

А.Я. Мовшович¹, В.Н. Остапчук²

*¹ГП “Харьковский научно-исследовательский институт
технологии машиностроения”*

²Южная железная дорога, Харьков

ТЕНДЕНЦИИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ

В статье определены основные технологические направления при получении деталей двигателей и методы их обработки.

рынок, высокие технологии, интенсификация, новые материалы, нанесение покрытий, детонационно-газовый метод.

Современное производство изделий двигателестроения характеризуется как гибкое рыночно-ориентированное. При этом рынок определяет требования не только к конечному продукту, но и к его производству практически на всех этапах разработки и освоения.

В ускорении научно – технического прогресса двигателестроения определяющим является комплексное рассмотрение и оптимизация потоков материалов, исключение расточительных затрат ресурсов любого вида, применение высоких технологий, широкая автоматизация производства на базе вычислительной техники, минимизация расходов при эксплуатации готовой продукции.

Среди вопросов, требующих исследования, разработки и интенсивного решения опережающими темпами, первоочередными являются следующие:

– создание быстро перестраиваемых комплексов различного технологического назначения, оснащенных автоматизированной и механизированной технологической оснасткой второго поколения;

– широкое применение систем автоматизированного проектирования, технологической подготовки производства и интегральных систем управления производством;

– применение принципиально новых видов материалов, обладающих по сравнению с традиционными материалами высокими физико-механическими свойствами, устойчивостью к износу и изменению геометрической формы;

– создание и совершенствование промышленной технологии и оборудования для получения широкой номенклатуры высокопрочных, коррозионно-стойких, жаростойких композиционных покрытий на основе вакуумно-плазменного и детонационно-газового методов;

– широкое применение при конструировании и применении технологической оснастки композиционных материалов и пластических масс, способных заменить черные и цветные металлы и сплавы, существенно улучшить эксплуатационные свойства, качество и долговечность оснастки;

– внедрение ресурсосберегающих высокоэффективных технологических процессов, в том числе литья под высоким и низким давлением, с противодавлением, малодеформационной упрочняющей термической обработки;

– создание новых видов металлообрабатывающего оборудования с электрофизическими принципами обработки металлов, обеспечивающего повышенный в десятки раз съем металла и безотходность процесса;

– дальнейшая разработка и внедрение технологии формообразования деталей из труднообрабатываемых материалов;

– применение диффузионной сварки, принципиальное расширение сферы применения таких прогрессивных технологий, как гранульная и порошковая металлургия, широкое использование композиционных и неметаллических материалов, новых видов штамповки, детонационного напыления, электронно-лучевой, вакуумно-плазменной и лазерной обработки, средств автоматизации в конструировании, технологии производства и контроля.

– разработка технологии и оборудования с применением высоких давлений и вакуума для формирования [1] и калибровки изделий сложной формы, синтеза инструмента.

Все перечисленные выше направления должны решаться уже на стадии разработки проективных технологий с последующей их реализацией в ра-

бочих технологических процессах.

Размерная обработка является определяющей в цепочке технологических пределов, так как она в основном обеспечивает реализацию замысла конструктора по созданию деталей с заданными служебными свойствами. Кроме этого совершенствование технологии размерной обработки, на долю которой приходится не менее 40% общей трудоемкости изготовления машин (около 80% их деталей подвергаются размерной обработке), определяет технический прогресс в машиностроении.

Развитие обработки резанием связаны с ее интенсификацией за счет новейших и синтеза существующих методов обработки. Основная тенденция – смещение технологических показателей в размерной обработке в направлении более высокой степени точности и качества в результате изменения соотношения отдельных видов обработки. Уменьшается объем токарной обработки за счет внедрения абразивной обработки, увеличивается доля прецизионного шлифования и, напротив, внедрения лезвийной обработки сверхтвердыми материалами может вытеснить абразивную обработку.

В то же время, лезвийная обработка будет использовать методы сверхскоростного резания, позволяющего повысить скорости и подачи в несколько раз по сравнению с существующими на сегодняшний день. Так, например, для фрезерования до 100 м/с.

Соответственно, новый уровень финишной обработки, может быть достигнут на основе развития триботехнологии. Триботехнология финишной обработки обеспечивает создание практически безизносных пар трения за счет комбинированного воздействия алмазноабразивного, деформирующего и антифрикционного инструмента, обеспечивающего управления как геометрическими, так и физико-химическими параметрами поверхности. При этом обеспечивается повышение ресурса пар трения в 3-10 раз.

Применение плазменно-механической обработки, обеспечивающей повышение производительности в 1,2-10 раз и стойкости режущего инструмента в 2-5 раз.

При обработке ювенильных (сверх гладких и сверхчистых) поверхностей деталей с субмикронной точностью применяются методы нанотехнологии, базирующейся на принципиально новых физико-химических про-

цессах размерной обработки, обеспечивающих шероховатость в тысячных долях мкм.

В области технологической оснащённости перспективы технического совершенствования автоматизированных производств требуют создания гибких средств технологического оснащения. Материальной базой в данном случае является система переналаживаемой технологической оснастки (ПТО).

В рабочих технологических процессах, наряду с высокопроизводительным, многооперационным оборудованием и быстродействующей технологической оснасткой, особое внимания заслуживают вопросы механизации слесарных ручных операций, в т.ч. доводочных, путем применения автоматов, автоматизированных многошпиндельных станков для завертывания крепежных деталей, пневматического и электрического механизированного инструмента, применения электроэрозионной и электрохимической обработки в местах пересечения каналов в корпусах, снятия фасок при изготовлении шестерен и др.

При изготовлении прецизионных деталей дизельной топливной аппаратуры и гидравлики следует шире использовать процессы шлифования на высокоточных круглошлифовальных станках не только на предварительных, но и на оригинальных операциях при обработке сопрягаемых поверхностей.

Как показала практика, при этом обеспечивается размерная точность обработки до 0,001 мм, точность формы обрабатываемой поверхности в поперечном сечении составляет 0,0005 мм, а в продольном – до 0,001 мм в пределах R_a от 0,063 до 0,08.

Метод тонкого шлифования позволяет использовать его в место доводочных операций. Совместная практика при сборке деталей прецизионных пар заменяется комплектным шлифованием детали – вала по размеру ряд трудоемких ручных операций.

Одним из путей повышения производительности при механической обработке является широкое применение в производстве глубинного шлифования, более эффективного, если обработка лезвийным инструментом, особенно при изготовлении деталей из жаропрочных сплавов, коррозионноустойчивых высоколегированных и инструментальных сталей [2]. Как по-

казали исследования, применение глубинного шлифования позволяет:

- в 2-5 раз повысить производительность труда;
- исключить фрезерные операции, а, следовательно, расходы на дорогостоящий твердосплавный, быстрорежущий инструмент;
- снизить потери от брака.

Применение при этом устройств непрерывной правки шлифовального круга и станков с ГПУ позволяет расширить многостаночное обслуживание и встраивать станки в поточные и автоматические линии.

Рассматривая перспективы теории размерной обработки, следует считать, что их теоретическими основами являются последние достижения фундаментальных наук, которые дают возможность применять при изготовлении двигателей все многообразие физико-механических явлений; особенно эффективны разработки по созданию калибровочных методов обработки, использующих последовательное или одновременное воздействие ряда механических, электрических, магнитных процессов. В конструктивном плане развитие двигателе строения идет в направлении повышения мощности и экономичности силовых установок при сохранение или снижении их массогабаритных показателей.

Основные пути совершенствования дизельных двигателей связаны с применением газотурбинного наддува и теплоизоляционных материалов и покрытий для снижения теплотерь и более эффективного использования энергии топлива.

Очевидно, что для обеспечения ресурса и показателей надежности обуславливают рост требований к применяемым в двигателе строения материалам, и стимулирует разработку металлических сплавов, металлокерамики и покрытий с заданными свойствами.

Кроме специфических отдельных свойств, определяемых особенностями конструктивного решения деталей, новые конструкционные материалы должны удовлетворять следующим общим требованиям, в том числе с позиций их совместной работы с традиционными материалами:

- высоки теплоизоляционные свойства;
- сравнительно высокий коэффициент линейного расширения (приближающийся к значению этого параметра у металла сопряженных деталей);

- высокая теплостойкость;
- достаточная прочность;

В настоящее время разработана гамма новых материалов, которые по гамме свойств могут быть использованы как для замены традиционно применяемых, так и в качестве альтернативных, повышающих ТЭП.

К ним относятся:

- жаростойкий, жаропрочный сплав аустенитного класса, содержащий в 2 раза меньше никеля, чем сплава с аналогичным уровнем свойств и практически не включающих дорогих элементов: вольфрама, молибдена, кобальта и др. Его жаростойкость – 100.000 часов при $T = 1300\text{ }^{\circ}\text{C}$, а жаропрочность – $4,0 - 5,3\text{ кг/мм}^2$ при $T = 1250\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- супержаростойкий материал для работы при температуре $T = 1400\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение длительного времени (100.000 часов);
- супержаростойкая сталь с низким содержанием никеля (в 3 раза ниже стали-аналога), способная работать под нагрузкой при температурах до $1350\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- сверхжаростойкий материал для работы при температуре $T=1400^{\circ}\text{C}$ в течение длительного времени (1000 часов);
- новый в 3 раза более легкий, чем сталь, жаростойкий и жаропрочный карбоборид легких сплавов с фибровым наполнителем (и без него), по прочности близок к алюминиевым сплавам, с низкой теплопроводностью (в 5 раз ниже, чем у алюминиевых сплавов);
- композиционный материал сверх жаростойкий, сверхлегкий, мало теплопроводный с фибровым наполнителем (и без него);
- карбидостали сверхжаростойкие и жаропрочные.

Перечисленные выше материалы целесообразно использовать для особо напряженных узлов и деталей двигателей (рабочих колес, поршней, жаропрочных накладок, коллекторов и др.), работающих в условиях высоких температур, высокоциклического теплового и механического нагружения.

Обычно эти материалы характеризуются трудной обрабатываемостью лезвийным инструментом.

В связи с этим, для эффективной обработки трудно обрабатываемых материалов разработан ряд покрытий для режущих инструментов приме-

нительно к определенным группам жаропрочных и высоколегированных сталей и сплавов.

Эффективные покрытия:

– для жаропрочных деформируемых сплавов и высоколегированных сталей – композиционное покрытие нитридов титан-хром (Ti/CrN), состоящее из 30% хрома и 70% титана (по массе);

– для хромистых нержавеющей и хромо-никелиевых сталей и сплавов композиционное покрытие нитридов цирконий-гафний (Zr/Hf.N), состоящее из 80% циркония и 20% гафния (по массе);

– для титановых сплавов – нитрид циркония (ZrN).

Нанесение этих покрытий на режущий инструмент позволяет увеличить его стойкость в 1,6 – 2 раза.

Путем реализации предложенных решений предусматривается радикально повысить технический и технологический уровень производства двигателей, существенно повысить их надежность и долговечность, снизить металлоемкость и трудоемкость изготовления технологической оснастки, сократить сроки подготовки производства, создать технологические задачи для разработки техники нового поколения.

Литература

1. Мовшович А.Я., Буденный М.М. Основные тенденции развития высоких технологий в машиностроении // Вестник национального технического университета «ХПИ». – Х.: НТУ "ХПИ", 2001. – Вып. 11. – С. 3-13.

2. Горелик В.М., Жилин Я.К. Состояние и основные направления развития и совершенствования технологии двигателе строения // Вопросы оборонной техники. – 1988. – Вып. 8 (204). – С. 3-5.

3. Мовшович А.Я., Кобзев А.С. Выбор средств технологического оснащения для много инструментальных станков и ГПС // Вопросы оборонной техники. – 1988. – Вып. 8 (204). – С. 5-7.

Поступила в редакцию 10.06.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.К. Борисевич, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского “ХАИ”, Харьков.