

разработан способ шлифования металлическим кругом, рабочая поверхность которого непрерывно восстанавливается в процессе шлифования путем формирования микронеровностей электроискровым нанесением частиц металлического порошка. При этом на круг накладываются ультразвуковые колебания [1, 2].

Способ обоснован теоретическими и экспериментальными исследованиями процесса микрорезания металлическим индентором, со-

вершающим ультразвуковые колебания с амплитудой 2-10 мкм и частотой 22-44 кГц [3]. Установлено, что при помощи ультразвукового микрорезания формируется микрорельеф с повторяющейся морфологией, поддающейся точному расчету. На основе анализа схемы движения получено выражение, определяющее среднюю площадь среза при движении индентора, колеблющегося в плоскости обработки перпендикулярно направлению движения:

$$F_m = \frac{2}{3} \left[ 3,215(2R_3^{-0,14})h^{0,54} + 2A_n + \sqrt{10,33(2R_3^{-0,28})h^{1,08} - \left(\frac{V}{120f}10^6\right)^2} \right] h,$$

где  $A_n$  и  $f$  – амплитуда и частота ультразвуковых колебаний,  $V_u$  – скорость движения индентора,  $R_3$  – радиус при вершине индентора,  $h$  – глубина статического внедрения индентора.

Согласно данному выражению при малых глубинах внедрения инструмента, характерных для шлифовальных процессов, наблюдается существенная зависимость производительности и качества обработки, определяемых размерами и рельефом царапины, от параметров ультразвука. Это подтверждается результатами экспериментов по статическому внедрению индентора и микрорезанию различных конструкционных материалов единичными микронеровностями на малых и больших скоростях. При наложении ультразвуковых колебаний на индентор и скорости резания  $V = 0,05-1$  м/мин глубина царапин возрастает от 1,5 до 8 раз, а ширина – от 1,2 до 8 раз. Площадь царапины возрастает от 2 до 25 раз. При росте амплитуды колебаний увеличивается глубина, ширина и площадь царапин. Сопротивление разрушению поверхностных слоев при ультразвуковом микрорезании по сравнению с обычным снижается в 5-18 раз. Оптимальная амплитуда колебаний при микрорезании вязких материалов на малых скоростях находится в пределах  $A = 4-5$  мкм. В процессе микрорезания на высоких скоростях  $V = 10$  м/с эффект применения ультразвука несколько снижается. Предложенный способ [1] обеспечивает уменьшение нагрева деталей в 1,3-1,8 раза по сравнению с обычным шлифованием, точность обработки до 7 квалитета, шероховатость до  $R_a = 0,016$  мкм. Износостойкость обработанных поверхностей повышается в сравнении с обычным шлифованием в 1,8–2,5 раза.

#### Список литературы

1. Способ механической обработки деталей резанием: патент РФ № 2404884 от 27.11.2010 / Н.В. Бекренев, В.М. Фирсов, Б.М. Бржозовский, А.В. Алилуев.
2. Электроразрядное формирование абразивоподобного покрытия металлического шлифовального инструмента / Н.В. Бекренев, В.М. Фирсов, С.Н. Барабанов, А.А. Караваев, В.Н. Гамалеев // Технология металлов. – 2009. – № 2. – С. 46-49.
3. Бекренев Н.В. Исследование особенностей шлифования труднообрабатываемых материалов инструментом с режущими микронеровностями путем ультразвукового микрорезания / Н.В. Бекренев, А.П. Петровский, В.М. Фирсов // Вестник СГТУ. – 2010. – №3 (48). – С. 33-37.

#### ПЛАЗМЕННАЯ ОБРАБОТКА АВТОКЛАВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

<sup>1</sup>Бессмертный В.С., <sup>1</sup>Ляшко А.А.,  
<sup>1</sup>Панасенко В.А., <sup>1</sup>Долуденко А.А.,  
<sup>1</sup>Антропова И.А., <sup>2</sup>Ильина И.А.

<sup>1</sup>Белгородский университет кооперации,  
экономики и права, Белгород;

<sup>2</sup>Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, Белгород,  
e-mail: v.s.bessm@mail.ru

Решение национального проекта «Доступное жилье» требует строительных материалов с высокими эстетико-потребительскими свойствами. Защитно-декоративные покрытия на лицевой поверхности автоклавных материалов позволяют не только повысить их эстетические показатели но и обеспечить достаточно высокие показатели долговечности за счет получения беспористого лицевого слоя.

В настоящее время существует ряд способов глазурирования автоклавных стеновых материалов с использованием в качестве источника энергии экранных печей, газоплазменного факела, луча лазера.

Оплавление лицевой поверхности силикатного кирпича электродуговым плазмотроном вызывает дегидратацию поверхностного слоя силикатного кирпича и низкую прочность сцепления глазурного слоя с основой.

С целью повышения прочности сцепления оплавленного слоя с основой нами разработана технология, позволяющая минимизировать последствия термоудара при локальном высокотемпературном воздействии за счет устранения процессов дегидратации в поверхностном слое силикатного кирпича.

В разработанной технологии плазменную обработку лицевой поверхности силикатного кирпича предлагается производить до автоклавной обработки.

В процессе плазменной обработки вследствие высокой температуры плазменного факела (порядка 8000–9000 К) на поверхности силикатного кирпича образуется глазурный слой толщиной 150–300 мм цвета «морской волны».

В промежуточном поверхностном слое изделия под действием высоких температур происходит дегидратация компонентов с образованием свободного оксида кальция. В процессе последующей автоклавной обработки происходит взаимодействие оксида кальция с оксидом кремния с образованием силиката кальция. В результате химического взаимодействия образуется монокристаллический материал с высокой прочностью сцепления глазурного слоя с основой без микротрещин в поверхностном слое.

Плазменную обработку производили плазменной горелкой ГН-5р электродугового плазмотрона УПУ-8 при мощности 15 кВт и расходе плазмообразующего газа – аргона – 2,0 м<sup>3</sup>/ч.

Прочность сцепления глазурного слоя с основой составляла 4,3 МПа, морозостойкость – более 40 циклов замораживания–оттаивания. Глазурное покрытие обладало высокими эстетическими свойствами. Разработанная технология рекомендуется к широкому промышленному внедрению.

### АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ УЧЕБНОГО ПЛАНА ВУЗА НА ОСНОВЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Воробьева Н.А., Носков С.И.

*Иркутский государственный университет путей  
сообщения, Иркутск, e-mail: is041@inbox.ru*

Активное внедрение в вузы федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (далее – ФГОС ВПО) обуславливает необходимость приведения образовательного процесса в соответствие новым требованиям. В этой связи особенно актуальной становится традиционно важная задача обеспечения надлежащего качества формирования учебного плана – документа, являющегося основой образовательной программы. По сути учебный план представляет

$$\sigma_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й элемент выполняется в } j\text{-м семестре, т.е. } y_{ij} \neq 0 \\ 0, & \text{если } i\text{-й элемент не выполняется в } j\text{-м семестре, т.е. } y_{ij} = 0 \end{cases}$$

$z_{ABl} = 1$  – «штраф» за нарушение междисциплинарной связи между  $A$  и  $B$  в семестре  $l$ .

Трудоемкость освоения образовательной программы за учебный год равна

$$\sum_{j=1+p(l-1)}^{p-1} \sum_{i=1}^n y_{ij} = f, \quad l = \overline{1, r}. \quad (1)$$

Трудоемкость  $A$ -го элемента изменяется в установленных пределах:

$$x = (y_{1p}, \dots, y_{1e}, y_{21}, \dots, y_{2e}, \dots, y_{n1}, \dots, y_{ne}, \sigma_{11}, \dots, \sigma_{1e}, \sigma_{21}, \dots, \sigma_{2e}, \dots, \sigma_{n1}, \dots, \sigma_{ne}). \quad (4)$$

Оптимальным считается решение задачи  $x^*$ , при котором

$$L = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^e \sigma_{ij} \rightarrow \min. \quad (5)$$

собой таблицу, разработанную для каждого направления подготовки, в которой отражена трудоемкость каждого элемента (дисциплины, вида практики и так далее) с разбивкой по семестрам и видам занятий, а также форма контроля в каждом семестре.

Поскольку формирование учебного плана требует учета множества ограничений (требования ФГОС ВПО, содержательные требования к порядку изучения дисциплин (междисциплинарные связи)), то многие исследователи рекомендуют использование методов математического моделирования. Авторами предложен алгоритм формирования учебного плана на основе решения задачи целочисленного линейного программирования, где вектор неизвестных – целочисленные трудоемкости каждого элемента образовательной программы в разрезе семестров, ограничения – требования к учебному плану, целевая функция – выбранный критерий оптимальности. В качестве критерия оптимальности предложена минимизация числа семестров, отводимых под освоение каждого элемента. Если формирование такой последовательности с учетом всех ограничений невозможно, минимизируется суммарное число нарушений междисциплинарных связей.

Введем следующие обозначения:

$r$  – нормативный срок освоения образовательной программы, лет;

$p$  – число семестров в учебном году в вузе, единиц;

$e = pr$  – общее число семестров, отводимое под освоение образовательной программы, единиц;

$f$  – трудоемкость образовательной программы в учебном году, зачетных единиц;

$n$  – число всех видов элементов, единиц;

$(d_{\min}^i; d_{\max}^i)$  – соответственно нижняя и верхняя границы трудоемкости  $i$ -го элемента, ;

$y_{ij}$  – трудоемкость  $i$ -го элемента в  $j$ -м семестре,  $i = \overline{1, n}, j = \overline{1, e}$ ;

$\sigma_{ij}$  – признак выполнения элемента:

$$d_{\min}^A \leq \sum_{j=1}^e y_{ij} \leq d_{\max}^A. \quad (2)$$

Если в соответствии с заданной междисциплинарной связью изучение  $B$ -й дисциплины может начинаться одновременно с изучением  $A$ -й дисциплины, то

$$\sigma_{Bj} - \sum_{l=1}^j \sigma_{Al} \leq 0, \quad j = \overline{1, e}. \quad (3)$$

Вектор неизвестных записывается как

Если соблюдение ограничений (1) – (3) невозможно, то (3) заменяется на

$$\sigma_{Bj} - \sum_{l=1}^j \sigma_{Al} - z_{ABj} \leq 0, \quad j = \overline{1, p \cdot r}. \quad (6)$$