

change (less than 20%) in its effectiveness. According to the scientific standards proposed by Natan [4] our P*Si*-based SERS substrate appears to be homogeneous and stable materials.

We carried out a series of experiments on the estimation of detection limit, defined as the minimum concentration of the analyte compound which can be detected using the given method. SERS spectra were measured for a row of Ag-P*Si* samples on which rhodamine 6G molecules were adsorbed over a 2 h period from solutions with different concentrations. The solutions were prepared by successive dilution, starting from the initial, most concentrated solution (1×10^{-6} M). As can be seen from Fig. 3 good quality SERS signals for rhodamine 6G can be observed with concentrations as low as 100 pM. Upon a further decrease of the concentration the signal / noise ratio was practically too low to be exploitable. Upon further decrease in the concentration, we observed only the background signal. A detection limit of such an order of magnitude was also achieved when using CuT*Mpy*P4 as the analyte. We should point out that such sensitivity of Ag-P*Si* substrates we prepared according to the optimized procedure is rather high. For comparison, the detection limit of rhodamine 6G on P*Si* substrates silver-coated by thermal decomposition of silver [5] is two orders of magnitude worse.

Also we studied by SERS the chlorin e_6 , which is known as photosensitizer for the cancer treatment. During the treatment of oncological diseases by PDT, accumulation of the photosensitizer not only occurs in tumors, but also in other organs and tissues. Therefore, it is important to be able to monitor the photosensitizer concentration after a PDT treatment in order to minimize the damage to the organism. The bands of Ce_6 can be identified in SERS spectra for samples soaked in analyte solutions at concentrations down to 1 pM. Thus, SERS-active substrates Ag-P*Si* are promising for the detection of trace amounts of Ce_6 , that makes them possible to be used for the control of the photosensitizer concentration.

As a result of optimization of the procedure for the formation of nanostructured silver films on the surface of mesoporous silicon we have prepared substrates having a high level of enhancement of about 10^8 times for the SERS signal. The data obtained demonstrate the detection limit for the tetrapyrrolic compounds of $1 \cdot 10^{-10}$ – 10^{-12} M. Thus SERS-active substrates based on silvered porous materials are promising for detection and study of complex organic compounds.

[1] Moskovits, M. Surface-enhanced spectroscopy / M. Moskovits // *Rev. Mod. Phys.* – 1985. – Vol. 57. – P. 783–826.

[2] Single-molecule. Detection using Surface-enhanced Raman scattering (SERS) / K. Kneipp [et al.] // *Phys. Rev. Lett.* – 1997. – Vol. 78. – P. 1667–1670.

[3] Surface-enhanced Raman scattering from silver-plated porous silicon / H. Lin [et al.] // *J. Phys. Chem. B.* – 2004. – Vol. 108. – P. 11654–11659.

[4] Natan, M. J. Concluding remarks-Surface enhanced Raman scattering / M. J. Natan // *Faraday Discuss.* – 2006. – Vol. 132. – P. 321–328.

[5] Surface-Enhanced Raman Scattering of small Molecules from Silver-coated Silicon nanopores / S. Chan [et al.] // *Adv. Mater.* – 2003. – Vol. 15. – P. 1595–1598.

ЛИСТОВОЙ РАСКРОЙ И СБОРКА ПОТОКАМИ ЭНЕРГИИ ПО ТЕХНОЛОГИИ ПОСЛОЙНОГО СИНТЕЗА ИЗДЕЛИЙ

Бородавко В.И., Гайко В.А., Крутько В.С., Хейфец М. Л.

ГНПО «Центр» НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь, E-mail: mlk-z@mail.ru

Изготовление масштабных макетов, легко разрушаемых прототипов и заготовок деталей машин из композиционных материалов с рабочими поверхностями сложного

профиля «прямым выращиванием» без использования дорогостоящей формообразующей оснастки, сокращая стадии технологической подготовки производства, наилучшим образом удовлетворяет требованию снижения материальных и трудовых затрат.

Традиционные технологии «прямого выращивания» деталей реализуются в основном для определенных материалов и формируют плоские непротяженные поверхностные слои. Перспективным представляется использование новых конструкционных материалов, в том числе композиционных, слоистых, с формируемым градиентом свойств. В результате требуется применение новых технологий создания слоев и сборки изделий, использующих различные источники энергии. Это в свою очередь ставит задачи распределения потоков энергии не только по заданному контуру или поверхности, но по глубине и плотности распределения, а также по форме импульса энергии в целом.

Изучение методов получения деталей машин без формообразующей оснастки, определение областей рационального применения синтезируемых изделий позволили классифицировать процессы оперативного макетирования и производства и выделить *три основных направления развития* методов послойного синтеза изделий, связанные с применением: 1) концентрированных потоков энергии в качестве источников формообразования; 2) различных видов и форм материалов заготовки; 3) распределения потоков энергии по поверхности и глубине обрабатываемого объекта.

В результате при проектировании технологии послойного синтеза применяются как методы получения деталей из конструкционных материалов, использующие концентрированные потоки энергии, так и методы автоматизации и управления процессами оперативного макетирования и производства изделий.

Различия методов автоматизации и управления процессами послойного синтеза изделий определяются применяемыми рабочими органами установок для обработки, транспортировки и контроля изделий. Для технологий, использующих концентрированные потоки энергии, алгоритмы построения изделия зависят от рабочего цикла процесса, последующей сборки и окончательной обработки изделий.

Анализ с позиций использования концентрированных потоков энергии в качестве источников формообразования (*первое направление развития*) особенностей традиционных методов получения деталей машин без формообразующей оснастки стереолитографией (Stereolithography Application – SLA), селективным лазерным спеканием (Selective Laser Sintering – SLS), послойной заливкой экструдированным расплавом (Fused Deposition Modeling – FDM), послойным формированием моделей из листового материала (Laminated Object Manufacturing – LOM) и другими процессами позволил рассмотреть частные и выделить общие принципы построения различных методов технологии послойного синтеза.

Для повышения качества поверхности формируемого изделия и снижения длительности процессов макетирования и производства (SLA, SLS, FDM, LOM и др.) с позиций видов и форм заготовок применяемых материалов (*второе направление развития*) рассмотрено рациональное разбиение на слои, с учетом оценки качества поверхности, зависящей от формы изделия. Анализ разбиения в различных методах послойного синтеза обеспечивает выбор наиболее рациональных процессов макетирования и производства конкретного изделия.

Расчет общего количества слоев позволяет оценить эффективность процесса, выбираемого для послойного синтеза изделия заданной формы одним из предлагаемых методов (SLA, SLS, FDM, LOM и др.). Верификация модели послойного синтеза дает возможность проверить удовлетворение требований к геометрическим параметрам качества сложнопрофильных поверхностей, заложенных в компьютерную модель изделия. Регулирование толщины слоя и угла «разделки» его кромок позволяет управлять геометрическими параметрами качества сложнопрофильной поверхности и вносить корректировки в начальный выбор метода оперативного макетирования и производства.

Проверка сцепления слоев изделия в ряде случаев требует, помимо определения площади их перекрытия, также анализа рельефа плоской или сложнопрофильной поверхности.

Анализ достижимости точности формирования поверхностей с позиций влияния плотности мощности применяемых концентрированных потоков энергии (*третье направление развития*) позволяет рекомендовать ряд источников энергии для использования в раскройном оборудовании.

Практически непрерывный ряд по плотности мощности обеспечивают следующие технологические источники: газовое пламя и плазменная дуга; сварочная дуга и искровые разряды; непрерывный и импульсно-периодический лазеры. Особый интерес вызывают потоки абразивных частиц, реализующие при взаимодействии высоконапорной струи с поверхностью процессы аналогичные изнашиванию и выкрашиванию при интенсивном трении и преработке.

Это обусловило, в зависимости от решаемых задач, достаточно активное применение в раскройном оборудовании: газопламенных, плазменных, электроискровых (эрозионных), лазерных источников энергии (рис.1). Альтернативу этим источникам в большом диапазоне плотности мощности для широкого круга задач могут обеспечить гидроабразивные потоки высокоскоростной водной струи.



Рисунок 1 – Использование концентрированных потоков энергии в раскройном оборудовании.

В Национальной академии наук Беларуси НПО «Центр» спроектированы и выпускаются автоматизированные комплексы плазменной резки. Комплексы позволяют вести обработку в воздушной среде, а также в водной среде (рис. 2) для снижения размеров зоны термического влияния возле реза. Комплексы предназначены для использования на предприятиях различного профиля деятельности, требующих высокоточного раскроя листовых материалов.

Перспективой развития раскройного оборудования, согласно достигаемой точности для определенной толщины материала (см. рис.1), в зависимости от плотности мощности источников энергии, является дооснащение комплексов плазменной резки лазерными источниками, что существенно повысит производительность, обеспечивая высокую точность обработки на широком диапазоне толщин листовых материалов.

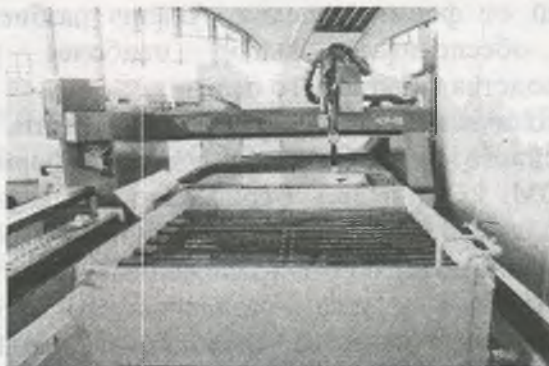


Рисунок 2 – Автоматизированный комплекс плазменной резки КПП-02.

Новая разработка НПО «Центр» - автоматизированный комплекс гидроабразивной резки. Освоенный на производстве автоматизированный комплекс предназначен для фигурного и линейного раскроя листовых материалов с помощью водной струи высокого давления с добавлением абразива.

Последними разработками научно-производственного республиканского унитарного предприятия НПО «Центр» являются 5-ти координатные порталные манипуляторы, обеспечивающие резку под углом криволинейных поверхностей поворотными головками (рис. 3).

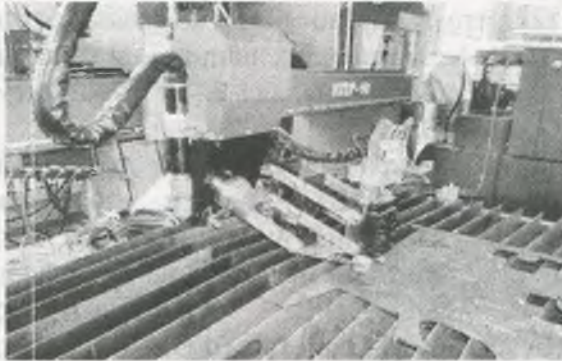


Рисунок 3 – Система резки под углом криволинейных поверхностей плазменной головкой

Это позволяет проводить разделку и подготовку кромок перед сварочными операциями, существенно расширяет технологические возможности комплексов при обработке толстолистовых заготовок и в соответствии с рассмотренными схемами послойного разбиения и синтеза объектов, обеспечивает переход к широкому применению «прямого выращивания» путем листового раскроя и сборки изделий.

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТОГО НИКЕЛЯ

Самигуллина А.А.¹, Назаров А.А.¹, Мулюков Р.Р.¹, Царенко Ю.В.², Рубаник В.В.²

¹Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, Уфа, Россия,
asiya_nazarova@mail.ru

²Институт технической акустики НАН Беларуси, Витебск, Беларусь,
ita@vitebsk.by

Ультразвук активно воздействует на микроструктуру поликристалла, взаимодействуя с дефектами кристаллической решетки. В работах, посвященных компьютерному моделированию воздействия ультразвуковых колебаний на дефектную структуру металлов, показано, что ультразвук способствует увеличению подвижности дислокационных ансамблей [1], самоорганизации дислокационных ансамблей и приведению дислокаций в них к устойчивым конфигурациям [2], поперечному скольжению [3], увеличению плотности вакансий [4] и т.д. В результате изменяются и макросвойства материала, что подтверждает ряд экспериментальных данных [5-8]. Важным экспериментальным результатом является увеличение термической стабильности УМЗ никеля, подвергнутого ИПД кручением, под действием УЗО [9]. Исследование было проведено для плоских образцов, имеющих диаметр не более 1 см. Снижение внутренних напряжений, наблюдавшееся в работе, обычно способствует и изменению механических свойств. Поэтому представляет интерес провести подобные исследования для объемных