

АЛМАЗНОЕ ХОНИНГОВАНИЕ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ, МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО ЦИКЛА

Аль Джани Рафик, Голубов Н.В. (каф. ТМ, ДонНТУ, Украина)

Хонингование, как финишная операция, снижает отклонения формы и повышает размерную точность, уменьшает параметр шероховатости поверхности, сохраняет микротвердость и структуру поверхностного слоя, увеличивает несущую поверхность и остаточные сжимающие напряжения [1].

Наибольшая эффективность достигается алмазным хонингованием. Износ алмазно-металлических брусков по сравнению с абразивными уменьшается в 150 - 250 раз, благодаря чему упрощается наладка и стабилизируется качество обработки. Хонингованием обрабатывают детали из стали, чугуна и цветных металлов, преимущественно отверстия (сквозные и глухие, с гладкой и прерывистой поверхностью, цилиндрические и конические). При хонинговании в резании одновременно участвует большое число абразивных зерен, в результате чего обеспечиваются высокая производительность, низкие давление и температура в зоне резания (50-150°C) и, как следствие, сохранение исходной структуры поверхностного слоя. Бруски работают в условиях самозатачивания и не требуют правки. Число режущих брусков в хонинговальной головке выбирают максимальным. Наиболее эффективно снижает отклонения формы хонинговальная головка с четным числом (8, 6, 4, 2) диаметрально расположенных брусков по окружности. В этом случае бруски работают попарно, шток радиальной подачи брусков разгружается от одностороннего действия радиальных сил, отжимающих хонинговальную головку [1].

Длину l брусков выбирают в зависимости от длины L обрабатываемого отверстия. Меньшие отклонения формы отверстия достигаются при $l = (0,5 - 0,75)L$.

Для обработки коротких деталей с точностью 6-8-го качества при $L < d$ допускаемая длина абразивных брусков равна $(1,0-1,2)L$. Длина выхода брусков соответствует примерно $0,33l$. От длины выхода бруска из отверстия зависит отклонение от цилиндричности отверстия. Если отверстие до хонингования имеет форму конуса, необходимо увеличить выход брусков до $0,5l$ со стороны меньшего диаметра и соответственно уменьшить длину выхода брусков с противоположной стороны.

При наличии седлообразности отверстия детали выход брусков следует уменьшить до $0,14-0,25 l$. В случае бочкообразности отверстия выход брусков необходимо увеличить до $0,5-0,75l$. Окончательную длину выхода брусков уточняют в процессе наладки в зависимости от характера и отклонений формы отверстия до хонингования, качества брусков и других технологических условий. Ширину брусков выбирают с учетом числа одновременно работающих брусков в хонинговальной головке. Отношение режущей поверхности брусков к обрабатываемой поверхности отверстия должно быть равно $0,5-0,6$ при хонинговании гладких отверстий и $0,8-1,0$ при хонинговании шлицевых отверстий. Для деталей малой жесткости это отношение выбирают минимальным.

Скорость возвратно-поступательного движения хонинговальной головки на предварительных операциях для обеспечения наибольшей производительности выбирают максимально возможной. У хонинговальных станков эти скорости обычно не превышают $v_l = 15-20$ м/мин, на чистовых операциях хонингования скорость v_l должна быть на 20-50% меньше, чем на предварительных. Скорость вращения хонинговальной

головки v выбирают исходя из следующих соотношений: $v/v_I = 2-4$ при хонинговании стали и $v/v_I = 3-5$ при хонинговании чугуна [2].

Производительность хонингования с увеличением скорости возвратно поступательного движения v_I повышается. С увеличением v производительность вначале повышается, а затем при достижении некоторого критического значения снижается. Производительность хонингования интенсивно растет с увеличением удельного давления брусков на обрабатываемую поверхность. Однако для каждой характеристики брусков как абразивных, так и алмазных существует предельное давление, выше которого вести обработку не рекомендуется. При работе алмазными брусками превышение предельного давления приводит к их интенсивному засаливанию.

На предварительных операциях удельное давление брусков на обрабатываемую поверхность обычно находится в пределах $p = 0,98-1,3$ МПа, а на окончательных $p = 0,3-0,8$ МПа. Для снижения шероховатости поверхности следует принимать меньшие удельные давления брусков, а при больших припусках на обработку удельные давления должны быть повышены до предельных значений. Заданные давления можно поддерживать дозированной радиальной подачей брусков $v_{ок}$ от 0,1 до 3 мкм/дв. ход. [2]

Конечная точность формы обрабатываемого отверстия, качество и производительность обработки существенно зависят от того, насколько правильно и рационально построен рабочий цикл хонингования. В частности, вариации давления хонинговальных брусков в течение рабочего цикла позволяют целенаправленно изменять показатели конечной точности обработки, качества и производительности операции хонингования. Поиск оптимальной структуры рабочего цикла хонингования может выполняться экспериментально или на основе построения и исследования математической модели процесса хонингования. Последний путь является наиболее прогрессивным, особенно в условиях применения современной вычислительной техники.

Под оптимальной структурой рабочих циклов хонингования понимается закон изменения регулируемой составляющей режима хонингования (например, давления хонинговальных брусков) во времени цикла обработки одной детали. В частности, в качестве критерия оптимальности структуры рабочего цикла может служить критерий условных работ $A_{усл}$, представляющий собой [3]

$$A_{усл} = \int_0^t p(t)dt \rightarrow \min .$$

Необходимость оценки эффективности цикла хонингования с переменным давлением хонинговальных брусков по тому или иному критерию обусловлена многовариантностью структур рабочих циклов, обеспечивающих требуемые условия ведения процесса.

Задачу оптимизации цикла хонингования на основе принятой модели целесообразно разделить на два этапа. Первый этап заключается в выборе рациональных параметров процесса хонингования в целом. Выбираются характеристики инструмента, величины пробега хонинговальных брусков, значения неизменных в течение цикла обработки окружной скорости $v_{ок}$, скорости возвратно-

поступательного движения v_{en} , давления p , состав СОЖ в зависимости от конкретных технологических требований.

Второй этап оптимизации параметров цикла хонингования заключается в выборе таких значений давления брусков на каждой ступени цикла, которые обеспечили бы дальнейшее улучшение технологических показателей обработки. Эффективность такой оптимизации зависит от правильности построения математической модели формирования технологических показателей хонингования в течение рабочего цикла.

Рассмотрим некоторые виды математических моделей процесса обработки, методы их исследования и области практического применения.

Наиболее простой является математическая модель хонингования на основе простых степенных зависимостей.

Функции износа инструмента (хонинговальных брусков) I , а также металлоудаления Q для n -ступенчатого цикла можно представить в виде [3].

$$I_{\Sigma} = k_1 \frac{2L}{\sin \alpha} \sum_{i=1}^n N_i p_i^{\gamma_1};$$

$$Q_{\Sigma} = k \frac{2L}{\sin \alpha} \sum_{i=1}^n N_i p_i^{\gamma_2}.$$

где $2L$ – длина рабочего хода хонинговального бруска; N – число двойных ходов; l – длина хода проходного зерном за N двойных ходов; k и k_1 – коэффициенты; γ и γ_1 – показатели степени; α – угол, который определяется из зависимости

$$\alpha = \operatorname{tg} \frac{v_{en}}{v_{ок}}.$$

Наличие уравнений приведенных выше уравнений I и Q позволяет поставить две задачи и дать их математическое описание.

1. Задача повышения размерной стойкости инструмента без снижения производительности. Эта задача может быть при больших затратах инструмента на обработке тех или иных деталей с постоянным давлением p_o за N_o двойных ходов. Математическая модель задачи:

$$\Phi_u = \frac{\sum_{i=1}^n N_i p_i^{\gamma_1}}{N_o p_o^{\gamma_1}} \rightarrow \min;$$

$$\Phi_Q = \frac{\sum_{i=1}^n N_i p_i^{\gamma_2}}{N_o p_o^{\gamma_2}} = 1.$$

2. Задача повышения производительности процесса без снижения размерной стойкости инструмента. Она, в частности, может возникнуть для случаев, когда необходимо снимать повышенные припуски. Математическая модель задачи записывается в следующем виде:

$$\Phi_u=1$$

$$\Phi_Q \rightarrow \max.$$

Возможно построение математической модели процесса хонингования на основе логарифмических функций. Данная математическая модель является более универсальной в связи с тем, что связывает одновременно показатели съема металла, износа инструмента, а также функции ξ , принимающей либо значение показателя шероховатости Ra , либо значение показателя точности геометрической формы обрабатываемой поверхности. Выбор вида функции ξ зависит от конкретных условий задачи.

Математическую модель процесса хонингования можно представить в виде системы алгебраических уравнений, описывающих важнейшие показатели процесса:

$$y_u = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3 + a_{12} x_1 x_2 + a_{23} x_2 x_3 + a_{13} x_1 x_3 + a_{123} x_1 x_2 x_3 ;$$

$$y_Q = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{12} x_1 x_2 + b_{23} x_2 x_3 + b_{13} x_1 x_3 + b_{123} x_1 x_2 x_3 ;$$

$$y_{Ra} = c_0 + c_1 x_1 + c_2 x_2 + c_3 x_3 + c_{12} x_1 x_2 + c_{23} x_2 x_3 + c_{13} x_1 x_3 + c_{123} x_1 x_2 x_3 .$$

где $y_u = \ln I$, $y_Q = \ln Q$, $y_{Ra} = Ra$, $x_1 = \ln p$, $x_2 = \ln N$, $x_3 = \ln \xi$; a , b_i , c_i - коэффициенты при независимых переменных; N - число двойных ходов (или число в цикле ступеней с равной длительностью) [3].

Эта математическая модель позволяет определять параметры ступенчатых циклов хонингования. Такие циклы при большом числе ступеней с малой длительностью могут быть аппроксимированы в бесступенчатые.

На основе рассматриваемой математической модели процесса хонингования могут решаться следующие задачи оптимизации структуры рабочего цикла.

1. Повышение производительности обработки при жестком требовании к показателю ξ точности геометрической формы обрабатываемого отверстия или шероховатости обрабатываемой поверхности.

2. Улучшение показателя ξ при жестком требовании к величине снимаемого припуска.

3. Повышение стойкости хонинговальных брусков при жестком требовании к производительности обработки.

4. Снижение технологической себестоимости обработки при жестком требовании к точности геометрической формы обрабатываемого отверстия [3].

Список литературы: 1. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1 /Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова.— 4-е изд., перераб. и доп.— М.: Машиностроение, 1986. 656 с. 2. Абразивная и алмазная обработка материалов. Справочник. Под ред. д-ра техн. наук проф. А. Н. Резникова. М., «Машиностроение», 1977. 391 с. 3. Прогрессивные методы хонингования /С. И. Куликов, Ф.Ф. Ризванов, В.А. Романчук, С.В. Ковалевский. - М.: Машиностроение, 1983. 135 с.

ВЫБОР ГЕОМЕТРИИ ЗАТОЧКИ ИНСТРУМЕНТА ПРИ РУЧНОМ ГРАВИРОВАНИИ ИЗДЕЛИЙ

Бутенко В.И., Моисеенко П.С. (кафедра механики ТТИ ЮФУ,
г. Таганрог, Россия)

Гравирование изделий является распространенной операцией художественной обработки материалов. Качество граверных работ во многом достигается правильностью выбора геометрии режущего инструмента. Технологические операции при выполнении ручной гравировки представляют собой процесс снятия металла режущим инструментом. В связи с этим процесс резания при гравировании имеет как общие черты с процессом механической обработки на металлорежущих станках, так и определенные особенности.

На основе классических представлений теории резания металлов была разработана математическая модель процесса резания при гравировании. При этом сам процесс резания делился на два этапа:

1 – врезание, когда усилие резания направлено вдоль оси резца (рис. 1); 2 – прорезка, когда усилие резки направлено параллельно поверхности гравировуемой детали (рис. 2).

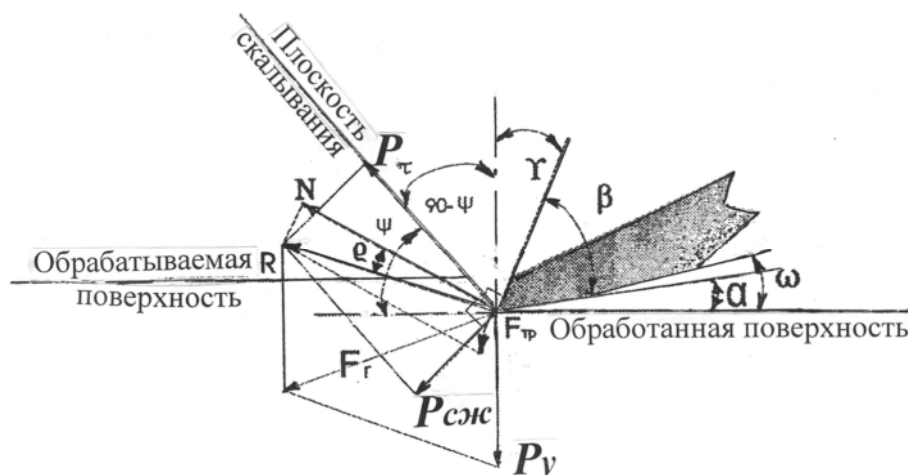


Рис. 1. Действие сил на резец при его врезании

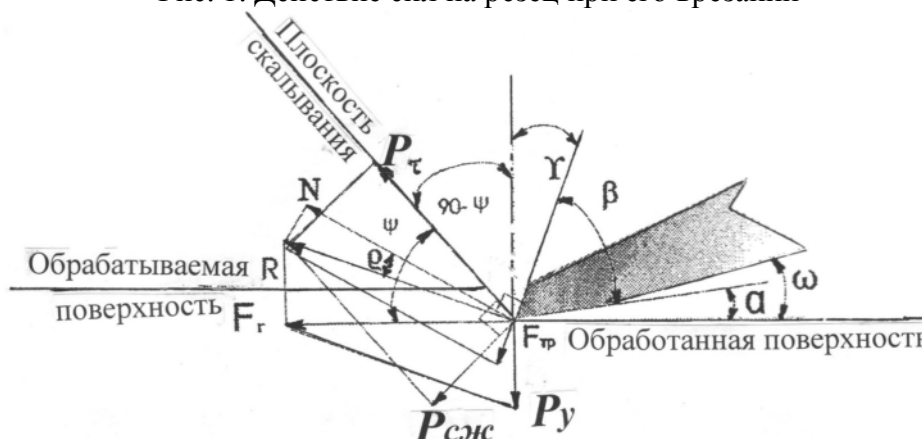


Рис. 2. Действие сил на резец при прорезке материала

Из условия равновесия сил (рис. 1, 2) усилие, действующее на элемент стружки со стороны передней поверхности резца, определяется как

$$R = P_r / (A \cdot (\sin(\omega + \beta) + f \cdot \cos(\omega + \beta)) + B \cdot (\cos(\omega + \beta) - f \cdot \sin(\omega + \beta))), \quad (1)$$

где $A = \cos \psi$ и $B = \sin \psi$

$$P_r = \frac{\tau \cdot S}{\sin \psi}; \quad (2)$$

здесь τ – предел текучести материала при сдвиге (Па);

S – площадь поперечного сечения снимаемого металла (мм²);

ψ – угол скалывания (град.).

Если сила F_r направлена вдоль резца, то

$$F_r = R \cdot \frac{\sin(\beta + \omega) + f \cdot \cos(\beta + \omega)}{\cos \omega}. \quad (3)$$

а сила P_y , действующая на обработанную поверхность, определяется как

$$P_y = R \cdot (\cos(\omega + \beta) + f \cdot \sin(\omega + \beta)); \quad (4)$$

откуда

$$P_y = R \cdot (\cos(\omega + \beta) - f \cdot \sin(\omega + \beta)) + R \cdot \sin \omega \cdot (\sin(\omega + \beta) + f \cdot \cos(\omega + \beta)). \quad (5)$$

Если F_r направлена параллельно поверхности, тогда усилие резания F_r определится как

$$F_r = R \cdot (\sin(\omega + \beta) + f \cdot \cos(\omega + \beta)). \quad (6)$$

При этом передний угол γ при обработке граверным инструментом зависит от угла заострения β и угла наклона резца ω :

$$\gamma = 90^\circ - (\beta + \omega). \quad (7)$$

Полученные независимости (3) – (7) можно использовать для влияния углов β и ω потому, что эти величины определяются и варьируются самим гравером: β – получается при заточке граверного инструмента; ω – варьируется положением руки гравера при прорезке.

На рис. 3, 4 приведены экспериментальные зависимости P_y и F_r от угла заострения β и наклона резца ω , из анализа которых следует, что при уменьшении угла заострения β уменьшается сила резания F_r , как при резании, так и при прорезке канавки. Влияние угла заострения на величину силы, действующей на обработанную поверхность P_y , несколько различно при врезании и прорезке. При врезании с уменьшением угла заострения β величина P_y становится более стабильной при изменении угла наклона резца ω . При прорезке с уменьшением угла β возрастает усилие P_y , что при определенных условиях может привести к затягиванию резца в материал. В то же время с увеличением угла β усилие P_y может принять отрицательное значение, что соответствует эффекту выталкивания резца.

Минимальный радиус при гравировании завитков орнамента определяется из условия размещения треугольника сечения режущей части резца плоскостью «Б – Б», совпадающей с поверхностью гравированной детали, с криволинейной частью канавки (рис. 5). При этом с уменьшением заднего угла α будет увеличиваться высота χ сечения, это ограничивает нижний предел радиуса гравирования.

Выполненные исследования показали, что оптимальные параметры геометрии заточки инструмента позволяют повысить качество прорезки при создании художественных композиций на поверхности гравированных изделий и улучшить их эстетическое восприятие.

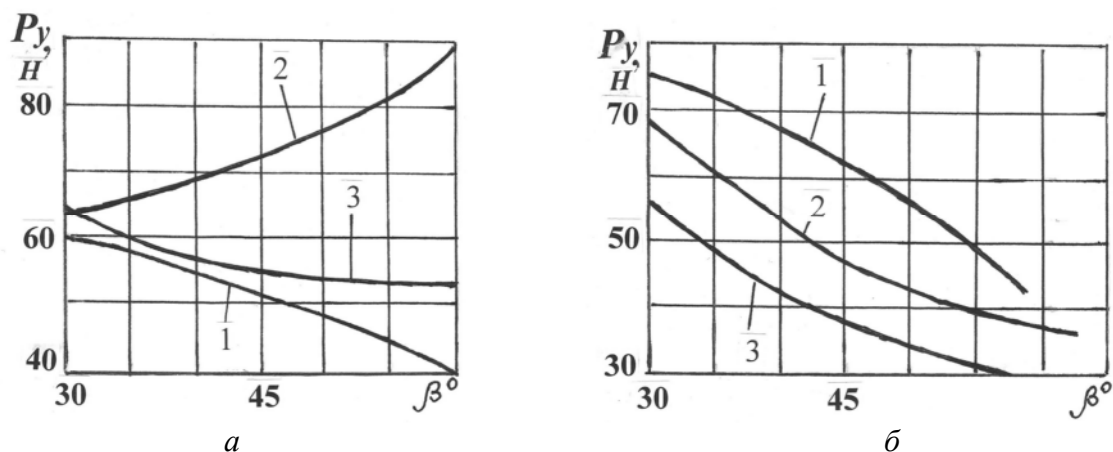


Рис. 3. Влияние угла заострения β на усилие P_y при 1 – $\omega = 10^\circ$; 2 – $\omega = 20^\circ$; 3 – $\omega = 30^\circ$; а – при врезании; б – при прорезке

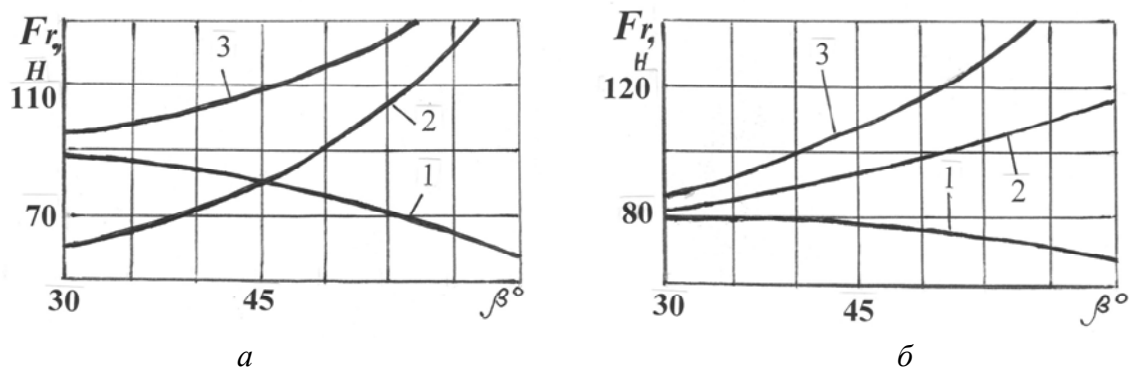
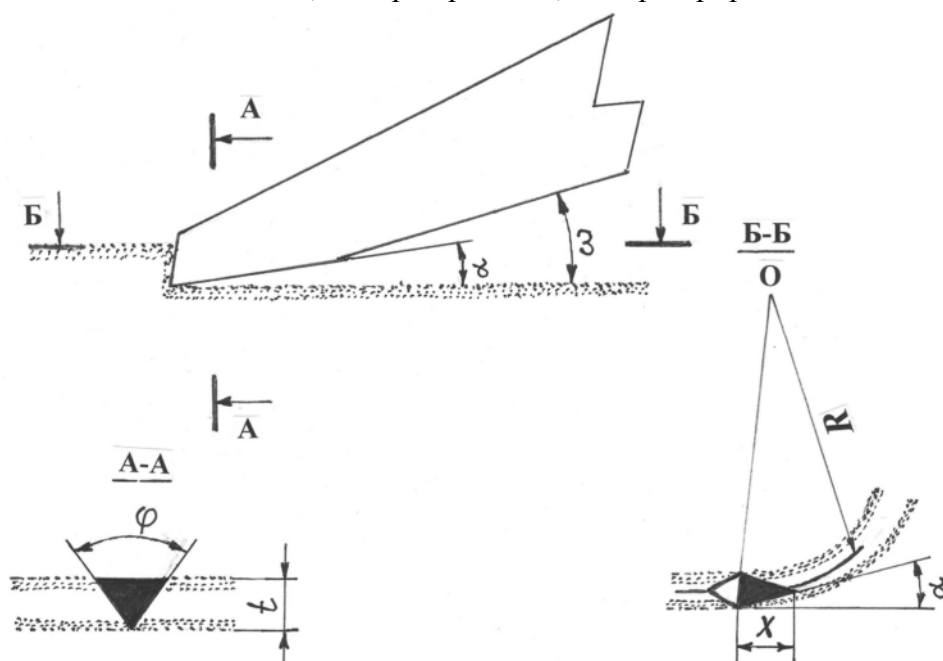


Рис. 4. Влияние угла заострения β на силу резания F_r при 1 – $\omega = 10^\circ$; 2 – $\omega = 20^\circ$; 3 – $\omega = 30^\circ$; а – при врезании; б – при прорезке



Зависимость радиуса дуги R от угла профиля режущей кромки резца φ и заднего угла α

ТЕХНОЛОГІЯ ТРИВИМІРНОГО ДРУКУ

Гайдар О.Г., Ганжа Г.Ю.
(ДонНТУ, г. Донецьк, Україна)

Комп'ютерні технології все більше заповнюють наше життя. Але грань між реальним світом і віртуальним залишається, перенести об'єкт з однієї реальності в іншу не так легко. Звичайно, якщо мова йде про текст, картинки і інші двовимірні об'єкти – принтери і сканери вже давно зробили такий обмін справою нескладною і цілком буденною. Проте у випадку з тривимірними фізичними об'єктами все набагато складніше. Технології, які дозволяють побачити тривимірну комп'ютерну модель в реальному обсязі не можна назвати сильно поширеними, не говорячи вже про можливість тримати таку модель і з нею взаємодіяти.

Розглянемо технології, що дозволяють відтворити комп'ютерну модель в реальному матеріалі.

Спочатку ці технології почали виникати в індустрії – в основному для швидкого виготовлення прототипів – щоб подивитися, як модель виглядатиме в матеріалі. За словами представника авіакосмічної компанії Pratt & Whitney «вартість розробки складного продукту може дуже сильно знизитися, якщо запропонувати інженерам замість десятків креслень подивитися на реальну деталь». Крім того, на готовій моделі можна проводити різні тести ще до того, як буде готовий остаточний варіант виробу. Більш того, прототипи дозволяють проводити такі тести, які на готовому виробі і не проведеш. Наприклад, Porsche використовувала прозору пластикову модель трансмісії 911 GTI для вивчення струму мастила в процесі її розробки. Проте головне, таку модель можна зробити дуже швидко – а в наш час високих швидкостей це дуже важливо. Власне, існує ціла індустрія швидкого прототипування (Rapid Prototyping – RP), яка якраз і займається розробкою і використанням технологій об'ємного друку для цих цілей.

Прототипи – це тільки початок, наступна щабель – швидке виробництво. Вже зараз деякі технології RP дозволяють виготовляти готові предмети з різних матеріалів. Це ідеальне рішення для малосерійного виробництва, оскільки стандартний техпроцес дає можливість зробити що завгодно (в розумних межах, звичайно) за відносно невеликий час. Знову ж таки, деякі з технологій тривимірного друку дозволяють швидко виготовляти форми для литва – ну а далі виробничий процес вже накатаний. Правда, ціни і доступність (рівно, як і вибір матеріалів) поки залишають бажати кращого.

Для вирощування моделі як початкові використовуються дані, отримані в процесі моделювання в будь-якій CAD-системі (машинобудування, архітектура, ГІС і так далі) або з 3D-сканера.

Програмне забезпечення 3D-принтера дозволяє оптимально підготувати отриману в CAD-системі модель до друку, розмістити її, відмасштабувати в необхідний розмір, при необхідності розфарбувати, накласти текстуру і нанести 3D-маркірування.

Існує п'ять способів виготовлення 3D-моделі:

- за допомогою мікроверстатів;
- за допомогою лазерного друку;
- за допомогою лазерного спікання;
- за допомогою ламінування;
- за допомогою струменевого друку.

Тепер про кожен із способів докладніше.

Мікроверстати. Найбільш прості, дешеві і доступні пристрої, проте не мають ніякого відношення до принтерів, хоча претендують на їх звання. Мова йде про верстати з програмним управлінням. Вони дуже компактні і можуть керуватися безпосередньо з CAD-програм. У програмах розробляються моделі які надалі вирізуються, випилюються і висвердлюються в матеріалі.

Матеріали використовуються самі різні. Це може бути пластик, дерево, а так само бронза або алюміній. Верстат може обробляти обсяги 23x14x15 см, 15x10x6 і здатний позиціонувати інструмент з точністю до сотих доль міліметра.

Мікроверстати знайшли широку сферу застосування. Їх використовують як для безпосереднього виготовлення об'єктів по тривимірним моделям, так і для підготовки форм для литва.

Лазерний друк. Це технологія використовувана в об'ємних принтерах. Історично, першою була розроблена стереолітографія. Суть її в тому, що в робочій зоні принтера знаходиться рідкий фотополімер. Як відомо, фотополімер твердне і перетворюється на достатньо міцний пластик при освітленні ультрафіолетовим світлом. Засвічення полімеру здійснюється за допомогою ультрафіолетового лазера або звичайної ультрафіолетової лампи. Промінь лазера сканує робочу плоскість і формує окремі тверді ділянки, поки не досягне в результаті перетин моделі на пластиці. Надалі рівень фотополімеру підвищується, і поверх нього формується наступний шар. Цей процес повторюється до тих пір, поки модель не буде повністю готова. Стереолітографія дозволяє отримувати точність «відбитку» порядку десятих доль міліметра, добре відтворює дрібні деталі і забезпечує достатньо рівну поверхню об'єкту.

Машина побудована на принципі літографії складається з пари лазерів (1), (8), лінзи (2), дзеркала (3), ліфта (4), чистильника (5), рідкого полімеру (6), платформи (7) та зображена на рис. 1.

Ця технологія найбільш поширена. Не дивлячись на всі її переваги не варто забувати про недоліки. Прийнятний лише одиничний вибір матеріалу – це фотополімер. До того ж і сама установа, і матеріали достатньо дорогі.

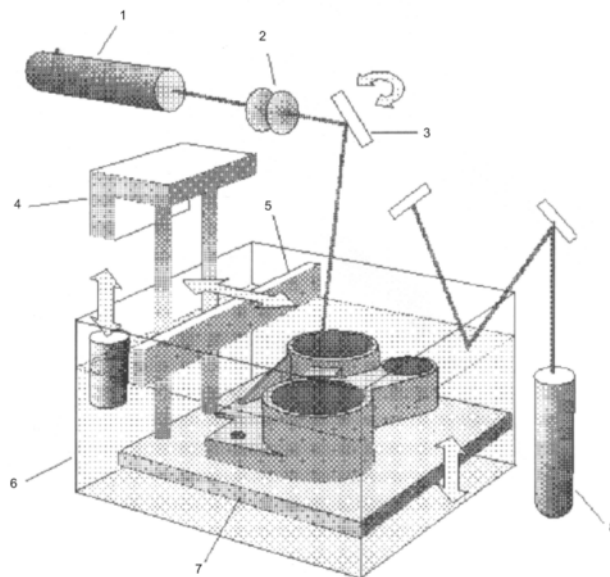


Рис.1 Вигляд стереолітографічної машина зсередини

Лазерне спікання. Цей спосіб є альтернативним методом тривимірного друку. Аналогічно вище описаному методу, в даному так само використовується лазер, проте як робочий матеріал використовується порошок якого-небудь легкоплавкого пластика. Спікання здійснюється таким чином: пластик нагрівається майже до температури плавлення, а щоб він не зажеврів і не став окислятися, в робочу зону подається азот; потім пластик нагрівається вище за температуру плавлення в слідстві чого спікається. Зверху насипається наступний шар і процедура повторюється.

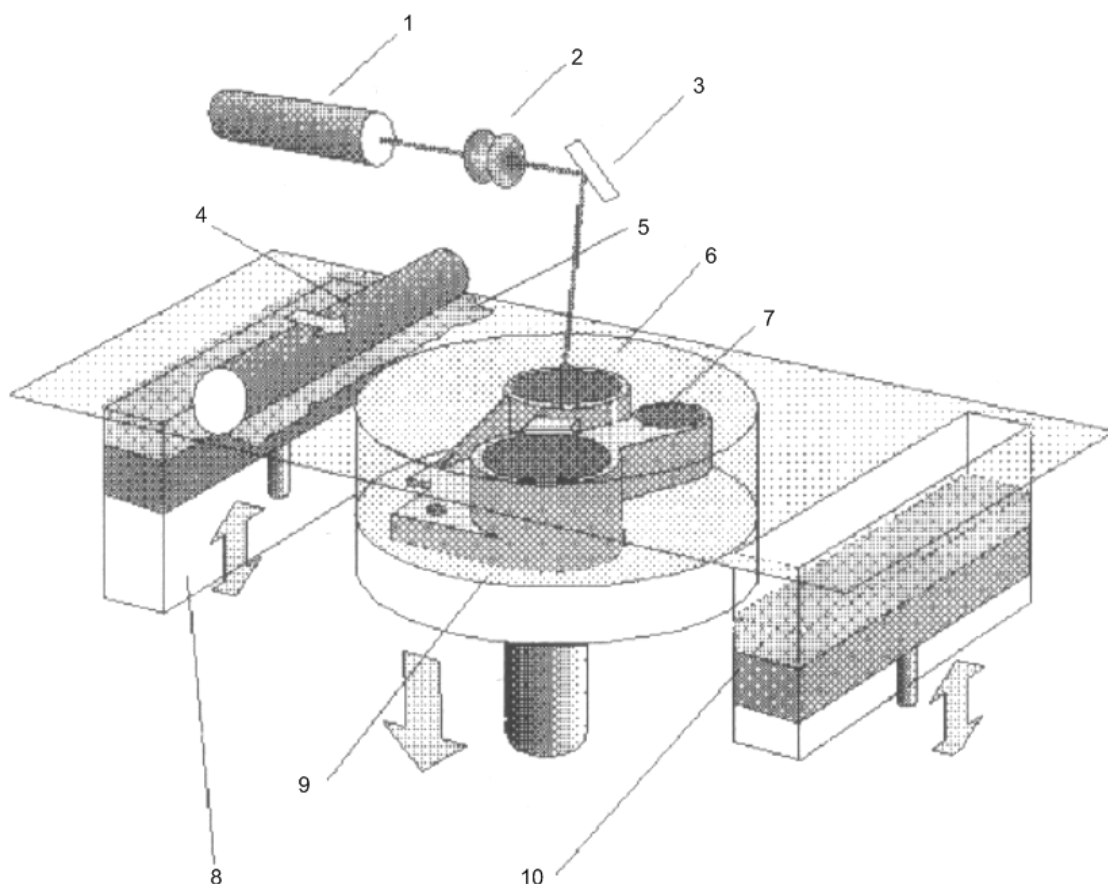


Рис.2 Принцип роботи апарату лазерного спікання

Лазерне спікання забезпечує досить високу точність моделі. Отримані в результаті прототипи відрізняються високою міцністю і таким чином дані принтери придатні для малосерійного виробництва. Важливо відзначити, що так само можливе виготовлення моделі з рухомими частинами, а ще розробили матеріали що дозволяють безпосередньо виробляти металеві деталі. Головний недолік даної установки – швидкість виробництва (вона дуже мала).

Ламінування. Ще одна технологія об'ємного друку з використанням лазера. Суть технології (рис.3) така - в машину по черзі заряджають тонкі листи робочого матеріалу, з якого потім лазером вирізуються шари майбутньої моделі. Після різання шари склеюються один з одним. Як матеріал спочатку використовувався спеціальний папір з шаром склеювальної речовини. Проте таким чином можна також нарізувати тонкий пластик, кераміку і навіть металеву фольгу.

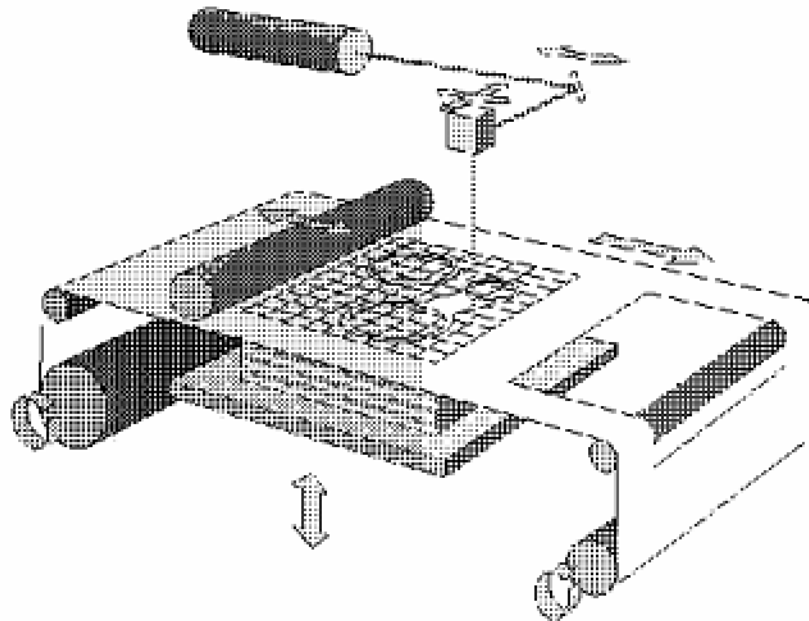


Рис. 3 Суть технології

Струменевий друк. Робота здійснюється таким чином. Перш за все, програмне забезпечення принтера розрізає тривимірну модель об'єкту на поперечні перетини або шари, товщина яких може коливатися в діапазоні від 0,0875 до 0,2 мм. Потім здійснюється послідовний друк отриманих поперечних перетинів від підстави об'єкту до його вершини. У принтері використовуються два поршні (рис. 4–7). Рухома рама із вирівнюючим валом рухається зліва направо, вирівнюючи порошок і переносячи його в область створення моделі (рис.4). Валик скидає надлишки порошку в спеціальний контейнер (рис.5).



Рис.4

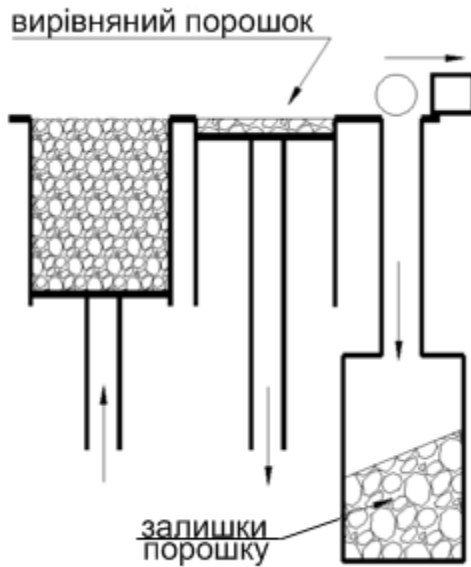


Рис.5

Коли подаюча система заповнена порошком, поршень подачі, показаний на малюнку ліворуч, перебуває в нижньому положенні, а поршень в області створення моделі, зображений в правій частині малюнка, – у верхньому. Крім того, на діаграмах малюнка показані валік (у вигляді кружечка) і блок друку (у вигляді квадратика). Вони встановлені разом на рухомій рамі, яка рухається горизонтально упоперек області, призначеної для створення моделі об'єкту.

Коли блок друку рухається справа наліво, друкуюча голівка друкує черговий шар перетину моделі (рис.6). Поршень подачі порошку переміщається на один шар вгору, а поршень в області створення моделі – на один шар вниз, і процес повторюється (рис.7).

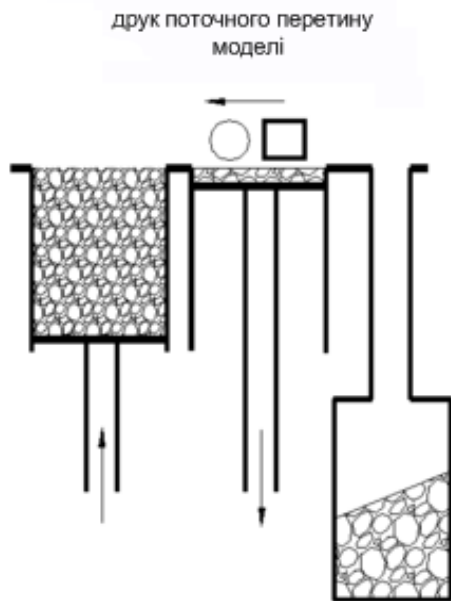


Рис.6

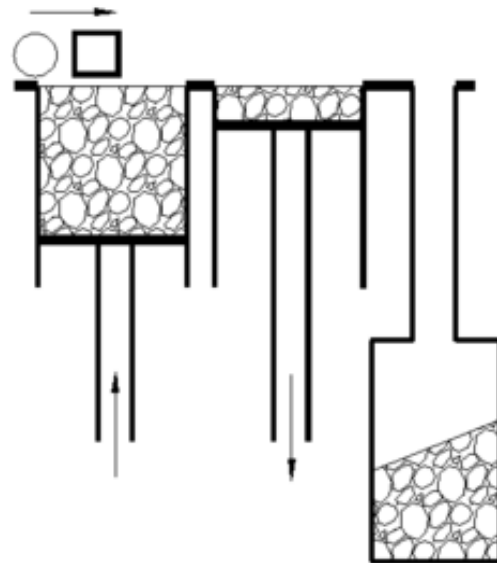


Рис.7

При здійсненні тривимірного друку в принтері, перш за все, наноситься шар порошку завдовжки, відповідній товщині шару поперечного перетину створюваної моделі. Друкуючі голівки заливають цей шар склеювальною речовиною, за рахунок чого частинки порошку приклеюються одна до одної і до вже надрукованих попередніх шарів моделі. Потім поршень блоку подачі порошку переміщається на один шар вгору, а поршень в області, призначений для створення моделі, опускається на один шар вниз.

Після цього наноситься новий шар порошку і процес повторюється до тих пір, поки не буде надрукована модель всього об'єкту.

У принтері передбачено декілька режимів роботи, що забезпечує швидке створення моделей об'єктів. Клейовий розчин вищої концентрації наноситься навколо країв об'єкту, формуючи міцну «оболонку» навколо його зовнішньої області, а всередині самого об'єкту створює структуру елементів, що несуть. Решта ділянок внутрішньої області друкується з нижчою концентрацією склеювальної речовини. Такий режим друку забезпечує необхідну стабільність конструкції моделі і виключає зайву насиченість клеєм, яка може привести до спотворення форми об'єкту.

Оскільки верхні шари порошку підтримуються нижчими, то модель об'єкту створюється без використання спеціальних елементів, що несуть. При цьому можуть бути надруковані об'єкти будь-якої складної конфігурації, недоступної для інших аналогічних систем.

Після завершення друку модель об'єкту витягується з області створення моделі, з неї віддаляються надлишки порошку і модель сушиться. Для збільшення міцності і довговічності поверхня може бути просочена ціано-акрилатними сумішами, воском, епоксидною смолою або іншими матеріалами. Отримана модель готова до внесення змін до її дизайну того ж дня, зазвичай вже протягом декількох годин.

Подальші розробки в цій області йдуть повним ходом. Ось, наприклад, група учених з Каліфорнійського університету в Берклі розробляє технологію тривимірного друку, який дозволив би одночасно створювати і форму, і зміст. Під змістом мається на увазі не більш, ні менш – електронна начинка. Скажімо, принтер друкує корпус мобільного телефону з пластика і одночасно друкує всередині всю електроніку. В принципі, вже існують способи друку пластикових напівпровідникових пристроїв і проводів, що сполучають їх. Залишилося лише скомбінувати їх з існуючими технологіями 3D-принтерів і готов революційний прорив в сучасному виробництві.

Або, ось, наприклад, розробки Університету Міссурі, що дозволяють за допомогою струйника виводити на друк своєрідні заготовки біологічних органів. Як чорнило при цьому використовуються згустки клітин заданого типу. Замість «паперу» виступає спеціальний био-гель, який фіксує положення клітинних згустків в просторі. Друк проводиться в декілька шарів, так що в результаті виходить об'ємна конструкція з кліток, яка, в принципі, може імітувати будь-який орган (після зростання клітин гель розчиняється, так що можливе отримання порожнистих структур).

Перспективи перед 3D-друком відкриваються найширші – ця технологія вже дозволяє економити масу часу і сил дизайнерам і інженерам. Із здешевленням технології і матеріалів вона стане доступна у вигляді недорогої послуги, тобто можна буде зробити будь-який предмет, який зможете вигадати і намалювати на комп'ютері. Досить намалювати модель, визначити матеріал і відправити замовлення по інтернету. Це називається "Дистанційне виробництво на вимогу" (Distance Manufacturing on Demand). А у дальній перспективі така технологія стане масовою, і тоді у кожного на столі буде свій персональний механічний заводик, замінюючий в дрібницях звичайне виробництво. Саме так, як і принтери замінили друкарні і машинописні бюро.

Список літератури: 1. Нове покоління принтерів.// У світі науки. № 4 – 2008, квітень. 2. <http://ru.wikipedia.org/wiki/3D-принтер>. 3. <http://www.avaks-prom.ru/novosti/novoe/3d-printery-mify-i-reality.html>.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ШЛИФОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПРИРОДНОГО КАМНЯ

Гончаренко Д.О., Горобец И. А. (каф. ТМ, ДонНТУ, г.Донецк, Украина)

В Украине, в результате собственных обширных запасов сырья, большое развитие получила обработка природного камня. На территории нашей страны ввиду уникального геологического строения находятся около 40 крупных месторождений таких востребованных пород как гранит, габбро и лабрадорит [1]. Изделия из природного камня используются в машиностроении (направляющие и станины МС, валы, вальцы, жернова), строительстве (облицовка, мощение) и художественно-прикладном дизайне.

Вместе с тем к изделиям из природного камня предъявляются жесткие требования по качеству поверхностного слоя. Вследствие этого большое внимание необходимо уделять на наиболее трудоемкие предварительную и финишную обработки изделий – шлифование и полирование.

Шлифование природного камня – самый длительный, ответственный и трудоемкий процесс, особенно на первичных операциях, занимающий 50-60% всего штучного времени [1]. Для уменьшения длительности и увеличения производительности процесса, а значит, и уменьшения себестоимости изделий, разработаны многоинструментальные системы.

Для выделения преимуществ и недостатков каждого конструктивного исполнения многоинструментальных систем рассмотрим наиболее распространенные схемы движений абразивного инструмента при обработке природного камня.

Схема движений абразивного инструмента при многоинструментальной обработке с дополнительным переносным движением вокруг оси z [2] представлена на рис.1.

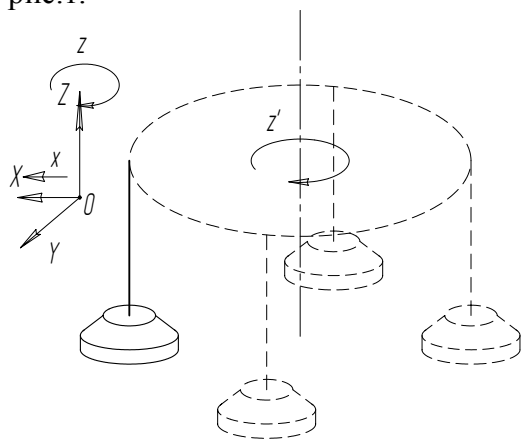


Рис.1. Схема движений абразивного инструмента при многоинструментальной обработке с дополнительным переносным движением вокруг оси z

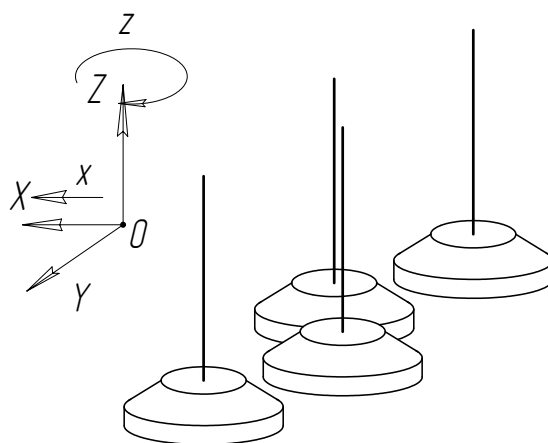


Рис.2. Схема движений абразивного инструмента при многоинструментальной параллельной обработке

При такой схеме обработки повышение производительности достигается за счет увеличения ширины шлифования по сравнению с одноинструментальной обработкой.

При многоинструментальной обработке возможно существенное увеличение производительности при параллельной обработке несколькими, например, четырьмя, кругами (см. рис. 2).

Для обеспечения перекрытия соседними кругами обрабатываемой поверхности они устанавливаются со смещением. Однако такая схема обработки не позволяет совместить переходы черновой и чистовой обработки.

Совместить эти переходы можно если установить круги соосно один внутри другого. Это схема показана на рисунке 3.

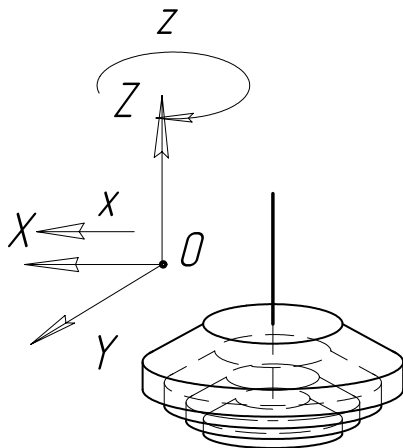


Рис.3. Схема движений абразивного инструмента при многоинструментальной последовательной обработке

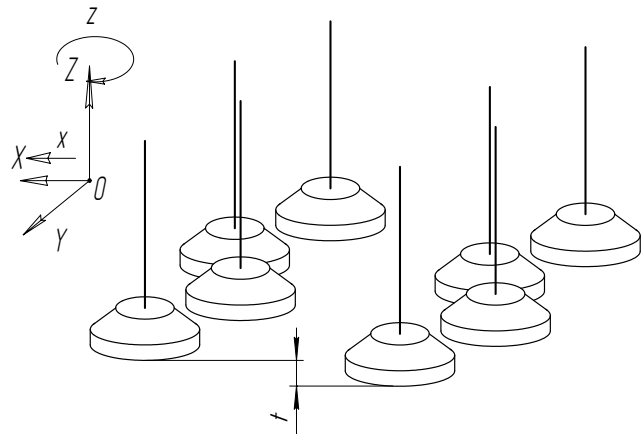


Рис.4. Схема движений абразивного инструмента при многоинструментальной параллельно-последовательной обработке двумя группами инструментов

Однако, такая схема, совмещая черновой, промежуточные и чистовой переходы, ограничивает ширину шлифуемой поверхности диаметром последнего, чистового круга.

Увеличить ширину шлифования и совместить черновой и чистовой переходы возможно несколько видоизменив предыдущую схему и построив на ее базе последовательно-параллельную схему обработки, расположив абразивные инструменты в две группы. Первая, опережающая группа, осуществляет черновую обработку, вторая – чистовую, удаляя чистовой припуск t (см. рис. 4).

Такая схема должна обеспечить повышение производительности и за счет увеличения ширины шлифования, и за счет совмещения чернового и чистового переходов. Однако, такая схема будет достаточно сложной для реализации на существующем оборудовании.

Выполнить совмещение переходов, можно реализуя схему, приведенную на рис. 5. Но и эта схема обработки имеет недостаток: черновой и чистовой переходы осуществляются инструментами, имеющими одинаковую зернистость. Устранить этот недостаток позволяет инструментальная система работающая по схеме, приведенной на рис. 6.

На основании приведенных схем обработки могут разрабатываться конструкции многоинструментальных систем [2].

Другим аспектом интенсификации процесса шлифования природного камня является изменения в технологии, а именно – наложение вибраций, при котором вдобавок к основному формообразующему движению, предусмотренному

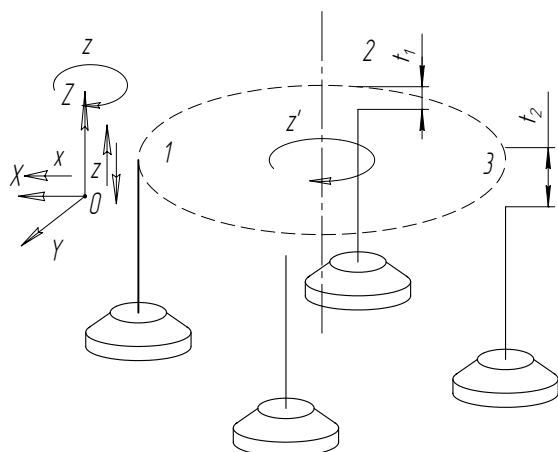


Рис.5. Схема движений абразивного инструмента при многоинструментальной параллельно-последовательной обработке с дополнительным поступательным движением

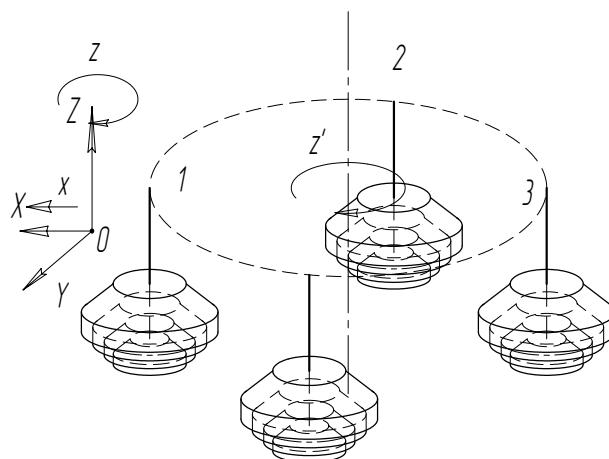


Рис.6. Схема движений абразивного инструмента при многоинструментальной параллельно-последовательной обработке

По способу наложения вибраций в зоне обработки выделяют следующие: наложение вибраций непосредственно на формообразующий инструмент; наложение вибраций на заготовку; наложение вибраций как на инструмент, так и на заготовку.

Экспериментально установлено, что наибольший эффект достигается при наложении вибраций ультразвукового диапазона (свыше 20 кГц) [4]. Ультразвуковое шлифование состоит из двух основных процессов: ударное внедрение абразивных зерен, вызывающего выкалывание частиц обрабатываемого и самообнажение абразивных зерен.

Обязательным условием высокопроизводительной ультразвуковой обработки хрупких материалов является интенсивное протекание этих двух процессов; ограничения, возникающие для протекания одного из них, вызывает снижение эффективности всего метода.

Высота микронеровностей при обработке с ультразвуком снижается на 30 – 40 % по сравнению с обработкой без ультразвука [3]. Когда амплитуда колебаний будет равна или станет больше расстояния между зернами, высота микронеровностей должна снизиться. Также установлено, что температура, возникающая в зоне шлифования с ультразвуком, снижается примерно на 30%; это приводит к улучшению чистоты поверхности, отсутствию прижогов и уменьшению числа микротрещин по сравнению с обычным шлифованием [3].

Список литературы: 1. Добыча и обработка природного камня: Справочник / под общ. ред. А.Г. Смирнова – М.: Недра, 1990 – 445 с. 2. Михайлов А.Н., Горобец И.А., Голубов Н.В. «Повышение производительности шлифования изделий из природного камня», 2005. 3. Щичилин В.М., Лапаев Ю.А., Шадрин Ю.Б. и др. Ультразвуковое шлифование алмазно-абразивным инструментом новых конструкционных материалов. – Л.: «Знание», 1969. – 30 с. 4. Марков А.И. Ультразвуковая обработка материалов. – М.: «Машиностроение», 1980. – 237 с.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Дубяго М.Н., Стульнева А.В., Рыбинская Т.А., Шаповалов Р.Г. *(кафедра механики,
ТТИ ЮФУ, г. Таганрог, Россия)*

Развитие направлений науки, техники и технологий, связанных с созданием, исследованиями и использованием объектов с наноразмерными элементами, уже в ближайшие годы приведет к кардинальным изменениям во многих сферах человеческой деятельности – в том числе и в машиностроении. Новейшие нанотехнологии наряду с компьютерно-информационными технологиями и биотехнологиями являются фундаментом научно-технической революции в XXI веке, сравнимым и даже превосходящим по своим масштабам с преобразованиями в технике и обществе, вызванными крупнейшими научными открытиями XX века.

В развитых странах осознание ключевой роли, которую уже в недалеком будущем будут играть результаты работ по нанотехнологиям, привело к разработке широкомасштабных программ по их развитию на основе государственной поддержки. Активная государственная политика в области нанотехнологий позволит с высокой эффективностью использовать интеллектуальный и научно-технический потенциал страны в интересах развития науки, производства, здравоохранения, экологии, образования и обеспечения национальной безопасности России. Использование возможностей нанотехнологий может уже в недалекой перспективе принести значительный экономический эффект в машиностроении. В электронном и электротехническом машиностроении - расширение возможностей радиолокационных систем за счет применения фазированных антенных решеток с малошумящими СВЧ-транзисторами на основе наноструктур и волоконно-оптических линий связи с повышенной пропускной способностью с использованием фотоприемников и инжекционных лазеров на структурах с квантовыми точками; совершенствование тепловизионных обзорно-прицельных систем на основе использования матричных фотоприемных устройств, изготовленных на базе нанотехнологий и отличающихся высоким температурным разрешением; создание мощных экономичных инжекционных лазеров на основе наноструктур для накачки твердотельных лазеров, используемых в фемтосекундных системах. В энергетическом машиностроении - наноматериалы используются для совершенствования технологии создания топливных и конструкционных элементов, повышения эффективности существующего оборудования и развития альтернативной энергетики (адсорбция и хранение водорода на основе углеродных наноструктур, увеличение в несколько раз эффективности солнечных батарей на основе процессов накопления и энергопереноса в неорганических и органических материалах с нанослоевой и кластерно-фрактальной структурой, разработка электродов с развитой поверхностью для водородной энергетики на основе трековых мембран). Кроме того, наноматериалы применяются в тепловыделяющих и нейтронопоглощающих элементах ядерных реакторов; с помощью нанодатчиков обеспечивается охрана окружающей среды при хранении и переработке отработавшего ядерного топлива и мониторинга всех технологических процедур для управления качеством сборки и эксплуатации ядерных систем; наночастицы используются для разделения сред в производстве и переработке ядерного топлива. В двигателестроении и автомобильной промышленности - за счет применения наноматериалов, более точной обработки и восстановления поверхностей можно

добиться значительного (до 1,5–4 раз) увеличения ресурса работы автотранспорта, а также снижения втрое эксплуатационных затрат (в том числе расхода топлива), улучшения совокупности технических показателей (снижение шума, вредных выбросов), что позволяет успешнее конкурировать как на внутреннем, так и на внешнем рынках.

Большие перспективы имеются в улучшении электронных компонентов автомобиля с помощью нанотехнологий. Так, МикроЭлектроМеханические Системы (MicroElectricMechanical Systems – MEMS) уже расширяют стандартную технологию микроэлектроники, позволяют объединять в одной микросхеме элементы, обеспечивающие как механическое перемещение физических частей, так и электронов в электрической схеме. Это позволяет вместо отдельного производства микроактуаторов и сенсоров делать их в виде интегрированного в микросхему единого изделия. При этом для их производства используется уже апробированная традиционная технология производства интегральных микросхем и полупроводников. Идею подвижного кремния (еще так называют MEMS) прекрасно иллюстрируют MEMS-акселерометры, которые уже широко используются в качестве сенсоров автомобильных подушек безопасности. Вращающиеся акселерометры также используются для расширения возможностей антиблокировочных систем автомобиля (ABS). Кроме того, в автомобилях MEMS находят применение в датчиках продольных и поперечных ускорений, датчиках крена и т.д. Определяя положение кузова, они служат источником информации для работы различных электронных систем стабилизации и контроля курсовой устойчивости. Также MEMS представляют интерес для создания датчиков давления, температуры. В дорогих автомобилях количество датчиков и сенсоров на основе MEMS-технологии может составлять до нескольких десятков штук. Кроме измерения ускорений и детектирования перемещений, MEMS используется в системах GPS-навигации. История развития MEMS насчитывает более сорока лет, но широкое практическое распространение эти системы получили только с середины 90-ых годов XX века. В настоящее время уже идет речь о развитии NEMS - NanoElectroMechanical Systems. В результате эволюции MEMS происходит уменьшение до нано размеров механических компонентов систем, снижается их масса, при этом увеличивается их резонансная частота и уменьшается константы взаимодействия, что сказывается на значительном повышении функциональности данного рода устройств. Точность измерения перемещения у лучших образцов таких устройств составляет 10 нанометров.

Развитие нанотехнологий обещает массовое распространение новых конструкционных материалов с уникальными свойствами и характеристиками. Наибольший интерес представляют углеродные материалы, из которых в настоящее время наиболее изученными, а также наиболее перспективными для целей практического применения являются углеродные нанотрубки (УНТ). Они обладают самым широким набором уникальных свойств, делающих их чрезвычайно перспективными для использования, в том числе в автомобилестроении. Баллистический характер электропроводности УНТ (электроны движутся, как бы скользя по поверхности, не встречая препятствий) позволит создавать высокоэффективные электропроводящие узлы различных машин и механизмов, в том числе автомобилей. Углеродные нанотрубки уже находят применение в конструкции современных автомобилей. Например, инженеры компании Toyota добавляет композиционный материал в пластиковые бамперы и дверные панели своих автомобилей. Помимо повышения прочности и снижения массы, пластик со смолой из

УНТ становится электропроводным, и его можно покрывать теми же красками с электрическим нанесением, что и металлические детали.

Электронные системы все более тесно интегрируются в конструкцию автомобиля. Существует тенденция дальнейшего расширения использования электроники в автомобилях с одновременным усовершенствованием самой полупроводниковой техники и появлении *нанoeлектроники* и *молекулярной электроники*. Нанотранзисторы, в том числе с нанотрубками в конструкции будут обладать рядом улучшенных характеристик и бесспорных преимуществ по сравнению с традиционными кремниевыми: повышенное быстродействие, термо- и радиационная стойкость, миниатюрность, низкое энергопотребление и как следствие - незначительное тепловыделение при работе.

Большой интерес представляют нанотехнологии для создания перспективных автомобилей на топливных элементах. С помощью нанотрубок предполагается решить проблему надежного и безопасного хранения водорода на борту транспортного средства, так как наряду с металлами и жидкостями углеродные нанотрубки могут заполняться газообразными веществами и связывать большое его количество.

Покрытие из наночастиц кремнезема делает обработанную поверхность гидрофобной – на поверхности с плёнкой из SiO_2 капля воды касается субстрата лишь немногими точками, что во много раз уменьшает Ван-дер-ваальсовы силы и позволяет силам поверхностного натяжения жидкости сжать каплю в шарик, который легко скатывается по наклоненному стеклу, унося с собой накопившуюся грязь. В силу наноразмерной толщины, такие покрытия совершенно невидимы, а благодаря биоинертности кремнезема – безвредны для человека и окружающей среды. Они устойчивы к ультрафиолету и выдерживают температуры до 400 °С, а действие водоотталкивающего эффекта длится в течение 4 месяцев. Несколько зарубежных фирм уже выпускают подобные покрытия в промышленных масштабах. На российском рынке их продукцию представляет эксклюзивный дистрибьютор – компания Nanotechnology News Network. Кроме покрытий для стекол также разработаны и выпускаются составы с аналогичным действием для тканей, металла, пластика, керамики – и все они имеют потенциал для применения в автомобильной промышленности. Из серийных моделей автомобилей гидрофобное покрытие наносится на боковые стекла Nissan Terrano II. Оно не создает полноценный водоотталкивающий эффект, но уменьшает пятно контакта поверхности с каплями воды, благодаря чему во время дождя стекло остается вполне прозрачным.

Воздействие нанотехнологий на жизнь обещает иметь всеобщий характер, изменить экономику и затронуть все стороны быта, работы, социальных отношений. С помощью нанотехнологий мы сможем экономить время, получать больше благ за меньшую цену, постоянно повышать уровень и качество жизни

Список литературы: 1. Головин Ю.И. Введение в нанотехнику. М., 2006. С. 32–45. 2. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М., 2005. С. 51–55, 78–91. 3. Кобаяси Н. Введение в нанотехнологию. М., 2005. С. 10–17. 4. Нанотехнологии. Ч. Пул, Ф. Оуэнс. Пер. с англ. - Москва: Техносфера, 2005. С. 7–20. 5. Нанотехнология в ближайшем десятилетии. Прогноз направления развития // Под ред. М.К. Роко, Р.С. Уильямса и П. Аливисатоса: Пер. с англ. М.: Мир, 2002. С. 54–63.

ПРИМЕНЕНИЕ ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНЫХ ПОКРЫТИЙ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Кадыров А.С., Рыбинская Т.А. *(кафедра механики, ТТИ ЮФУ, г. Таганрог, Россия)*

Целью работы является обзор существующих методов обработки конструкторских деталей, защитных и декоративных покрытий. Тема является актуальной, т.к. сегодня к конструкционным материалам предъявляются повышенные требования надежности.

Сущность защитного покрытия состоит:

- в нанесении антифрикционных покрытий толщиной от десятых долей до нескольких миллиметров из порошковых материалов (металлических, керамических, полимерных) на поверхность деталей ручными или механизированными плазмотронами, газопламенными горелками, обеспечивающими универсальность процессов, гибкость регулирования режимов (процессы плазменной наплавки и газотермического напыления);

- в нанесении тонкопленочного (до 3 мкм) алмазоподобного покрытия при атмосферном давлении малогабаритным ручным плазмотроном за счет плазмохимических реакций при использовании специальных жидких технологических препаратов (процесс финишного плазменного упрочнения);

- в создании повышенных антифрикционных свойств поверхностного слоя основного металла двух или одной из сопряженных деталей пар трения за счет ее обработки специальными плазменными дугами или струями (процессы плазменной закалки и плазменной модификации).

Цель нанесения покрытий на новые или для восстановления изношенных деталей и изделий с антифрикционными свойствами поверхности, обладающими повышенной стойкостью против задиrow и схватывания, стойкостью против водородного изнашивания, обеспечивающими наилучшие условия удержания смазочного материала, уменьшение времени приработки, снижение шума и вибрации. Покрытия предназначены для нанесения на детали из углеродистых, легированных сталей и цветных сплавов. Эффект от нанесения покрытия достигается за счет изменения физико-механических свойств новых или восстановленных рабочих поверхностных слоев: уменьшения коэффициента трения, увеличения микротвердости, создания сжимающих остаточных напряжений, залечивания микродефектов, образования на поверхности диэлектрического и коррозионностойкого пленочного покрытия с низким коэффициентом теплопроводности, химической инертностью и специфической топографией поверхности. Материалы покрытий, наносимые методами наплавки и напыления, могут быть следующие: металлические (баббиты, бронзы,), керамические (оксиды, карбиды, нитриды), полимерные, алмазоподобные.

Повышение надежности современной техники, снижение себестоимости ее обслуживания, обеспечение конкурентоспособности, продление ресурса эксплуатации, а также ее реновация путем применения современных технологий для восстановления работоспособности узлов до уровня новых изделий - наиболее приоритетные направления развития техники. Применение технологий нанесения защитных покрытий, среди которых газотермические процессы занимают значительное место, является одним из кардинальных путей решения данного вопроса. С использованием существующих в настоящее время оборудования, материалов и технологий газотермического напыления стало возможным значительно снизить или исключить

влияние на изнашивание деталей таких факторов, как эрозия, коррозия (в том числе высокотемпературная), кавитация и др. Защитные покрытия могут быть также предназначены, например, для создания термобарьерного слоя, обеспечения электроизоляционных свойств, поглощения излучения продуктов радиоактивного распада, обеспечения определенных оптических свойств, реализации селективного смачивания, создания биологически активных поверхностных свойств для различных искусственных органов и многого другого. Газотермические покрытия применяют при ремонте оборудования и упрочнении рабочих поверхностей новых деталей. В зависимости от назначения покрытия и условий его работы меняются требования к точности соблюдения основных параметров покрытия - его состава, толщины, плотности и прочности сцепления с подложкой. Основные технологические процессы, которые сегодня используются в мировой практике, - это высокоскоростное напыление, плазменное напыление на воздухе с использованием плазмообразующих газов, а также электродуговая металлизация и наплавка.

По своему назначению покрытия делятся на следующие:

- защитные покрытия, обеспечивающие более длительную работу деталей в рабочих условиях;
- технологические покрытия, обеспечивающие защиту поверхности деталей при технологическом переделе;
- конструкционные покрытия, с помощью которых восстанавливаются размер и форма детали, придаются новые свойства ее поверхности или когда покрытие выполняет роль конструкционных материалов.

Сущность плазменного напыления состоит в нанесении покрытия из отдельных частиц порошкового материала, нагретого и ускоренного с помощью высокотемпературной плазменной струи. Цель плазменного напыления - изготовление деталей и изделий со специальными и декоративными свойствами поверхности: износостойкостью (за исключением деталей, испытывающих ударно-абразивное изнашивание), антифрикционностью, электроизоляцией, жаростойкостью, эрозионностойкостью, стойкостью против коррозии и др. Эффект от плазменного напыления достигается за счет создания на поверхности изделия защитного покрытия, которое многократно повышает эксплуатационные свойства детали или восстанавливает первоначальный размер. Оборудование для плазменного напыления состоит из источника тока, блока аппаратуры, малогабаритного плазмотрона и порошкового дозатора. Плазмотрон (мощностью до 25 кВт) и порошковый дозатор изготавливаются по оригинальным конструкторским разработкам. Технологический процесс плазменного напыления состоит из предварительной очистки активационной обработки (например, абразивно-струйной) и непосредственно нанесения покрытия путем перемещения изделия относительно плазмотрона или наоборот. Скорость перемещения 2...30 мм/сек, расстояние между плазмотроном и изделием 100...150 мм, диаметр пятна напыления 10...25 мм, толщина покрытия 0,05...1,0 мм. Температура нагрева деталей при плазменном напылении не превышает 100...150° С. Плазмообразующим газом являются, как правило, аргон или воздух. Расход аргона 15...20 л/мин. В качестве порошкового материала, формирующего покрытие, используются различные материалы и сплавы, тугоплавкие соединения, оксиды, полимеры и их композиции размером частиц до 100 мкм. Контроль качества плазменного напыления осуществляется визуально по наличию покрытия, а также по результатам адгезионных испытаний на образцах-свидетелях и др. методами.

По сравнению с аналогами - газопламенным, электродуговым и детонационным напылением, процессами наплавки и осаждения, данный процесс имеет преимущества: эффективное управление энергетическими характеристиками напыляемых частиц и условиями формирования покрытия за счет гибкости регулирования параметров и режимов работы плазмотрона; высокие коэффициент использования порошка (до 85%), прочность сцепления покрытия с основой (до 60 МПа), низкая пористость; высокая производительность процесса; нанесение покрытия на изделия, изготовленные практически из любого материала; отсутствие ограничений по размерам напыляемых изделий; низкое термическое воздействие на напыляемую основу, что позволяет избежать деформаций, изменений размеров изделий, а также исключить нежелательные структурные превращения основного металла; положительное влияние на усталостную прочность основы, за счет получения при плазменном напылении слоистой структуры покрытия, в отличие от столбчатой, образующейся при осаждении из газовой или паровой фазы, диффузионном насыщении; надежность и стабильность оборудования, высокий ресурс элементов плазмотрона, за счет оптимизации условий охлаждения и обеспечения плавного нарастания и падения тока, маневренность и возможность автоматизации процесса. Примеры применения плазменного напыления в *машиностроении*: калибры, подшипники скольжения, гидроцилиндры, плунжера, направляющие токарных станков, шпиндели и валы, матрицы для прессования тугоплавких металлов, кокили и т.п.; *автомобильной промышленности*: коленчатые валы, поворотные цапфы, оси коромысел, кулачки распределительных валов, ступицы маховиков двигателя, валы водяных насосов и вентиляторов, головки цилиндров, поршневые кольца, глушители; *электротехнической и электронной промышленности*: конденсаторы, вентиляционные лопасти турбогенераторов, лентопротяжные механизмы, ролики для подачи проволоки и сопла сварочных установок и т.п.; *химической промышленности*: детали ковшей, валки прокатных станов и т.п.; *бытовой технике*: днища кастрюль, электронагревательные устройства и т.п.

Экономическая эффективность плазменного напыления определяется: повышением надежности и долговечности выпускаемой и используемой продукции минимум в два раза; сокращением затрат на изготовление запасных частей; экономией металла, расходуемого на изготовление запасных частей; высвобождением работников, занятых на изготовлении запасных частей и восстановлении деталей; увеличением выпуска продукции на существующем оборудовании, вследствие сокращения простоев для замены изношенных деталей и аварийных ремонтов оборудования. Обзор существующих методов обработки конструкционных деталей показал, что нужно очень внимательно подходить к виду обработки, в зависимости от того какой нагрузке будет подвергаться деталь и в какой среде эксплуатироваться. Существует превеликое множество материалов и способов их обработки, однако весьма сложно найти идентичные результаты при обработки одной и той же детали разными методами, что говорит о четкой принадлежности каждого метода к конкретным условиям применения. Так же стоит отметить, что методы плазменного напыления имеют ряд неоспоримых преимуществ и их массовое внедрение в российской промышленности.

Список литературы: 1. Беленький М.А. Электроосаждение металлических покрытий. М.: Металлургия, 1985г, 289с. 2. Синдеев Ю.Г. Гальванические покрытия. М.: Феникс, 2000, 251с. 3. Хокинг М., Васатасри В., Сидки П. Металлические и керамические покрытия: получение, свойства, применение. М.: Мир, 2000. 518 с.

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ

Ляховка В.В. (каф. «АМиУ», ДГТУ, г. Ростов-на-Дону, Россия)

Введение. Современные темпы развития технологий промышленного производства базируются на постоянном использовании фундаментальных достижениях современной науки и техники. Создание симбиоза между наукой и современным производством позволит вывести отечественное машиностроение на качественно новую ступень своего развития. Одной из основных проблем наряду с увеличением ресурса работы и снижением себестоимости изделий машиностроения является введение дискретного управления износостойкостью формообразующего инструмента. Решение проблемы становится возможным благодаря упрочняющей технологии, в основе которой лежит комплексное использование высококонцентрированной электрической энергии и мощного продольно-крутильного ультразвукового поля. Он позволяет наносить любые токопроводящие покрытия с прогнозируемыми показателями качества получаемого поверхностного слоя. По своей природе метод ЭЛАН является экологически чистой утилизирующей технологией, потому что он использует в качестве наносимого материала отходы формообразующего инструмента машиностроительного производства, а малое потребление электрической энергии (100-200Вт) и компактность входящего в него оборудования делают его гибкой ячейкой автоматизированного производства.

Установки для нанесения покрытия

Структурная схема станции электроакустического напыления [1] представлена на рис.1. Входящий в комплект оборудования станции напыления ультразвуковой генератор УЗГ1-1 предназначен для преобразования электрической энергии промышленной частоты в энергию ультразвуковой частоты и питания магнитострикционного преобразователя ПМС1-1. Преобразователь ПМС1-1 подключается в качестве нагрузки к выходу УЗГ1-1 и служит для преобразования электрической энергии ультразвуковой частоты в акустическую.

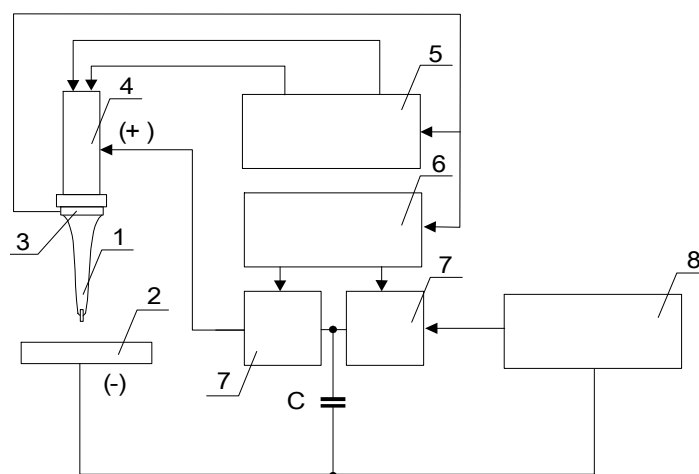


Рис.1. Структурная схема установки напыления: 1 - волновод с закрепленным на его конце электродом; 2 - упрочняемая деталь; 3 - датчик обратной связи; 4 - магнитостриктор; 5 - ультразвуковой генератор; 6 - система управления; 7 - электронный ключ; 8 - источник питания; C - разрядная емкость

Для трансформации продольных колебаний акустической системы в продольно-крутильные используется витой волновод. Державка с установленным в нее электродом крепится с помощью резьбового соединения к волноводу или концентратору. Система управления блоком электронных ключей позволяет изменять фазу и частоту подачи разрядных импульсов. Входным сигналом для нее является сигнал, поступающий с датчика обратной связи, который установлен на акустической системе ПМС1-1.

Физические основы процесса ЭЛАН

Физические процессы и явления, протекающие при электроакустическом напылении, являющимся главным инструментом в изменении износостойкости формообразующего инструмента и деталей машин, довольно сложны и неоднозначны. Физическая модель процесса упрочнения изделий машиностроения [2] представлена на рис.2. В первоначальный момент времени подается высокочастотный сигнал с ультразвукового генератора на магнитостриктор, который совершает колебания с частотой подаваемого сигнала. Волновод, совершающий продольно-крутильные колебания за счет особенностей своей конструкции, с зафиксированным на конце электродом, прикреплен к концентратору колебательной скорости. Система управления опрашивает датчик обратной связи таким образом, чтобы на электрод, совершающий продольно-крутильные колебания, был подан разрядный импульс на определенном расстоянии от поверхности упрочняемого образца. В момент подачи разрядного импульса поверхность электрода разогревается приблизительно до 5000°C , при этом в пространстве между электродом и поверхностью упрочняемой детали образуется мельчайшая «капелька» вещества электрода, находящегося в квазижидкой фазе. На «капельку» действует электрическое поле, которое заставляет двигаться ее по направлению к катоду. При этом в момент ее отрыва от электрода, активная площадь взаимодействия ее с окружающей средой равна S_0 . Скорость движения «капельки» будет равна:

$$V_0 = V_1 + V_2 ,$$

где V_1 - скорость, с которой двигается электрод в направлении перпендикулярном относительно плоскости упрочняемой детали; V_2 - скорость, сообщаемая капельке, которая обусловлена действием сил, приложенных со стороны электрического поля.

На «капельку» действует электрическое поле, которое заставляет двигаться ее по направлению к катоду. Продольно-крутильные ультразвуковые колебания оказывают сильное диспергирующее воздействие на «капельку» [3,4]. Иными словами, она распыляется на еще более мелкие «капельки», тем самым, увеличивая активную площадь (S_0) взаимодействия материала электрода с окружающей средой. По истечении полупериода происходит перенос вещества электрода на подложку, т.е. на поверхность упрочняемой детали. Итак, из рис.6. мы видим, что материал упрочняемой детали имеет модуль сдвига G_1 , а напыленный слой модуль сдвига G_2

При этом образуется переходной слой, модуль сдвига которого имеет значение G_{12} . Условие соотношения модулей сдвигов может быть записано в виде

$$G_1 < G_{12} < G_2 .$$

На следующем этапе процесса происходит удар со сдвигом электрода о поверхность детали. Пластически деформированный поверхностный слой имеет модуль сдвига G_3 , а деформированный слой подложки соответственно G_4 .

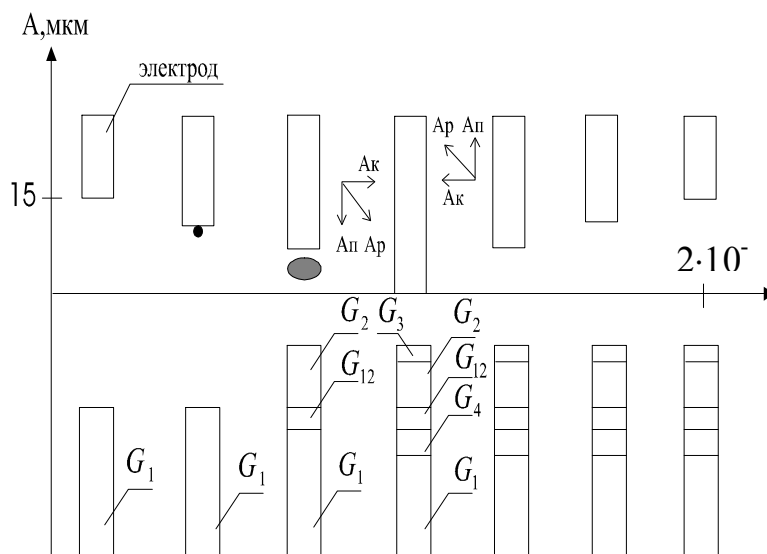


Рис. 2. Физическая модель электроакустического напыления: $G_1, G_{12}, G_2, G_3, G_4$ - соответствующие модули сдвига; \bar{A}_n - вектор амплитуды продольных колебаний; \bar{A}_k - вектор амплитуды крутильных колебаний; \bar{A}_p - результирующий вектор колебаний

Исходя из вышеизложенного, мы предполагаем, что процесс упрочнения электроакустическим напылением детали происходит на барьерном уровне. Первый барьер, препятствующий выходу дислокаций на поверхность, будет образован слоями G_4 и G_{12} , второй барьер слоями G_3 и G_2 .

При упрочнении подложки из высоколегированной стали анодом из твердого сплава получается слой с характерным послойным строением, отличающийся высокой дисперсностью аустенитного зерна и первичных карбидов, что в сочетании с высокой

скоростью кристаллизации подтверждает выдвинутую нами теоретическую гипотезу двойного барьера, препятствующего выходу дислокаций на поверхность.

Выводы

В работе осуществлена интерпретация воздействия высококонцентрированной электрической энергии и энергии комплексных УЗК на обрабатываемую среду, и решена важная научно-техническая проблема создания принципов разработки процессов на основе указанных выше энергий, имеющих важное научное и производственно-техническое значение для повышения эксплуатационной надежности деталей машин и формообразующего инструмента при существенной экономии трудовых и материальных ресурсов. Впервые предложен барьерный механизм обоснования упрочнения деталей машин, а также дана физическая модель механизма образования двойного барьера, препятствующего выходу дислокаций на поверхность.

Список литературы: 1. Гершильд Д.А., Фридман В.М. Ультразвуковая технологическая аппаратура. М., 1976. 318 с. 2. Минаков В.С., Кочетов А.Н. Диагностика и управление в технических системах // Физическая модель электроакустического напыления. Межвуз сб. науч. тр. Ростов-на-Дону. 1998. 3. Берман Л. Ультразвук и его применение в науке и технике. М.: Изд-во иностр. лит., 1967. 726 с. 4. Физические основы ультразвуковой технологии / Под ред. Л.Д. Розенберга. М.: Наука, 1970. С. 165-252.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ДЕФЕКТОВ В СЛОИСТЫХ КОМПОЗИТАХ ОТНОСИТЕЛЬНО КОМПОНЕНТ ВЕКТОРА НАПРЯЖЕНИЙ НА ВНУТРЕННЕЙ ГРАНИЦЕ, СОДЕРЖАЩЕЙ ДЕФЕКТЫ

Макарчик Н.С., Спожакин А.С. (каф. «СМ», ДГТУ, г. Ростов-на-Дону, Россия)

В настоящей работе предлагается метод решения проблемы идентификации расслоений и формулировка систем ГИУ относительно компонент вектора напряжений на внутренней границе, содержащей дефекты. Эти системы являются интегральными уравнениями Фредгольма 1-го рода с гладкими ядрами, поэтому процедура их решения требует регуляризации. Решение их строится на основе сочетания идей метода граничных элементов, метода конечных элементов и метода регуляризации А.Н. Тихонова [1]. Полученные результаты опираются на подходы развитые в работе [2].

Известно, что решение задач с дефектами в рамках линейной теории упругости приводит к сингулярности напряжений в вершинах дефекта. Конечно-элементное моделирование таких объектов требует либо сгущения сетки в окрестности особых точек, либо введения специальных сингулярных элементов [3, 4]. В том случае, когда месторасположение дефекта известно, асимптотическое поведение механических полей в окрестности особых точек определяется по известным методикам [5] и учитывается при численной реализации.

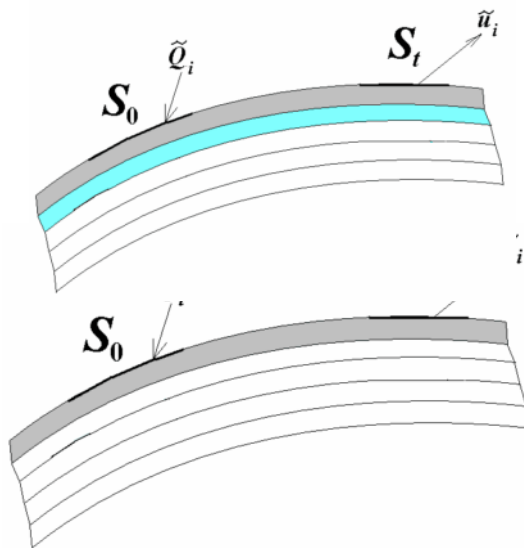


Рис. 1. Последовательность вспомогательных задач ($K_1 = 1$, $K_1 = 2$).

Постановка обратной задачи описана в предыдущей работе.

Рассмотрим краевую вспомогательную задачу для тела $V^2 = \bigcup_{k=1}^{K_1} V_k$, $K_1 < K$ при действии тех же нагрузок на S_0 , причем

поверхность $S_{\text{int}}^{K_1}$ для последнего слоя свободна от напряжений (рассмотрим вначале случай, когда внутри тела V^2 дефектов нет).

Эта задача описывается дифференциальными уравнениями

$$\begin{aligned}\sigma_{ij,j}^{(k)} &= -\rho \omega^2 u_i^{(k)}, \quad k=1,2,\dots,K \quad \underline{x} \in V_k \\ \sigma_{ij}^{(k)} &= c_{ijml}^{(k)} u_{m,l}^{(k)}\end{aligned}$$

относительно \tilde{u}_i , $\underline{x} \in V^2$, граничными условиями вида

$$\begin{aligned}\tilde{u}_i|_{S_u} &= 0, \quad \tilde{t}_i|_{S_t} = \tilde{\sigma}_{ij} n_j|_{S_t} = 0, \\ \tilde{t}_i|_{S_0} &= \tilde{\sigma}_{ij} n_j|_{S_0} = \tilde{Q}_i(\underline{x}, \underline{\xi}), \quad \underline{x}, \underline{\xi} \in S_0\end{aligned}$$

а также условиями отсутствия нагрузок на $S_{\text{int}}^{K_1}$

$$\tilde{t}_i|_{S_{\text{int}}^{K_1}} = 0$$

Замечание 2. Зависимость функций $Q_i^*(\underline{x}, \underline{\xi})$, $\tilde{Q}_i(\underline{x}, \underline{\xi})$ и от $\underline{\xi}$ означает, что может быть рассмотрено некоторое однопараметрическое семейство, например

$$Q_i^*(\underline{x}, \underline{\xi}) = P_i^* \delta(\underline{x} - \underline{\xi}) \quad \tilde{Q}_i(\underline{x}, \underline{\xi}) = \tilde{P}_i \delta(\underline{x} - \underline{\xi}),$$

Замечание 3. Методология построения ГИУ не изменится, если тело V^2 будет содержать известные дефекты (возможно, найденные на предыдущем шаге).

Вывод ГИУ

Рассмотрим случай наличия расслоений и отсутствия разрывов, пусть вспомогательная задача решена, обозначим

$$\tilde{u}^{(k)}|_{S_t} = \tilde{\phi}(\underline{x}, \underline{\xi}), \quad \underline{x} \in S_t, \quad \underline{\xi} \in S_0$$

Введем в рассмотрение оператор

$$F(\underline{u}^0, \underline{p}, \underline{\phi}, \underline{\tilde{Q}}) = \int_{S_0} u_i^0(\underline{x}) \tilde{Q}_i(\underline{x}, \underline{\xi}) dS_x - \int_{S_t} \tilde{\phi}_i(\underline{x}, \underline{\xi}) p_i(\underline{x}) dS_x = F_1(\underline{\xi})$$

Рассмотрим тело, занимающее подобласть V^2 , и применим к нему теорему взаимности работ [2]. Тогда получим, что

$$\int_{S_{\text{int}}^{K_1} \setminus \Gamma} \tilde{u}_i^{(k)}(\underline{x}, \underline{\xi}) t_i^{(K_1)}(\underline{x}) dS_x = F_1(\underline{\xi}) \quad (1)$$

Учитывая, что сомножители подынтегрального выражения в (1) определены всюду на $S_{\text{int}}^{K_1}$ и в силу $t_i^{(k)}|_{\Gamma_q^\pm} = 0$, $q = 1, 2, \dots, M$

$$t_i^{(K_1)}|_{\Gamma} = 0 \quad (2)$$

то соотношение (1) может быть представлено, как система ГИУ по известной границе S

$$\int_{S_{\text{int}}^{K_1}} \tilde{u}_i^{(k)}(\underline{x}, \underline{\xi}) t_i^{(K_1)}(\underline{x}) dS_x = F_1(\underline{\xi}) \quad \xi \in S_0 \quad (3)$$

При численной реализации решения системы ГИУ (3) основой идентификации трещин служат два свойства решения: соотношения (2) и сингулярное поведение компонент вектора напряжений на краях трещин.

Список литературы: 1. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. М.: Наука, 1979. 285с. 2. Ватульян А.О., Соловьев А.Н. Некоторые полуявные алгоритмы реконструкции интерфейсных трещин. // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Естесств. науки. 2003, N 3. С. 20-24. 3. Новацкий В. Теория упругости. М.: Мир. 1975. 872 с. 4. Белоконь А.В., Еремеев В.А., Наседкин А.В., Соловьев А.Н. Блочные схемы метода конечных элементов для динамических задач акустоэлектроупругости // ПММ. 2000. Т. 64. Вып. 3. С.381-393. 5. Наседкин А.В., Петушков А.Л., Соловьев А.Н. Разработка визуализации и управления в конечно-элементном комплексе ACELAN // Зимняя школа по механике сплошных сред (тринадцатая). Школа молодых ученых по механике сплошных сред. Тезисы докладов. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. С. 274.

ОПТИМАЛЬНАЯ ЛИНЕЙНАЯ СКОРОСТЬ ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ ПРИ МАГНИТОАБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКЕ СТАЛИ 40

Полищук В. С., Доценко К. И., Сагдеева Ф. Н., Яценко Г. В. (НТЦ
«Реактивэлектрон» НАН Украины, Донецк, Украина)

Магнитноабразивная обработка (МАО) деталей изделий является на сегодняшний день наиболее перспективным направлением финишной обработки [1]. Для МАО используется магнитноабразивный порошок (МАП). Он должен обеспечивать максимальную твердость абразивной компоненты и хорошие магнитные свойства матрицы [2]. НТЦ «Реактивэлектрон» НАН Украины занимается разработкой и испытанием полирующих свойств МАП. Для этой цели была создана экспериментальная установка (рис. 1). Эксперименты по влиянию линейной скорости обрабатываемой поверхности детали на эффективность МАО проводили с МАП, где в качестве абразивной составляющей были использованы частицы карбида титана размером 5-7 мкм, а магнитной матрицей МАП - железный порошок марки ПЖР3.200.28 фракции менее 40 мкм. Величина магнитного поля в рабочем зазоре между сердечником магнита и обрабатываемой деталью – 1 Тл. МАО подвергали кольца Ø36х26 и h20 мм из стали 40 твердостью 159,2 НВ. Композиционный МАП получали высокотемпературным спеканием железа с карбидом титана в вакууме. Крупность спеченного, дробленного и отсеянного МАП составляла 250-300 мкм. После каждого эксперимента по МАО определяли удельный съем металла с обрабатываемого образца, фракционный состав зерна отработанного МАП и шероховатость поверхности детали.

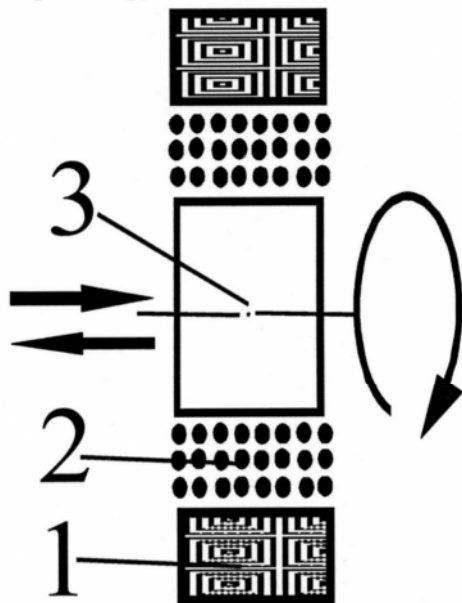


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки для исследования свойств МАП: 1 – соленоид; 2 – МАП; 3 – обрабатываемая деталь.

В процессе МАО удельный съем металла с обрабатываемой детали увеличивался (рис. 2), а скорость удельного съема падала. Через 20-30 мин МАО скорость удельного съема практически стабилизировалась.

Средний размер отработанного зерна МАП в процессе работы уменьшался. Его стабилизация происходила не позже, чем через 0,5 часа после начала МАО (рис. 3). Уменьшение размера зерна МАП связано с его разрушением. При этом немагнитные частицы абразивной составляющей МАП, отделяющиеся от железной магнитной составляющей, не удерживаются в магнитном поле рабочей зоны и удаляются за ее пределы. Процесс истирания зерен карбида титана также имеет место, но не является доминирующим. Одновременно с потерей веса исходного МАП происходит его увеличение за счет магнитных продуктов износа обрабатываемой детали, возникающих в процессе полирования (рис. 4). Продукты износа представляют собой окисленные частицы обрабатываемого материала (стали 40).

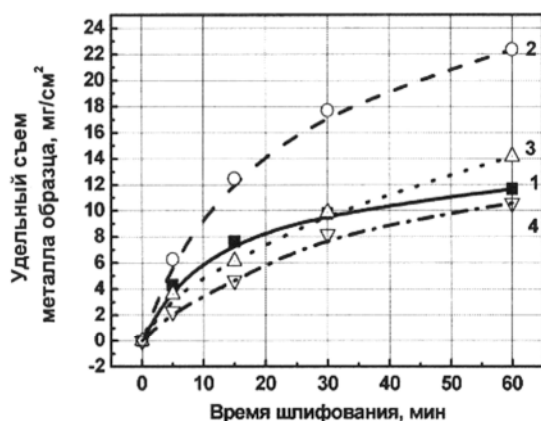


Рисунок 2 - Изменение удельного съема металла образца при шлифовании.

МАП: Спеченный порошок Fe и TiC. Полируемая деталь: сталь 40 (159,2 НВ). Линейная скорость обрабатываемой поверхности детали: 1 – 2,2 м/с; 2 – 3,8 м/с; 3 – 5,8 м/с; 4 – 9 м/с.

после начала МАО, когда основной вклад в процесс полирования вносили абразивные частицы исходного МАП. По мере того, как из зоны полирования уходили частицы немагнитной абразивной составляющей, а вместо них приходили окисленные

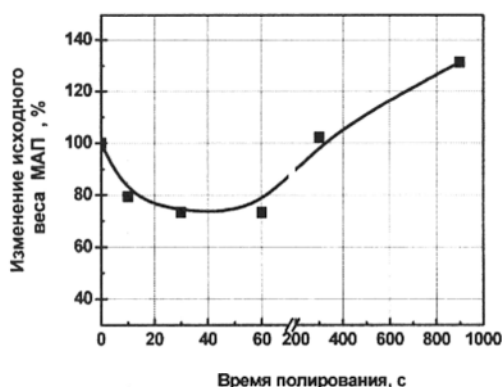


Рисунок 4 - Изменение исходного веса отработанного МАП при шлифовании. МАП: Спеченный порошок Fe и TiC. Полируемая деталь: сталь 40 (159,2 НВ). Линейная скорость обрабатываемой поверхности детали: 3,8 м/с

Вес отработанного МАП через час полирования был больше, чем сумма весов исходного МАП и веса снятого за это время металла с полируемой детали. Твердость оксидов железа выше, чем материала обрабатываемой детали, но ниже, чем карбида титана, поэтому процесс полирования продолжается, но уже с меньшей скоростью. В этой исследовательской работе были проделаны опыты с разными МАП. При этом скорость удельного съема для них отличалась только в первые 10-30 минут

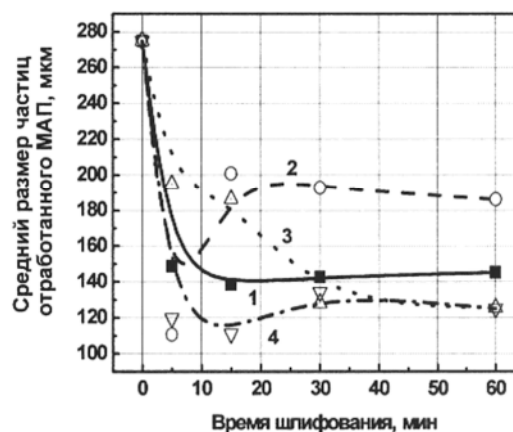


Рисунок 3 - Изменение среднего размера зерна отработанного МАП при шлифовании. МАП: Спеченный порошок Fe и TiC. Полируемая деталь: сталь 40 (159,2 НВ). Линейная скорость обрабатываемой поверхности детали: 1 – 2,2 м/с; 2 – 3,8 м/с; 3 – 5,8 м/с; 4 – 9 м/с.

частички стали с детали полируемого образца, скорости удельного съема металла обрабатываемой детали для различных МАП выравнивались. Такой ход развития процесса МАО магнитных сталей имеет место лишь при прочих равных условиях полирования. Для различных скоростей полирования будут устанавливаться разные скорости удельного съема металла с обрабатываемой детали (рис. 5). Но при максимальном среднем размере зерна отработанного МАП будет устанавливаться максимальная скорость

удельного съема металла полируемой детали (рис. 6). Максимальный размер отработанных частиц МАП наблюдается при линейной скорости обрабатываемой поверхности детали - 3,8 м/с. По видимому, при этой скорости устанавливается оптимальный температурно- скоростной режим резания. Таким образом, существует

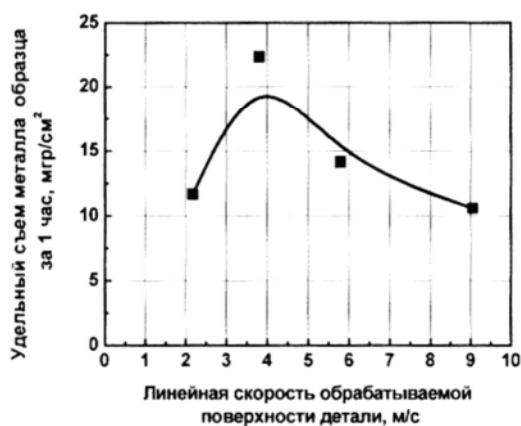


Рисунок 5 - Зависимость удельного съема металла детали при шлифовании МАП в течение 1 часа от линейной скорости обрабатываемой поверхности. МАП: Спеченный порошок Fe и TiC. Полируемая деталь: сталь 40 (159,2 НВ).

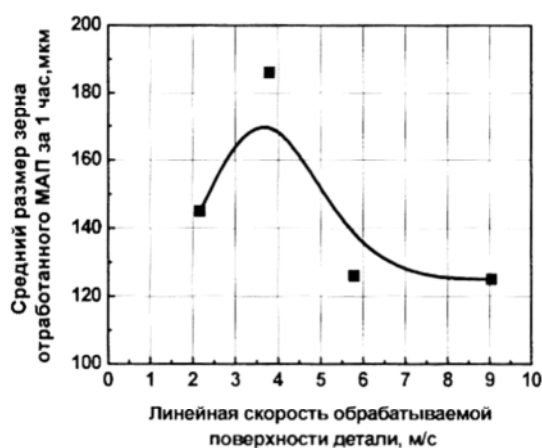


Рисунок 6 - Зависимость изменения среднего размера зерна отработанного МАП при шлифовании за 1 час от линейной скорости обрабатываемой поверхности детали. МАП: Спеченный порошок Fe и TiC. Полируемая деталь: сталь 40 (159,2 НВ).

скорость, при которой отработанные частицы МАП имеют максимальный размер (рис. 6). А максимальный размер частиц МАП обеспечивает максимальную скорость удельного съема металла с обрабатываемой детали [1]. Поэтому рисунки 5 и 6 имеют подобные кривые.

Выводы

В начальной стадии МАО конструкционной стали 40 композиционными магнитоабразивными порошками на основе железа и карбида титана наблюдается максимальная скорость удельного съема металла. С увеличением времени полирования решающее влияние на удельный съем металла начинают оказывать магнитные продукты износа полируемой детали, количество которых зависит от линейной скорости обрабатываемой поверхности детали. При этом величина скорости удельного съема металла определяется, в основном, линейной скоростью вращения поверхности обрабатываемой детали.

На основании экспериментальных данных показано, что 3,8 м/с является оптимальной линейной скоростью обрабатываемой поверхности детали для магнитоабразивной обработки стали 40.

Список литературы: 1. Барон Ю. М. Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущих инструментов. Л.: Машиностроение. 1986-176 с. 2. Полищук В. С. Интенсификация процессов получения карбидов, нитридов и композиционных материалов на их основе. Севастополь: «Вебер», 2003-327 с.

НОВЫЕ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОТДЕЛКИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Сапаров Ф.А. (каф ТМ, ДонНТУ, Украина каф ТМ)

Создание методов отделочной обработки зубьев направленно на повышение качества зубчатых колес и передач, а также производительности обработки. Из новых методов зубообработки получили распространение зубошлифование профильными и червячными кругами из эльбора, зубохонингование охватывающим хоном, а также зуботочение закаленных зубчатых колес твердосплавным инструментом. В таблице приведены основные технические характеристики станков, на которых выполняется обработка этими методами.

Обработка профильным эльборовым кругом наиболее экономична в условиях крупносерийного и массового производства, так как для каждого конкретного колеса требуется шлифовальный круг определенного профиля.

Шлифовальные эльборовые круги представляет собой стальной корпус с точно отшлифованным базовым профилем, на который гальваническим способом нанесено однослойное эльборовое покрытие с никелевой или иной связкой.

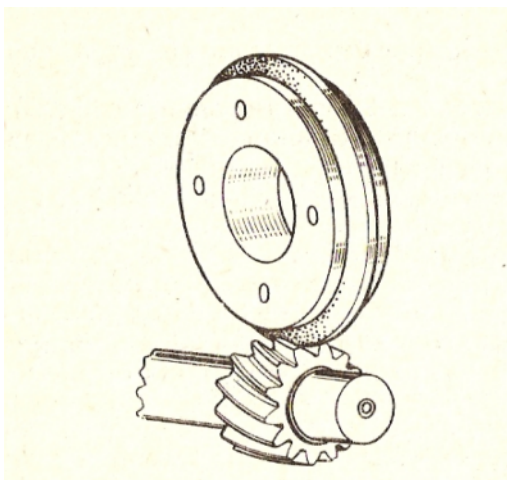


Рисунок. 1. Схема шлифования зубчатого колеса профильным эльборовым кругом

Шлифование эльборовым кругом не требует прерывания обработки для правки круга, гарантирует постоянные высокую точность профиля зуба зубчатого колеса и структуре его поверхности. Использование кругов малого диаметра (до 25 мм) дает возможность шлифовать колеса с внутренними зубьями и такой конфигурации, которые раньше шлифовать было невозможно.

Крепление стального корпуса круга на шпиндель станка с минимальными зазорами по отверстию и прижатием к торцу шпинделя обеспечивает высокую точность положения рабочей поверхности круга относительно оси его вращения. Все более широкое применение находит правка абразивного обкаточного инструмента объемным алмазным инструментом или эльборовым инструментом, выполненным в виде зубчатого колеса с параметрами, соответствующими параметрам обрабатываемого колеса.

Так, фирма «Рейсхауер» (Швейцария) {1} выпускает зубошлифовальный станок RZP, инструментом в котором является абразивный глобоидный червяк, правка которого производится зубчатым колесом с алмазным покрытием. Таким образом выполняется правка зубчатых нанов зубохонинговальных станках, выпускаемых фирмой «Фесслер» (Швейцария). Метод зубохонингование

«Фесслер» (Швейцария) основан на применении зубчатого хона с внутренними зубьями, (рис 1) который прессуется по точному фрезерованному колесу и периодически правится на этом же зубохонинговальном станке алмазным правящим колесом. Достигает устранения забоин и уменьшение шероховатости поверхности зубьев. Толщина срезаемого слоя до 0,03-0,05 мм на толщину зуба, время зубохонингования и правка хона алмазным колесом около 1 мин.

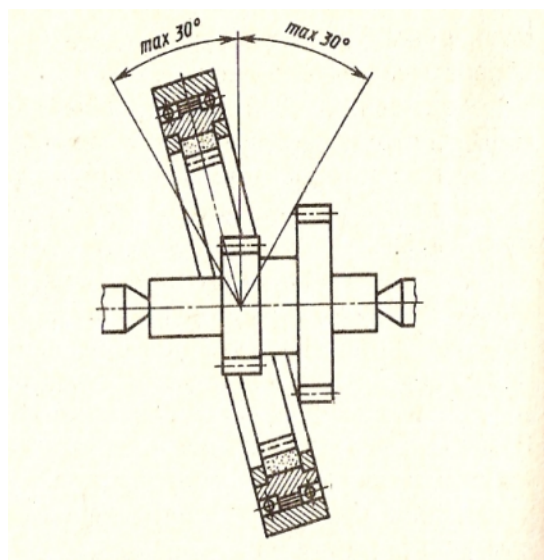


Рисунок. 6. Схема хонингования зубчатого колеса хонем с внутренними зубьями

Станок D-250 позволяет обрабатывать одновенцовые и многовенцовые зубчатые колеса диаметром до 250 мм при ширине зубчатого венца до 500 мм.

Работа ВНИИАЛМАЗа и ГАЗа {1} показали, что зубчатые хоны, изготовленные нанесением алмазного порошка АСВ 80/63 на точное металлическое основание, обеспечивают обработку до 10 колес с $m=3,5$ $z=25$ при толщине срезаемого слоя 0,02-0,03 мм на толщину зуба и устранении забоин глубиной 0,1 мм.

ЦНИИТМАШШ и ГАЗ разработали и применяют метод зубоотделочной обработки плоским эльборовым кругом при нулевом угле станочного зацепления без кинематической связи заготовки и инструмента при обработке и делении.

Обрабатываются прямозубые колеса $b \leq 35$ мм, обеспечиваются: отсутствие искажения эвольвентного профиля зубьев колеса благодаря отсутствию кромочного контакта инструмента и заготовки; модификация продольного профиля зубьев колеса с погрешностью 5 мкм; возможность обработки эвольвентных колес произвольного с погрешностью 5 мкм; возможность обработки эвольвентных колес произвольного исходного контура универсальным инструментом; минимальное влияние износа инструмента на точность колеса. Время обработки одного зуба около 0,1 мин.

Таким образом, изложенные рекомендации использованы при разработке технологического процесса изготовления вал-шестерня подъемно-погрузочного комбайна 7 степени точности.

Список литературы: 1. Тайца Б.А., Коган Г.И., «Производство зубчатых колес» справочник М.Машиностроение 1990 – 464 стр. 2. Гинзбург Е.Г. «Производство зубчатых колес» Ленинград .Машиностроения выпуск-3, 1978 – 133стр.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОКОМПОЗИТОВ

Севастьянов К.Д., Рыбинская Т.А., Шаповалов Р.Г.

(кафедра механики, ТТИЮФУ, г. Таганрог, Россия)

Масштабная научно-технологическая революция нашего времени связана с возникновением и развитием нанотехнологий. Россия является одним из важнейших элементов формирующейся мировой нанотехнологической системы.

Последние годы стали переломными для России с точки зрения стратегии экономического развития страны: ее приоритеты начали разворачиваться от прежних «сырьевых» – к «высокотехнологичным». Акцент смещается в сторону стимулирования спроса на инновации. Это принципиально важное изменение государственной политики. Инновационная экономика в России – это уже не только планы, а реально формирующаяся система.

Наиболее интересные перспективы открываются при использовании нанотехнологий для создания композиционных материалов. Формирование наноструктуры может происходить как за счет кластерных выделений в аморфных матрицах, так и за счет поверхностного либо объемного модифицирования наночастицами металлических, керамических и полимерных материалов. При этом можно получать материалы, обладающие уникальными свойствами: высокими каталитическими и магнитными характеристиками, селективной поглощающей способностью, триботехническими свойствами, термо- и химической стойкостью, высокими прочностью и пластичностью.

Рассмотрим более подробно магнитные, каталитические и триботехнические материалы, использование которых становится повсеместным. Для реализации всех преимуществ нанокompозитов необходимо изучение закономерностей поведения наносистем при изготовлении из них изделий.

Проведенные исследования показали перспективность использования нанотехнологий и нанокompозитов магнитного класса для защиты от электромагнитного излучения технических средств и биологических объектов. Наноматериалы позволяют, во-первых, расширить рабочий диапазон частот и, во-вторых, увеличить эффективность экранирования и поглощения электромагнитных волн.

К настоящему времени разработаны и испытаны несколько модификаций систем защиты приборных и навигационных комплексов, эффективно работающих в кило- и мегагерцовом диапазоне. Успешно прошли испытания системы экранирования кабельных трасс и силовых сетей, а также легких защитных жилетов, которые могут быть использованы для сварщиков, экипажей транспортных систем и персонала, обслуживающего оборудование, генерирующее сильные электромагнитные поля.

Помимо гражданского применения, использование нанокompозитов магнитного класса в системах электромагнитной защиты интерференционного класса позволяет решить проблему заметности объектов военной техники, обеспечить защиту приборных комплексов от электромагнитного оружия. Еще одна важная сфера использования нанокompозиционных материалов – это противодействие террористической деятельности.

Другое перспективное направление применения наноматериалов связано с созданием каталитических систем, прежде всего для решения проблем водородной энергетики. Активно проводятся работы по созданию систем паровой конверсии углеводородного топлива и химической регенерации тепла для гиперзвуковых летательных аппаратов. Процессы паровой конверсии топлива и химической регенерации тепла реализуются в термохимических реакторах, на внутреннюю поверхность которых наносятся наноструктурные катализаторы на основе системы Ni-Cr-Al-La. При этом источником энергии для осуществления реакции преобразования углеводородного топлива в водород служит тепло, получаемое вследствие аэродинамического нагрева обшивки летательного аппарата.

Испытания показали, что эти покрытия, наряду с динамической прочностью и высокоразвитой поверхностью, обладают эффективностью преобразования газообразного топлива до 80 %. Согласно

расчетам, использование нанокompозитов каталитического класса позволит увеличить КПД двигателя на 15–20 % и повысить энергоемкость топлива на 25–30 %.

Так же активные действия принимаются по решению проблем создания систем накопления и хранения водорода и мембранными технологиями для сепарации водородсодержащего топлива. Высокая каталитическая активность нанокompозитов дает основания для оптимистических прогнозов относительно перспектив подобных технологий.

Следующее из перспективных направлений – это применение нанокompозитов и углепластиков с наномодификаторами в триботехнике.

При создании данного класса материалов в качестве наномодификаторов могут использоваться полиэдральные многослойные углеродные наноструктуры фуллероидного типа со средним размером частиц 60–200 нанометров (астралены), ультрадисперсные фторопласты с размером частиц до 100 нм, а также высокодисперсные металлические порошки никеля, меди, баббита.

Нанокompозиты триботехнического класса характеризуются высокой надежностью, размерной стабильностью, длительным сроком службы и экологической безопасностью при эксплуатации.

Новые материалы найдут применение в подшипниках рулевых машин, рулевых, выдвижных и дейдвудных устройств судов и кораблей всех классов и назначений, в том числе скоростных пассажирских судов и катеров, строящихся экспортных судов и кораблей с динамическими принципами поддержания.

В гидротурбиностроении, насосостроении и тяжелом машиностроении нанокompозиты будут использоваться: в подшипниках скольжения направляющих аппаратов гидротурбин, в торцевых уплотнениях, в шеевых уплотнениях вала, в подшипниках и торцевых уплотнениях вала насосов поддержания пластового давления на нефтяных месторождениях, в насосах атомных ледоколов, в подшипниках шагающих экскаваторов и другой дорожно-строительной технике. Уже имеется успешный опыт эксплуатации торцевых уплотнений из нанокompозитов для гидротурбин ГЭС «ТЭРИ» (Индия Tata Energy Research Institute [TERI]) и Эль-Кахон (Мексика ElCajon).

Учитывая значительные потребности российской промышленности в подобных изделиях, на территории нашей страны реализовано их производство.

Сфера интересов в области создания нанокompозитов весьма широка и включает как конструкционные материалы – металломатричные композиты на основе легких металлов Al, Ti, Mg, сверхпрочные стали, объемно легированные нанокompозитами, жаропрочные наноматериалы с повышенной теплопроводностью, сварочные материалы, модифицированные нанокompозитами, сверхтвердые нанокompозиты, так и функциональные материалы – функционально-градиентные покрытия с эффективной защитой от внешних воздействующих факторов, особочувствительные сенсорные материалы для измерения физических полей и т.п.

Разработка и внедрение нанотехнологий и нанокompозитов приведут к революционным преобразованиям в самых различных областях промышленности, в том числе судостроении, авиастроении, химии, энергетике, медицине, биологии, экологии. Мы уверены, что российская nanoиндустрия должна создаваться на базе высокотехнологичных организаций, в первую очередь, государственных научных центров. При этом необходимо обеспечить метрологическое сопровождение нанотехнологических процессов. Выполнение комплексных междисциплинарных исследований позволит развернуть научные разработки в области нанотехнологий, создавать новые классы нанокompозитов и на их основе – конкурентоспособные серийные изделия. Успешное решение этих задач способствует технологической и экономической конкурентоспособности и безопасности России.

Список литературы: 1. Щука А.А. Нанoeлектроника. – М.: Физматкнига, 2007. – 464 с. 2. Наноматериалы. Нанотехнологии. Наносистемная техника. Мировые достижения за 2005 год // Сборник под редакцией д.т.н., проф. П.П. Мальцева. – М.: Техносфера, 2006. – 152 с. 3. Горынин И. Нанокompозиты: преимущества и перспективы // Технополис, 2005, № 5.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ДОВЕДЕННЯ КЕРАМІКИ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ МОДЕРНІЗОВАНОГО ВЕРСТАТА

Сергєєчева О.С., Калафатова Л.П. (каф. МВІ, ДонНТУ, м. Донецьк, Україна)

Важливою областю застосування технічної кераміки є виробу триботехнічного призначення, наприклад, торцеві герметичні ущільнення, використання яких забезпечує високі вимоги по зносостійкості вузлів, що обумовлено важкими режимами навантаження в умовах абразивного забруднення (гірничі, шляхово-транспортні машини). У технологічному процесі виготовлення торцевих герметичних пристроїв передбачене застосування алмазного шліфування з наступним доведенням, що дозволяє досягти необхідних точності й характеристик мікрорельєфу робочої поверхні. Вимоги до точності розмірів [1] і форми поверхневого шару прецизійних деталей машин і приладів можуть бути забезпечені на остаточних операціях виготовлення методами абразивного доведення. Доведення [2] є остаточним методом обробки виробів із кераміки, що забезпечує високу якість поверхневого шару з шорсткістю до $Rz=0,050...0,010$ мкм.

Для проведення наукових досліджень щодо визначення оброблюваності різних видів технічної кераміки на операціях доведення був спроектований спеціальний верстат на базі модернізованого настільного вертикально-свердільного верстату. Для цього за результатами аналізу існуючих компоновок доводочних верстатів був вибраний найбільш придатний варіант компоновки, а також спроектовані елементи пристрою для доведення в складі стола для кріплення чавунного притиру і доводочної голівки.

Стіл для кріплення чавунного притиру (рис. 1) складається з корпусу 5, на якому встановлена безпосередньо поворотна частина приладу.

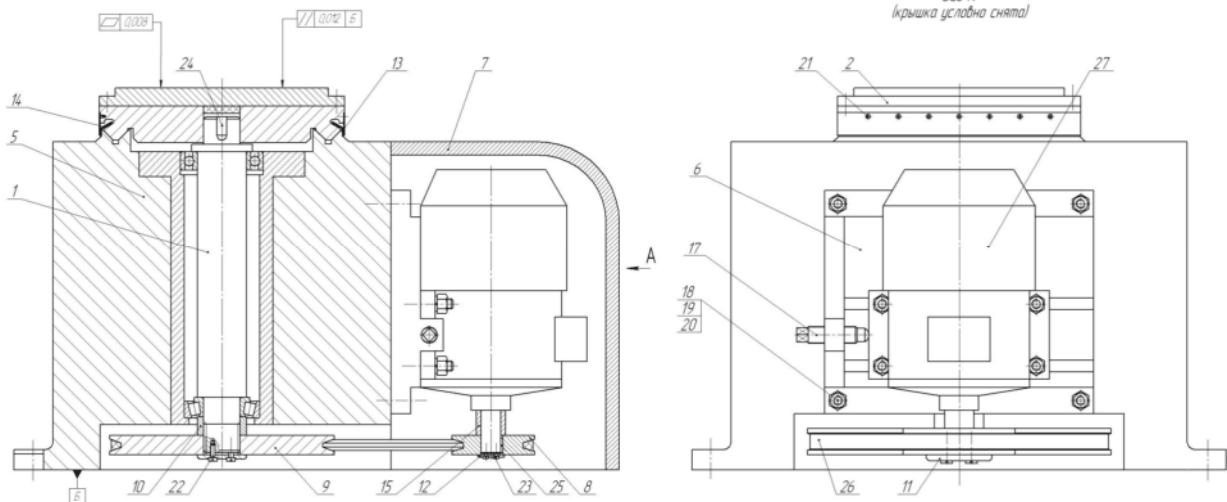


Рис. 1. Стіл пристрою для доведення кераміки

На поворотному столі встановлена знімна плита 2, на яку встановлюється чавунний притир. Вал 1 збирається поза складальним вузлом і встановлюється в посадкові отвори корпусу й кришок.

Обертання стола відбувається по круговим напрямним V-образного конічного профілю. Захист напрямних від пилу здійснюється завдяки лабіринтовим ущільненням 13 й 14.

Обертання стола здійснюється від електродвигуна 27 через пасову передачу на вал 1. Електродвигун кріпиться до плити 6 і при обертанні гвинта 17 має можливість переміщатися по напрямних для регулювання натягу ремня.

Конструкція доводочної голівки (рис. 2) включає дві пасові передачі. Кріплення голівки в шпindel верстата здійснюється за допомогою конуса 2. На другому веденому шківі розташований палець 3, на який кріпиться заготовка.

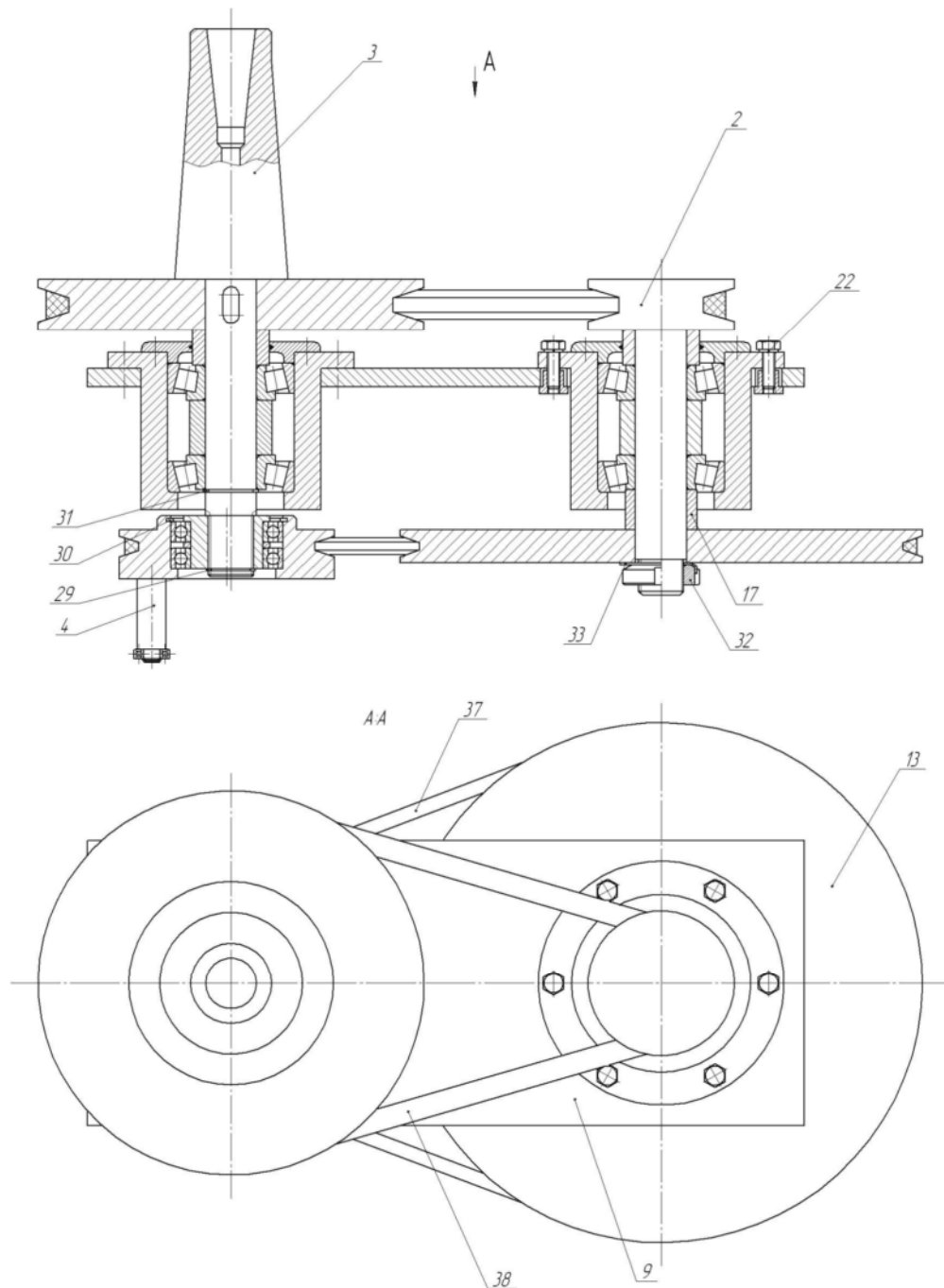


Рис. 2. Доводочна голівка

Натяг ремня 16 у першій передачі здійснюється шляхом зсуву стакану в пазу, що фіксується втулкою з різьбленням 9, болтом 18 і гайкою 19.

Натяг ремня 17 у другій передачі здійснюється поворотом ексцентрикової втулки, розташованої на шліцах.

У результаті виконаних конструкторських робіт був спроектований верстат для доведення малогабаритних виробів із кераміки на базі настільного вертикально-свердильного верстата.

Пристроєм для доведення був модернізований настільний вертикально-свердильний верстат, ефективність якого була підтверджена при проведенні лабораторних досліджень щодо визначення оброблюваності різних типів антифрикційної кераміки на операціях доведення.

Так доведення торцевих герметичних ущільнень із використанням вільного абразиву здійснювалося на модернізованому верстаті на базі настільного свердильного верстата з використанням чавунних плит - притирів, які підготовлялися по методу 3-х плит (перша плита - притирається по другій, потім по третій, третя плита - по першій, потім по другій, друга плита - по третій, потім по першій). При цьому використовували послідовно алмазні пасти зернистістю 28/20, 10/7 й 3/2.

Відповідно до рекомендацій [1] контактний тиск на поверхню, що доводиться, складав $p=0,11$ МПа, а швидкість переміщення керамічного кільця по притиру 3 м/с. При цих умовах середні значення сил різання на окремих зернах не перевищували значень, при яких виникає розтріскування оброблюваної поверхні.

В результаті досліджень було встановлено, що вибір режимів і зернистості абразивного порошку визначається вимогами до висотних параметрів мікрорельєфу виробів з кераміки й продуктивності процесу. Граничні значення рівня мікронерівностей визначаються поряд із розміром зерна також і фізико-механічними й структурними властивостями оброблюваного матеріалу.

Домінуючим фактором [3], що впливає на якість (шорсткість) і продуктивність процесу шліфування вільним абразивом є розмір зерна шліфувального порошку. Зі збільшенням розміру зерен зростає шорсткість формованої поверхні залежність якої має вид $R_a \approx (0,01...0,02)d_3$. Якість поверхні після доведення залежить від швидкості процесу й питомого тиску. Зі збільшенням швидкості й зменшенням питомого тиску величина шорсткості оброблюваної поверхні знижується.

Продуктивність процесу доведення зі збільшенням швидкості й тиску [4] в зоні обробки зростає доти, поки зростання тиску не супроводжується роздавлюванням зерен абразиву й порушенням умов обробки.

Спроектований верстат може також бути рекомендований для реалізації операції доведення малогабаритних виробів із кераміки в дрібносерійному виробництві.

Перелік посилань: 1. Орлов П.Н. Технологическое обеспечение качества деталей методами доводки. – М.: Машиностроение, 1988. – 384 с. 2. Алмазная обработка технической керамики / Д.Б. Ваксер, В.А. Иванов, Н.В. Никитков, В.Б. Рабинович. - Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1976. - 160 с. 3. Бабаев С.Г., Садыгов П.Г. Притирка и доводка поверхностей деталей машин. – М.: машиностроение, 1972. – 120 с. 4. Ящерицын П.И., Попов С.А., Наерман М.С. Прогрессивная технология финишной обработки деталей. – Мн.: Беларусь, 1978. – 173 с.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ДЕФЕКТОВ В СЛОИСТЫХ КОМПОЗИТАХ ОТНОСИТЕЛЬНО СКАЧКОВ СМЕЩЕНИЙ

Спожакин А.С., Макарович Н.С. (каф. «СМ», ДГТУ, г. Ростов-на-Дону, Россия)

В статье предлагается метод реконструкции дефектов в слоистых композитах в виде расслоений (интерфейсные трещины). Обратные геометрические задачи реконструкции трещин сводятся к решению последовательности систем граничных интегральных уравнений (ГИУ), полученных на основе принципа взаимности работ при установившихся колебаниях исследуемых образцов. Решение ГИУ проводится на основе сочетания метода конечных элементов (МКЭ), метода граничных элементов (МГЭ) и метода регуляризации А.Н. Тихонова. Дополнительной информацией для решения обратных задач служит поле смещений, измеренное на части внешней границы тела, свободной от механических напряжений. Рассмотрен численный пример идентификации расслоения относительно скачков смещений в рамках плоской задачи теории упругости.

Введение

Определение месторасположения и размеров дефектов является актуальной задачей неразрушающего контроля качества изделий, сварных и клеевых соединений. Рассмотрение подобных проблем в рамках линейной теории упругости приводит к решению обратных геометрических задач. В тех случаях, когда расположение дефекта определяется составным характером конструкции. Задача определения координат дефекта, расположенного на границе раздела сред, может быть исследована при помощи методики, основанной на решении прямых задач, с заданными параметрами дефекта, предложенной в [1, 2] для полубесконечных сред.

Известно, что наличие дефекта в конечном упругом теле приводит изменению как его резонансных частот, так и форм колебаний [3, 4]. При этом одни формы оказываются весьма чувствительными к наличию дефекта, а другие нет [5]. На этом свойстве основан совершенно иной подход к проблеме идентификации интерфейсных дефектов, в основе которого лежат как модальный анализ и метод конечных элементов (МКЭ) [6], так и процедура аналитического продолжения полей упругих смещений и напряжений от границы внутрь области [7, 8].

Постановка обратной задачи

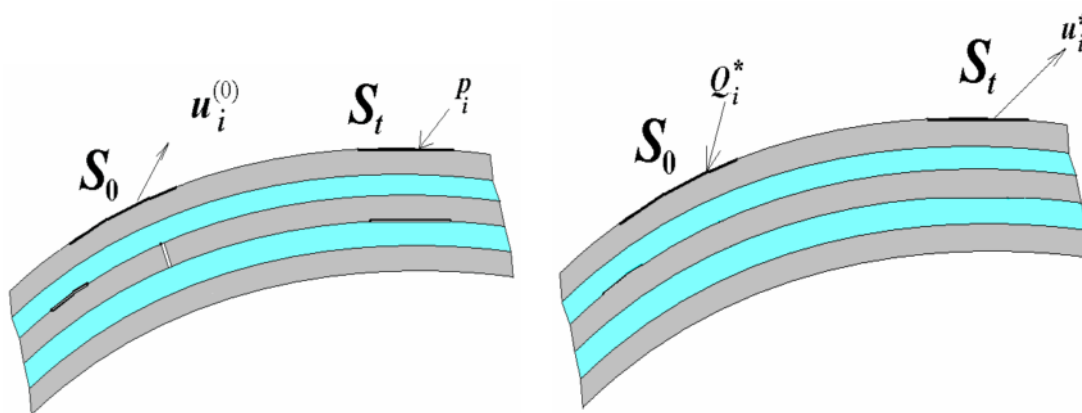


Рис. 1. Образец с дефектами и без дефектов

В декартовой прямоугольной системе координат $Ox_1x_2x_3$ ($\underline{x} = (x_1, x_2, x_3)$) рассматривается конечное составное упругое тело, занимающее область $V = \bigcup_{k=1}^K V_k$ (рис.1 слева) и ограниченную поверхностью S . Подобласти V_k представляют собой слои, S_{int} - внутренние интерфейсные поверхности раздела подобластей. На поверхности S задано разбиение $S = S_u \cup S_t \cup S_{fr}$ (части которого, не пересекаются), часть S_u - закреплена, на S_t задан вектор напряжений, S_{fr} - свободна от напряжений. На поверхности S_{fr} выделяется, часть S_0 - свободна от напряжений и доступна для измерения вектора смещений ($S_0 \subset S_{fr}$). Имеется система непересекающихся трещин $\Gamma = \bigcup_{q=1}^M \Gamma_q$, ($\Gamma_q = \Gamma_q^{(+)} \cup \Gamma_q^{(-)}$), которые расположены на внутренних поверхностях S_{int} (расслоения) рис. 1. Краевая задача, в которой кроме определения характеристик НДС, требуется определить геометрию системы трещин Γ , формулируется следующим образом. Она состоит из уравнений линейной теории упругости [8] в случае установившихся колебаний

$$\sigma_{ij,j}^{(k)} = -\rho \omega^2 u_i^{(k)}, \quad k=1,2,\dots,K \quad \underline{x} \in V_k \quad (1)$$

$$\sigma_{ij}^{(k)} = c_{ijml}^{(k)} u_{m,l}^{(k)} \quad (2)$$

граничных условий прямой задачи $u_i^{(k)}|_{S_u} = 0$, $t_i^{(k)}|_{S_t} = \sigma_{ij}^{(k)} n_j|_{S_t} = p_i$, $t_i^{(k)}|_{S_{fr}} = 0$ условий непрерывности на $S_{\text{int}} \setminus \Gamma$

$$u_i^{(k)}|_{S_{\text{int}} \setminus \Gamma} = u_i^{(k+1)}|_{S_{\text{int}} \setminus \Gamma}, \quad t_i^{(k)}|_{S_{\text{int}} \setminus \Gamma} = t_i^{(k+1)}|_{S_{\text{int}} \setminus \Gamma} \quad (3)$$

условий на берегах трещин

$$t_i^{(k)}|_{\Gamma_q^\pm} = 0, \quad q=1,2,\dots,M \quad (4)$$

и дополнительных условий, отвечающих измерению вектора смещений на S_0

$u_i^{(k)}|_{S_0} = u_i^0$, где $\sigma_{ij}^{(k)}$, $c_{ijml}^{(k)}$ - компоненты тензоров напряжений и упругих постоянных, $u_i^{(k)}$ компоненты вектора смещений, $\rho^{(k)}$, ω - плотность и круговая частота колебаний, n_j - компоненты единичных векторов внешней нормали к соответствующим поверхностям.

Замечание 1. На практике обычно задается не распределение вектора перемещений на S_0 , а значения перемещений в некотором наборе точек, соответствующих местам установки датчиков, причем аналог (4) имеет вид: $u_i^{(k)}(\underline{x}_m) = u_{im}^0$, $\underline{x}_m \in S_0$, $m=1,2,\dots,M$

Вспомогательная задача

Рассмотрим краевую задачу - для тела V^1 без дефектов, тогда на внутренней поверхности S_{int} граничные условия будут соответствовать непрерывности векторов смещений и напряжений.

Эта задача состоит из дифференциальных уравнений движения (1),(2) относительно

$u_i^{(k)*}$, $\underline{x} \in V_k$ и граничных условий:

$$u_i^{(k)*}|_{S_u} = 0, \quad t_i^{(k)*}|_{S_t} = \sigma_{ij}^{(k)*} n_j|_{S_t} = 0, \quad t_i^{(k)*}|_{S_0} = \sigma_{ij}^{(k)*} n_j|_{S_0} = Q_i^*(\underline{x}, \underline{\xi}), \quad \underline{x}, \underline{\xi} \in S_0$$

и условий непрерывности на S_{int}

$$u_i^{(k)*}|_{S_{\text{int}}} = u_i^{(k+1)*}|_{S_{\text{int}}}, \quad t_i^{(k)*}|_{S_{\text{int}}} = t_i^{(k+1)*}|_{S_{\text{int}}} \quad (5)$$

Вывод ГИУ

Рассмотрим случай наличия расслоений, предположим, что найдено решение классической задачи и обозначим

$$u^{(k)*}|_{S_t} = \phi^*(\underline{x}, \underline{\xi}), \quad \underline{x} \in S_t, \quad \underline{\xi} \in S_0,$$

Введем в рассмотрение оператор

$$G(u^0, \underline{p}, \underline{\phi}^*, \underline{Q}^*) = \int_{S_0} u_i^0(\underline{x}) Q_i^*(\underline{x}, \underline{\xi}) dS_x - \int_{S_t} \phi_i^*(\underline{x}, \underline{\xi}) p_i(\underline{x}) dS_x = G_1(\underline{\xi})$$

Применим к телам V и V^1 теорему взаимности работ [8] и с учетом условий непрерывности (3) на $S_{\text{int}} \setminus \Gamma$ и (5) на S_{int} , получим, что

$$\int_{\Gamma} t_i^{(k)*}(\underline{x}, \underline{\xi}) \chi_i(\underline{x}) dS_x = G_1(\underline{\xi}) \quad (6)$$

где $\chi_i(\underline{x})$ - скачки компонент вектора перемещений на трещинах, при этом на $S_{\text{int}} \setminus \Gamma$ этот скачки равны нулю. Обозначим

$$X_i(\underline{x}) = \begin{cases} \chi_i & \text{при } \underline{x} \in \Gamma \\ 0 & \text{при } \underline{x} \in S \setminus \Gamma \end{cases}$$

Тогда соотношение (6) представляет собой систему интегральных уравнений (при интегрировании по известной поверхности S_{int}) относительно функций $X_i(\underline{x})$, $\underline{x} \in S_{\text{int}}$

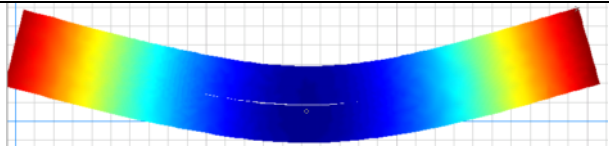
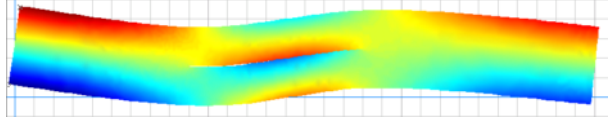
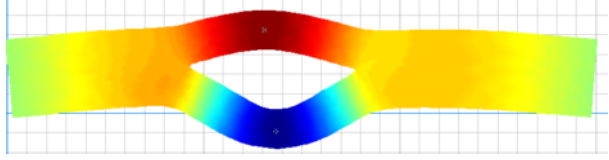
$$\int_{S_{\text{int}}} t_i^{(k)*}(\underline{x}, \underline{\xi}) X_i(\underline{x}) dS_x = G_1(\underline{\xi}), \quad \underline{\xi} \in S_0 \quad (7)$$

Уравнение (7) при различном выборе частот и фиктивных нагрузок может служить для реконструкции трещин, которые являются носителями для функций $X_i(\underline{x})$.

Численный пример реконструкции трещин

В данном примере идентифицируется интерфейсная трещина в свободной биморфной (Fe, Cu) пластине (0.3x0.04 м). В таблице 1 представлены первые три собственных частоты и формы колебаний. Из этой таблицы следует, что частота в окрестности первой изгибной формы не подходит для эффективной реконструкции, при использовании второй собственной частоты главную роль играет горизонтальное смещение берегов трещины, а на третьей собственной частоты раскрытие трещины происходит по вертикали.

Таблица 1. Собственные частоты и формы колебаний

Собственная частота в кГц		Собственная форма колебаний
1.82	Распределение вертикального смещения	
2.57	Распределение горизонтального смещения	
5.97	Распределение вертикального смещения	

Для реконструкции трещины использовалось уравнение (7) при его дискретизации неизвестных функций - скачков перемещений берегов трещины с помощью 10 кусочно-постоянных элементов. Так на рис. 2 представлены найденные скачки горизонтального смещения (слева) в окрестности второй собственной частоты (16000 рад/с) и вертикального смещения (справа) в окрестности третьей собственной частоты.

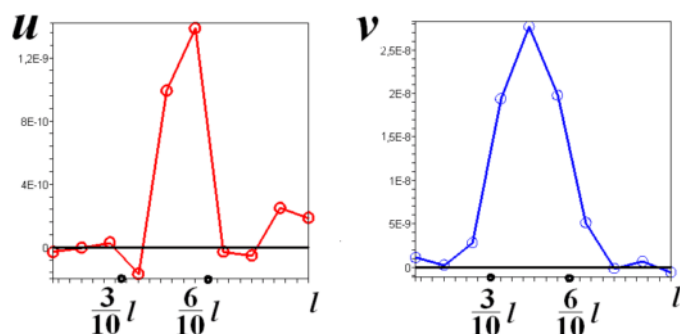


Рис. 2. Скачки горизонтального смещения (слева) и вертикального смещения (справа)

Проведенные численные эксперименты показали, что точность определения координат концов трещин в значительной мере зависит от расположения участка "измерения".

Список литературы: 1. Ватульян А.О., Баранов И.В., Гусева И.А. Идентификация трещиноподобного дефекта в ортотропном слое. // Дефектоскопия, 2001, №10, с. 48-52. 2. Ватульян А.О., Баранов И.В.

Идентификация внутренней трещины в ортотропной упругой среде. // Вестник ДГТУ, 2002, т.2, №2, с.104-110. 3. Глушков Е.В., Глушкова Н.В. Дифракция упругих волн на пространственных трещинах произвольной в плане формы. // ПММ, 1996, т.6, №2, с.282-289. 4. Глушков Е.В., Глушкова Н.В. Резонансные частоты рассеяния упругих волн пространственными трещинами. // ПММ, 1998, т.62, №5, с.866-870. 5. Marwala Tshilidzi. Fault identification using pseudomodal energies and properties. //AJAA Journal, 2001, 39, №8, p.1608-1617. 6. Bannour T., Abda A.B., Jaoua M. A semi-explicit algorithm for the reconstruction of 3D planar cracks. // Inverse Problems, 1997, v.13, №4, p.899-917. 7. Ватульян А.О., Ворович И.И., Соловьёв А.Н. Об одном классе граничных задач в динамической теории упругости. // ПММ, 2000, т.64, вып.3, с.373-380. 8. Ватульян А.О., Соловьёв А.Н. Восстановление поля в анизотропной упругой среде. // Акустический журнал, 2000, т.6, в.4, с.451-455.

ВОЗНИКНОВЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ КОВАННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В АРХИТЕКТУРЕ

Трофименко А.В., Рыбинская Т.А. *(кафедра механики, ТТИ ЮФУ, г. Таганрог, Россия)*

История художественнойковки уходит своими корнями вглубь веков. Считается, что начало ей было положено ещё в Древней Греции, где железо считалось драгоценным металлом и из него делали различные украшения. Немногое сохранилось и до наших дней и представлено в музеях разных стран. Ковка применялась много веков подряд в строительстве, архитектуре и изготовлении бытовых предметов. Пользуясь функциональностью и добротностью кованых изделий, люди стали обращать внимание на другие свойстваковки. Так возникла художественнаяковка, призванная украсить дом или помещение. Разнообразие художественных стилей, применяемых при изготовлении кованых изделий, по сей день поражает не только искусствоведов, но и простых любителей прекрасного. Художественнаяковка всегда шла в ногу с художественными стилями, используемыми в архитектуре и дизайне. Простота и строгость кованых изделий делала их максимально удобными в использовании.

Художественнаяковка на территории нашей страны имеет многовековые традиции. Ковка превращает металл в произведение искусства. Начиная XVII века, художественнаяковка стала неотъемлемой частью дизайнерских решений в архитектуре крупных городов. Говоря о применении кованых изделий в архитектуре, нельзя не вспомнить строки А.С. Пушкина: «Твоих оград узор чугунный». Россия всегда славилась мастерством художественной обработки металлов. Художественные особенности часто носили региональный характер, а подчас и сугубо местный. Так, русское просечное железо (дымники, водостоки, флюгера), по существу не знает аналогов.

Формирование особенностей художественного металла, как составной части русской национальной культуры, началось со времени образования в конце XVII века всероссийского национального рынка, в пору петровских преобразований. Решающую роль в развитии художественной металлообработки сыграло основание Петром I в начале XVIII века первого государственного оружейного завода на базе существующих к тому времени кузнечного и оружейных промыслов. К середине XVIII столетия изделия русских мастеров с применением гравировки с позолотой, инкрустации, отделки стальными "алмазами" приобрели широкую известность в разных странах. Русские кузнецы создали и множество архитектурно-художественных украшений для разных городов России. Украшений, поражающих тонкостью работы, неуёмной фантазией. Это кованные и литые решётки, козырьки над входами и балконы, лестницы и парапеты, декоративные элементы на коньках крыш и шпицах, флюгера и фонарные кронштейны, и многие-многие другие изделия, облагораживающие облик и ставшие неотъемлемой частью деревянных домов ремесленного люда, каменных казённых зданий и богатых особняков знати. Кузнецы, литейщики и жестянщики, многие поколения которых трудились над созданием высокохудожественных и монументальных декоративных

произведений, упорно добивались органичного сочетания и связи металлических украшений с архитектурным образом, органического слияния металла с камнем и деревом. Всё это способствовало формированию неповторимого, самобытного архитектурного облика города оружейников.

Живописная застройка, впечатляющая многообразием применения художественного металла и архитектурных форм, с множеством колоколен, башен и башенок, теремов и мезонинов, шпилей и других, выступающих над крышами элементов, украшенных ажуром и придавшим силуэту города остроту и праздничность. Многочисленные дымники, кольца над затейливыми козырьками и зонты у подъездов домов зданий, ограды набережных и скверов, придавшие сказочность обстановке и зрелищность искусственно созданной среде окружающего человека мира. Так выглядят многие города на старых открытках. И в этом немалая заслуга кузнецов, литейщиков, жестянщиков и других мастеров по металлу - истинных художников в своём деле.

В современной архитектуре, в формировании архитектурно - градостроительного пространства в наши дни также есть многочисленные примеры применения художественного металла. В этом прослеживается определённая традиция. Более того, значительно поднимается роль металла в наружной отделке современных зданий и сооружений, в декоративно - прикладном и монументальном искусстве. Конечно, его применение имеет несколько иное направление, соответствующее эстетическим воззрениям и социально - экономическим условиям сегодняшнего времени, но так или иначе он влияет на формирование облика города.

Техника ручнойковки – пластической обработки раскалённого железа – известна с незапамятных времён, и кузнечное оборудование – горн, мехи, наковальни различных фасонов, молотки и клещи – почти ничего не изменилось и до наших дней. При помощи этого нехитрого оборудования металл расковывался, плющился, сгибался, растягивался, рассекался, сваривался. Вплоть до XVIII века слесарных приёмов в кузнечном деле не применяли. В архитектуре кованые изделия встречаются очень часто. В прошлом они были распространены довольно широко, и, прежде всего на церквях, домах знати, промышленников, купцов, и на общественных зданиях. Решётки балконов, ворот и калиток, оконные решётки и ограждения лестниц, ограды и кронштейны были в основном кованными. Лёгкие и достаточно прочные по сравнению с литыми, кованые решётки имели широкое применение ещё и потому, что в силу распространения кузнечного дела, такие архитектурные изделия, как, впрочем, и любые другие предметы и вещи (к примеру, хозяйственно – бытового назначения), можно было изготовить и быстро, и без особого труда. И русский классицизм, и русский стиль, и русский модерн получили отражение в архитектурных металлических изделиях. К числу наиболее ранних кованых изделий относятся различные по назначению ручки, засовы, петли, жиковины, которые со временем становились всё разнообразнее по художественным формам, рисункам. Широко использовалось кованое железо и на всевозможных решётках для окон и полотнах для дверей амбаров и церквей. Кованые светцы, ухваты, кочерги и другие необходимые в быту предметы и вещи в изобилии изготавливались кузнецами не только для нужд горожан и окрестного населения, но и иногда на вывоз за границу. Двери в дом и ворота на усадьбу,

участок человек украшал издревле и во все времена. Особенно украшались ворота в город, в крепость и двери храмов и богатых домов. Функциональное их назначение - прикрыть от недруга и от непогоды - прозаично. Но с развитием художественного начала в человеке неудержимо прорывается желание украсить окружающее, сработанное его руками, и проявить своё художественное "я". И прежде всего это касалось вещей, предметов быта, построек. То, что сохранилось к нашему времени из архитектурно – утилитарных кованых изделий, относится в основном к XIX веку, но встречаются изделия и XVIII столетия. Из-за частых случаев пожаров менялось не одно поколение деревянных построек, но очень часто металлические детали со сгоревшего дома ещё долго служили человеку в новом строении. Уже изъеденные ржавчиной ручки и запоры, жиковины и петли кузнечной работы на воротах и калитках старинных построек привлекают внимание и необычностью очертаний, и в то же время своей прочностью, и какой – то надёжностью. Кованые ручки были чаще всего S-образной формы. Реже встречаются ручки – кольца, которые ещё называют билами, так как такой ручкой можно стучать, то есть бить в дверь.

Всего, конечно, осветить невозможно, потому что кузнечные изделия применялись так широко, что, пожалуй, в стародавние времена трудно было отыскать строение, где бы ни приложил руку кузнец. Архитектурные элементы и детали из утилитарных изделий превратились в поистине художественные украшения, где орнамент композиции кованого металла не только не отделим от конструкции, а даже стремится подчинить её себе, включая в себя целиком. И сама форма решёток или любых других изделий состоит из узора, где ритм орнамента руководит, направляет изгибы железного прута или полосы, заставляя их виться упругими завитками и спиралями. Металл предъявляет свои требования к рисунку: свойства его, как материала, диктуют свои условия. И их ковалю необходимо хорошо знать. Только тогда и можно добиться подлинного успеха, когда в изделии найдут воплощение и красота, и прочность, и соответствие своему назначению. К этому и стремились мастера кузнечного ремесла.

Художественнаяковка в городской среде оправдана как неприхотливый и стильный элемент дизайна.

Изучение и сохранение произведений и изделий из художественного металла представляется не только важным, но и крайне необходимым. И не только для истории. Изучение особенностей художественно - архитектурного металла и приёмов его обработки позволит технологам, художникам и архитекторам на основе выработанного старыми мастерами опыта и традиций создавать новые решения.

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ЗЕЛЕННЫХ РАСТЕНИЙ НА ВНУТРИКЛЕТОЧНОМ УРОВНЕ

Уванов С.А., Вислобокова А.В., Дафт А.В. (каф. МАПП, ДГТУ, г. Ростов-на-Дону, Россия)

Основными направлениями реализации потенциала энергосбережения в перерабатывающих отраслях АПК могут быть: совершенствование технологий производства; повышение качества сырья и применение менее энергоемкого производственного оборудования, улучшение технологии использования топлива и энергии.

Целью нашей работы является создание высокопроизводительных энерго- и ресурсосберегающих технологий переработки сельскохозяйственного сырья, позволяющих максимально высвобождать биологически полезные вещества из исходного сырья при минимальных энергетических затратах.

Развитие молекулярных нанотехнологий дает возможность тщательно изучить процессы, протекающие внутри клеток организма в растительной продукции. Есть большие основания полагать, что точное значение того, как функционируют клетки в сельскохозяйственных растениях, позволит создать наномашинки ликвидирующие негативные изменения, происходящие в клетках (рис. 1) и тканях при их переработке (измельчение, дробление, перетирание) [1,2].

Одной из основных трудностей при анализе деформаций столь сложной композитной структуры, которую представляет растительный материал, является недостаточная изученность количественных и качественных характеристик растительных материалов и их микроструктур.

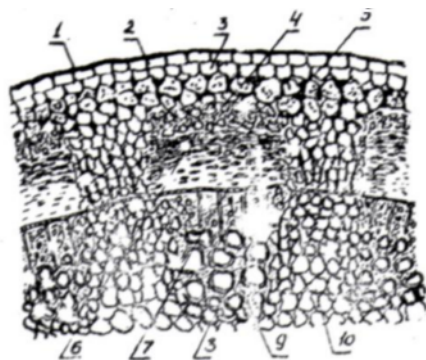


Рис. 1. Строение стебля рапса в поперечном сечении (x125): 1 - кутикула; 2 - эпидермис; 3 - эндосперма; 4 - перицикл; 5 - хлоренхима; 6 - флоэма; 7 - камбий; 8 - передающий пучок; 9 - ксилема; 10 - паренхима

Растительная клетка несет характерные черты универсальной структурной единицы живого мира. В полностью сформировавшейся клетке растения различают оболочку и протопласт, состоящий у клеток зеленого рапса из комплекса живых органелл, метаболитов и клеточного сока. Клеточная оболочка обуславливающая форму клеток и текстуру тканей, выполняет опорную и защитную функции. В общем случае оболочка состоит из первичной и вторичной стенок. Между оболочками смежных клеток размещены микрофибриллы клетчатки, формирующие фрагмопласт, или срединную пластинку [3].

Дезинтеграция зеленых растений на клеточном уровне высоко востребована в технологии влажного фракционирования. Данная технология позволяет получить белок, близкий по аминокислотному составу к животному, непосредственно из зеленых растений. Технологией влажного фракционирования предусматривается разделение биомассы зеленых растений на две фракции: «жидкую» и «твердую» - механическое обезвоживание. «Жидкая» фракция (зеленый сок) служит материалом для получения белкового концентрата, а твердая (жом) высушивается и закладывается в сенаж, либо отправляется на изготовление травяной муки [4].

Для обеспечения качественного механического обезвоживания необходимо «подготовить» зеленую массу к прессованию. Разрушение клеточной сокосодержащей структуры позволяет максимально отделить зеленый сок от волокнистой фракции [5].

В научно-исследовательской лаборатории ДГТУ разработана энергосберегающая технология и экспериментальная установка ЭУ-1 для измельчения растительной массы кормов на внутриклеточном уровне резким изменением давления (рис. 2).

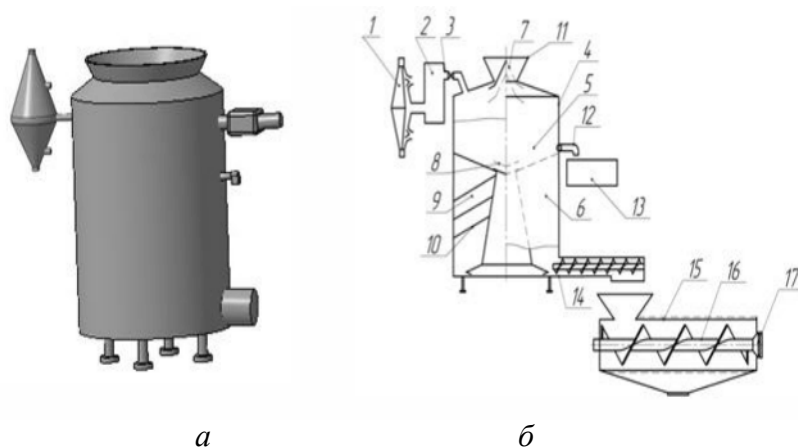


Рис. 2. Схема установки для измельчения растительного сырья: 1 - компрессор; 2 - подогреватель воздуха; 3 - подводящие трубы; 4 - корпус; 5 - компрессионная камера; 6 - декомпрессионная камера; 7 - затвор; 8 - перепускное устройство; 9 - регрессивный циклон; 10 - спиральные полки; 11 - загрузочное устройство; 12 - отводящий желоб; 13 - ёмкость; 14 - выгрузное устройство; 15 - зерновая камера пресса; 16 - шнек; 17 - затворное устройство

Устройство ЭУ-1 состоит из емкости с внутренней перегородкой и с герметичным перепускным устройством, делящую емкость на две сообщающиеся между собой камеры. Верхняя компрессионная камера имеет герметичное загрузочное устройство, соединенное с компрессионной камерой и с источником сжатого воздуха. Декомпрессионная камера выполнена в виде регрессивного винтового циклона.

На рисунке 2, б изображена схема экспериментальной установки ЭУ-1 для измельчения растительного сырья.

Установка ЭУ-1 (рис. 2, а) работает следующим образом. Исходный продукт загружается через загрузочную горловину 11 в компрессионную камеру 5. После наполнения камера герметизируется затвором 7 и перепускного устройства 8. Зеленая масса подвергается обработке теплым воздухом в течение 2-3 мин под давлением 2-8 атм. После выдержки при заданных параметрах резко открывают перепускное устройство 8, при этом происходит разрушение (взрыв) на внутриклеточном уровне и растительная масса сжатым воздухом выносится в декомпрессионную камеру 6, где дополнительно подвергается истиранию, и измельчению при трении о стенки камеры и спиральные каналы 9, что обеспечивает улучшение качества измельчения и выделения зеленого сока. Измельченный продукт отводится в шнековый пресс.

Данная установка позволяет в комплексе со шнековым прессом снизить энергоемкость процесса измельчения на 20-25 %, и повысить степень отжима сока на 16-20 %, по сравнению с ножевыми измельчителями.

Список литературы: 1. Артемов, И. В. Интенсификация производств энергетических кормов на основе использования рапса. Кормопроизводство. 2007. С. 22 2. Сыроватка, В. И. Исследование рабочих органов измельчителей зеленой массы. Техника в сельском хозяйстве. 2008. С. 43-45. 3. Фомин В.И., Проценко Г.И. Технология и оборудование для влажного фракционирования зелёных кормов: Учеб. пособие. Ростов-н/Д.: Ин-т с.-х. машиностр., 1983. 63 с. 4. Тутаюк В.Х. Анатомия и морфология растений. М.: «Высшая школа», 1972. 5. Эсау К. Анатомия растений. М.: «Мир», 1969.