоне обработки, появления сколов и трещин.

А.5. Обоснованный выбор технологической среды (ТС) улучшает многие показатели обработки резанием. В связи с этим постоянно ведутся работы по созданию новых составов ТС (смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ), твердых смазок, газов) и исследованию их воздействия на процесс резания. Например, гигроскопичность ПКМ и отрицательное влияние жидкостей на физико-механические свойства материала затрудняют применение СОЖ при обработке их лезвийным и абразивным инструментами. Перспективным направлением совершенствования процесса обработки ПКМ представляется использование водных растворов СОЖ со специальными присадками, которые, оказывая комплексное воздействие на материал, служат средством, способствующим повышению отдельных эксплуатационных характеристик изделий [8]. Так, присадка из кремнийорганических соединений группы Si-H, взаимодействуя с материалом обработанной поверхности, придает ей водоотталкивающие свойства, способствует стабилизации показателей точности изготовления и весовых характеристик изделий из ПКМ.

А.6. Разработка новых кинематических схем резания, таких как фрезоточение, фрезострогание и фрезопротягивание, волновая лезвийная обработка, токарное и ротационное строгание, протягивание

отверстий с круговой подачей, бреющее резание, попутное точение и других, дает возможность при выполнении отдельных видов работ добиваться высокой эффективности процесса резания. Особое место занимают способы обработки резанием с регламентируемыми вибрациями и ударно-прерывистое резание, изменяющие условия взаимодействия режущего инструмента с обрабатываемым материалом. При оптимальных параметрах вынужденных колебаний [12, 13] может достигаться снижение температуры резания и, как следствие, повышение периода стойкости инструмента, производительности труда и ряда других технологических показателей.

А.7. Выбор оптимальных режимов обработки позволяет максимально использовать возможности принятой схемы резания, оборудования и оснастки с учетом заданных показателей качества изготавливаемых деталей. В отдельных случаях изменением численных значений элементов режима резания может достигаться качественное увеличение эффективности обработки, как это имеет место при применении метода широких срезов (МШС) и сверхскоростного резания, которые обеспечивают многократное повышение производительности процесса.

Метод широких срезов [8, 14] применяют для обработки изделий из стекло-, угле- и органопластиков, удельные силы резания которых (сила на единицу длины режущей кромки, Н/м) существенно меньше (в 10–60 раз), чем при обработке металлов. Это допускает для удаления припуска с заготовки использовать инструмент с длиной режущей кромки 100...300 мм и более, работающий на операции точения с поперечной подачей. Способ позволяет в 100–200 раз интенсифицировать процесс удаления припуска на обработку, радикально увеличить количество обработанных деталей до затупления инструмента, обеспечить высокое качество обработанных поверхностей.

При обработке ПКМ скорость резания ($\sim 2...5$ м/с) ограничивается, как правило, температурами термодеструкции материала (250...350 °С). Исследованиями [8], выполненными в МГТУ им. Н.Э. Баумана, установлено существование в области высоких скоростей резания (25...100 м/с) широкого интервала режимов, в котором обеспечивается высокое качество обработки. Высокоскоростное резание ПКМ является эффективным средством повышения производительности их обработки.

Мероприятия по совершенствованию и оптимизации условий обработки (блок А) являются на практике наиболее доступными, которые в большинстве случаев не вносят качественных изменений в базовую схему резания. Результат действия рассмотренных усовершенствований проявляется особенно эффективно, если они выполняются комплексно. Например, при технологической отработке процесса резания на конкретной операции принято рассматривать возможность

одновременного применения улучшающей термообработки материала (А.1), оптимизации геометрических параметров режущего инструмента (А.3), элементов режима резания (А.7) и выбора наиболее эффективной ТС (А.5).

Совершенствование технологии процесса резания путем воздействия на условия обработки (А) реализуется через изменение параметров физико-химического механизма стружкообразования (Б), который в этом случае выступает как система регулирования, связывающая исходные факторы и получаемые в итоге результирующие показатели (В).

Второй вид основных направлений улучшения обрабатываемости резанием составляют методы, способы и средства (группы Б.1, . . . , Б.7), связанные с целенаправленным, избирательным воздействием на отдельные физико-химические процессы или явления непосредственно процесса резания. Реализация этих методов основана в большинстве случаев на использовании дополнительных источников энергии различного вида или применении новых способов подвода и концентрации ее в зоне обработки.

Рассмотрим пути совершенствования технологии за счет управления физико-химическими процессами, составляющими блок Б.

Б.1. Методы обработки, основанные на прямом воздействии на упругие деформации или условия разрушения материала срезаемого слоя. Упругие деформации и разрушение (диспергирование) играют существенную роль при обработке особенно хрупких и высокопрочных материалов, определяя величину и распределение действующих контактных нагрузок на инструмент, интенсивность его изнашивания и качество обработки.

Выполненные в МГТУ им. Н.Э. Баумана исследования показали, что снижение напряженности процесса резания может быть получено путем искусственно вносимых извне повреждений срезаемого слоя в виде насечек или лунок, являющихся концентраторами напряжений в зоне резания [15]. Локализация области упругих деформаций и благоприятные условия разрушения материала в процессе стружкообразования способствуют увеличению периода стойкости режущего инструмента.

Для повышения стойкости режущего инструмента при обработке ПКМ и других композиционных материалов, отличающихся малой пластичностью, был разработан метод точения с предразрушением срезаемого слоя [8]. Предварительное деформирование материала в процессе резания дополнительным устройством вызывает частичное разрушение матрицы ПКМ, формируется развитая сетка микро- и макротрещин, что приводит к снижению его механических характеристик. Метод позволяет при точении стекло- и углепластиков повысить период стойкости режущего инструмента до 3–10 раз и более.

При лезвийной и, особенно, абразивной обработке некоторых видов волокнистых композиционных материалов в результате перерезания волокон наполнителя образуется ворс. В отдельных случаях ворсистость поверхности после механической обработки не устраняется ни одним из традиционных способов, включая чистовые и финишные методы. Для управления специфическими условиями разрушения волокнистых композитов разработан способ резания с дополнительным технологическим покрытием (ДТП) [8, 16]: образовавшийся при обработке поверхности ворс связывают, нанося твердеющее технологическое покрытие, которое затем удаляют при окончательном проходе инструмента. При выполнении операций обтачивания, растачивания, подрезания торцовых поверхностей, сверления, зенкерования, развертывания, резьбонарезания способ позволяет повысить точность обработки, снизить шероховатость поверхности, практически полностью исключает ворсистость.

Б.2. Методы непосредственного воздействия в процессе резания на характеристики пластической деформации в зоне стружкообразования. Учитывая большое влияние пластического деформирования на показатели обработки, методы этой группы представляют одно из перспективных направлений совершенствования процесса резания. Прямое управление пластическими свойствами обрабатываемого материала реализует метод резания с опережающим пластическим деформированием [5, 6], который использует дополнительное механическое воздействие на срезаемый слой. Резание с ОПД отличается широкими технологическими возможностями. Например, при точении может достигаться повышение производительности труда до 1,5 раз, увеличение периода стойкости инструмента в 2–5 раз, снижение шероховатости поверхности на 2–3 класса, повышение точности обработки и эксплуатационных характеристик изделия [6].

Б.3. Целенаправленное воздействие на контактные процессы в зоне резания оказывает влияние на многие технологические и экономические показатели обработки. Одним из основных способов управления процессами на стыке трения инструмент–заготовка является применение технологических сред (ТС), рассмотренных в пункте А.5. Следует отметить, что деление методов и средств совершенствования обработки резанием за счет применения ТС на группы А.5 и Б.3 является в значительной степени условным. В данном случае к группе Б.3 мы относим методы, при разработке которых преследовалась цель использования того или иного механизма проникания ТС на контактные поверхности и прямого их влияния на условия взаимодействия инструмента и заготовки. В настоящее время разработаны специальные ТС и способы их подвода в зону обработки, такие как струйно-напорный, резание в среде металлических расплавов, применение пенистой СОЖ, распыленных в виде тумана эмульсий или масел и др. Эффективным

способом обработки, улучшающим проникание ТС на контактные поверхности инструмента, является резание в герметически закрытой камере с подачей СОЖ под высоким статическим давлением [17]. При давлении 3... 5 МПа увеличение периода стойкости осевого инструмента может достигать 10... 12 раз, производительности — до 1,3 раза по сравнению с обычным способом подачи СОЖ — свободным поливом. Повышается качество обработанной поверхности.

Одним из способов прямого воздействия на контактные условия пары инструмент–заготовка является применение метода нанесения на инструмент электрогальванических покрытий непосредственно в процессе обработки [15]. В этом случае процесс резания осуществляется в среде электролита, через который пропускается электрический ток, при этом режущий инструмент является катодом. Анодом служат пластинки из осаждаемого на инструмент металла (медь, никель и т.п.). При прерывистом резании (фрезеровании, строгании, вибрационном сверлении и др.) за время холостого пробега лезвия инструмента на его контактных поверхностях образуется тончайший слой металла, способствующий повышению периода стойкости и снижению шероховатости поверхности.

Б.4. Повышение обрабатываемости за счет целенаправленного изменения величины и распределения температуры в зоне стружкообразования в процессе резания достигается многочисленными методами, основанными на применении дополнительного воздействия на обрабатываемый материал разных источников теплоты. К ним относятся методы резания с индуктивным нагревом ТВЧ, нагревом лазером, электродуговым, электроконтактным нагревом, нагревом в электролите, инфракрасным излучением, плазменной струей и др. Положительные результаты имеют место при таком сочетании элементов режима резания и условий нагрева, когда температурное разупрочнение обрабатываемого материала превалирует над разупрочнением рабочих поверхностей инструмента.

Дополнительным источником теплоты может служить и механическая энергия [8]. В этом случае цилиндрическая присоединительная часть сверла, зенкера, развертки или другого инструмента с небольшим натягом вводится в обработанное отверстие при одновременном вращении относительно продольной оси, что приводит к повышению температуры, пластичности связующего ПКМ и перемешиванию псевдожидкого материала с перерезанными волокнами в зоне контакта. При оптимальном соотношении величины температуры и длительности ее действия можно практически полностью исключить усадку отверстия, существенно повысить показатели качества обработанной поверхности.

Одним из новых способов повышения эффективности процесса резания является метод глубокого охлаждения заготовки или инструмен-

та (вплоть до криогенных температур). Улучшение технологических показателей в этом случае объясняется повышением интенсивности теплообмена, снижением температуры резания и изменением свойств обрабатываемого материала [8].

Б.5. Целенаправленное изменение структуры и фазового состояния обрабатываемого материала в зоне резания позволяет снижать напряженность процесса стружкообразования, управлять состоянием поверхностного слоя, повышать качество обработанной поверхности.

Необходимое для улучшения обрабатываемости изменение структуры материала обеспечивает метод резания с термоциклическим воздействием на срезаемый слой [9]. В процессе обработки на поверхность резания последовательно действуют источники высокотемпературного нагрева (например, плазменная струя) и охлаждения (СОЖ). Локальные структурные изменения происходят в слое металла, удаляемого с заготовки. При обработке углеродистых и легированных сталей с содержанием углерода более 0,3 % метод позволяет повысить до 1,5 раз производительность труда и увеличить в 2–3 раза период стойкости режущего инструмента.

Б.6. Электрические, магнитные и химические явления, сопровождающие процесс резания, при неблагоприятных условиях приводят к интенсификации износа инструмента и снижению качества поверхности. Рациональное управление этими явлениями позволяет снизить их отрицательное влияние.

К способам активного воздействия на электромагнитные явления в зоне обработки относятся метод разрыва электрической цепи путем изоляции инструмента или заготовки от станка и метод введения в зону резания дополнительного тока от внешнего источника ЭДС, который либо компенсирует термо-ЭДС силу в зоне резания, либо обеспечивает ток противоположной полярности. Указанные мероприятия позволяют исключить такие специфические процессы, как электроадгезионный, электроэрозионный и электродиффузионный виды износа, обусловленные действием ЭДС в зоне резания.

Влияние магнитного поля на процесс резания используется в методах обработки намагниченными резцами, которые в отдельных случаях позволяют снизить износ инструмента из быстрорежущей стали.

Б.7. Взрыв и взрывной характер разрушения относятся к числу новых физических явлений, которые были установлены на базе обобщения опытных данных о количественных энергетических и временных показателях протекания деформационных процессов в зоне стружкообразования [18, 19]. Наличие взрыва в микрообъемах обрабатываемого материала и сопутствующих ему эффектов (ударно-волновых процессов, кумулятивного эффекта, термопластического сдвига, динамического кручения и др.), свидетельствует о комплексном преобразующем воздействии на срезаемый слой. Вместе с тем, новые для

процесса резания явления в настоящее время практически не изучены. Зависимости, связывающие выходные показатели обработки с параметрами динамического разрушения, смогут послужить основой прямого управления факторами взрывного преобразования свойств обрабатываемого материала в зоне резания (группа Б.7), открыть путь к одному из перспективных направлений повышения эффективности данного базового метода — резанию и привести к созданию принципиально новых технологий обработки металлов. Теория взрыва при резании уже сегодня позволяет рассматривать процесс резания как новый метод исследования свойств материала в условиях высоких динамических давлений, выявляет условия сверхтекучести конденсированной среды [19].

Таким образом, совместный анализ известных и теоретически возможных вариантов решений проблемы улучшения обрабатываемости материалов резанием позволяет вскрыть неиспользованные резервы базового метода для разработки новых технологических способов и средств, реализующих его потенциальные возможности. Поиску новых средств совершенствования процесса резания в каждом конкретном случае должен предшествовать анализ причин низкой обрабатываемости материалов резанием. Это может вызвать необходимость детализации отдельных факторов, составляющих содержание тех или иных элементов структурной модели, и уточнения “адреса” воздействия. Например, “Контактные явления” (блок Б) в развернутом виде могут быть представлены позициями — адгезия, когезия, диффузия, трение, сверхтекучесть и др.

Рассмотренная систематизация не является исчерпывающей и законченной. Развитие науки о резании изменяет и уточняет представления о физико-химическом механизме метода резания, дополняет их новыми сведениями о физической природе и содержании отдельных процессов, сопровождающих механическую обработку. Это неизбежно должно отразиться на исходной структурной схеме (см. рисунок), вызвать появление ее дополнительных элементов, что позволит открыть новые пути совершенствования процесса резания, новые направления повышения обрабатываемости.

Разработанная методология, включающая структуру систематизации, логическую организацию и подходы к созданию новых методов, способов и средств совершенствования процесса резания, носит общий характер и может служить удобным рабочим инструментом для оперативного поиска высокоэффективных технологических решений практических задач для разных технологий (литья, обработки давлением, сварки, прессования из порошка, термической обработки и др.). В этом случае содержание и наполнение структурной схемы (см. рисунок), которая обеспечивает наглядность и быстрый доступ к взаимосвязям всех составляющих ее элементов, конкретизируются с учетом

специфики рассматриваемого конкретного метода обработки или особенностей его разновидностей.

Подобная степень обобщения позволяет рассматривать предложенную методологию как один из элементов формирующейся в настоящее время общей науки технологии, призванной объединить цели, подходы и методы, обеспечивающие оптимальные решения общих технологических задач для любых технологических переделов или их комбинаций, представляющих собой сегодня разные научные направления технологии машиностроения. Энергетическая концепция, положенная в основу методологии, дает возможность к любому технологическому процессу подходить как к единому комбинированному методу обработки [1], содержащему последовательность разнесенных во времени дозированных энергетических воздействий, присущих разным технологическим методам. Поэтому, на практике применение новых методов обработки или совершенствование любой операции, отражаясь на текущих свойствах заготовки, режимных и технологических параметрах последующих операций, изменяют, по существу, технологический процесс в целом. Одновременное вложение комплекса энергий с разными характеристиками, как это имеет место в комбинированных методах обработки, позволяет удовлетворять сразу большему числу требований чертежа, изменяет структуру технологического процесса, обеспечивает переход к малооперационным технологическим процессам. По совмещению во времени, концентрации разных или одного вида энергий в зоне обработки и получаемым результатам комбинированные методы обработки можно считать прообразами новых технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ярославцев В. М. Базовые положения общности технологических методов обработки // Материалы 7-го Всерос. совещания-семинара “Инженерно-физические проблемы новой техники”. Москва, 20–22 мая 2003. – М., 2003. – С. 185–186.
2. Александров П. С. Введение в общую теорию множеств и функций. – М.–Л.: Гостехиздат, 1948. – 314 с.
3. Киселев Г. А. Переналаживаемые технологические процессы в машиностроении. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 272 с.
4. Ярославцев В. М., Ярославцева Н. А. Прогнозирование и реализация параметров качества изделия при реновации // Методы менеджмента качества. – 2000. – № 5. – С. 41–44.
5. А.с. № 407648 СССР. Способ обработки резанием с опережающим пластическим деформированием / В.М. Ярославцев // Б.И. – 1974. – № 47.
6. Ярославцев В. М. Точение с опережающим пластическим деформированием. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1991. – 38 с.
7. Abe yama Shozo, Kumura Atsuyoshi, Nakamura Sada yuki. Influence of Cold Working on Machinebility. – Denki-Seiko, Elec. Funace Steel, 1980, vol. 51, n. 3, p. 188–194.

8. Ярославцев В. М. Технологические решения проблем обработки ракетных и аэрокосмических конструкций из композиционных материалов // Вестник МГТУ им. Н.Э.Баумана. Сер. "Машиностроение". Спец. выпуск "Композиционные материалы, конструкции и технологии". – 2005. – С. 41–62.
9. А.с. № 419319 СССР. Способ обработки металлов резанием / В.М. Ярославцев // Б.И. – 1974. – № 10.
10. Ярославцев В. М. Размерная обработка износостойких и термоэрозийноустойчивых покрытий. Ч. 3. Пути улучшения обрабатываемости резанием и применение комбинированных методов обработки // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2003. – № 12. – С. 30–35.
11. А.с. № 1657394 СССР. Сверло для обработки композиционных материалов / В.М. Ярославцев, А.Ю. Гусенко, В.Н. Цуканов, А.Н. Мирсков, О.И. Гуськова // Б.И. – 1991. – № 23.
12. Подурьев В. Н., Ярославцев В. М. Стойкость инструмента при прерывистом резании // Станки и инструмент. – 1969. – № 10. – С. 25–28.
13. Подурьев В. Н., Суворов А. А., Ярославцев В. М. Нарезание резьбы в нержавеющей и жаропрочных сталях вибрационным и ударно-импульсным методами // Вестник машиностроения. – 1965. – № 10. – С. 63–66.
14. А.с. № 1734955 СССР. Способ обработки материалов резанием / В.М. Ярославцев, М.М. Михайлов, А.Н. Мирсков, А.Ю. Гусенко, В.Н. Цуканов // Б.И. – 1992. – № 19.
15. Интенсификация процессов обработки резанием труднообрабатываемых материалов и пути ее реализации в условиях гибких автоматизированных производств / В.М. Ярославцев, В.И. Валиков, Г.Н. Громов и др. // В кн.: Современные направления развития и совершенствования прогрессивных технологий. – М.: ЦНИИ информации, 1985. – С. 91–107.
16. А.с. № 839711 СССР. Способ обработки композиционных материалов / В.М. Ярославцев, М.В. Буланова // Б.И. – 1981. – № 23.
17. А.с. № 416161 СССР. Способ обработки материалов резанием / В.М. Ярославцев, В.В. Сабельников // Б.И. – 1974. – № 7.
18. Ярославцев В. М. Новое о процессе резания // Вестник МГТУ. Сер. "Машиностроение". – 2000. – № 4. – С. 32–46.
19. Ярославцев В. М. Взрыв и сверхтекучесть при обработке металлов резанием // Материалы 6-го Всерос. совещания-семинара "Инженерно-физические проблемы новой техники". Москва, 16–18 мая 2001. – М., 2001. – С. 65–66.

Статья поступила в редакцию 1.06.2006

Виктор Михайлович Ярославцев родился в 1937 г., окончил в 1960 г. МВТУ им. Н.Э.Баумана Д-р техн. наук, профессор кафедры "Технологии обработки материалов" МГТУ им. Н.Э.Баумана, академик РАКЦ. Автор более 250 научных работ в области теории резания, технологии производства летательных аппаратов, обработки композиционных и труднообрабатываемых материалов.

V.M. Yaroslavtsev (b. 1937) graduated from the Bauman Moscow Higher Technical School in 1960. D. Sc. (Eng.), professor of "Technologies of Treatment of Materials" department of the Bauman Moscow State Technical University. Author of more than 250 publications in the field of theory of cutting, procedures of production of flying vehicles, treatment of composites and hard-treated materials.

