

ЛИТЕРАТУРА

1. *Снежкін Ю.Ф., Рева В.І., Декуша Л.В., Воробйов Л.Й., Боряк Л.А.* Пристрій для визначення вмісту вологи в матеріалі. – Деклараційний патент № 6848. МПК G 01N 25/56. Заявка №20041210135 від 09.12.2004 р. Бюл. № 5, 2005.
2. *Снежкін Ю.Ф., Рева В.І., Боряк Л.А., Декуша Л.В., Воробьев Л.И.* Теплометрический метод исследования кинетики процесса сушки. // Пром. теплотехника. – 2005. – т.27. – № 4. – с.72–77.
3. *Рева В.И.* Исследование кинетики сушки надглазурных муфельных и люминесцентных красок. // Промышленная теплотехника. – 2005. – т.27. – № 4. – с.81–85.

4. *Гинзбург А.С.* Основы теории и техники сушки пищевых продуктов. – М.: Пищевая промышленность, 1973. – 528 с.

5. *Лыков А.В.* Теория сушки. – М.: Энергия, 1968. – 470 с.

6. *Снежкин Ю.Ф.* Научные основы разработки ресурсосберегающих теплотехнологий производства фруктово-ягодных порошков: Дис. д-ра техн наук: 05.14.04; 05.18.12. – К., 1993. – 631 с.

7. *Михеев М.А., Михеева И.М.* Основы теплопередачи. М.: Энергия, 1973. – 340 с.

Получено 09.11.2005 г.

УДК 66.063.2.011

РУДОБАШТА С.П.,¹ ЖУКОВ Н.П.,² ДМИТРИЕВ В.М.,² ЧУРИЛИН А.В.²

¹*Московский государственный агроинженерный университет, Россия*

²*Тамбовский государственный технический университет, Россия*

КИНЕТИКА ПРОПИТКИ И СУШКИ ИМПРЕГНИРОВАННЫХ АБРАЗИВНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

Подано результати комплексних досліджень структурних властивостей абразивних інструментів на основі корунду, фізико-хімічних та реологічних властивостей імпрегнаторів – водяних полімерних дисперсій (Емукрила М, Емукрила 2М, Емукрида С), кінетики просичення ними та наступним сушінням абразивного інструмента. Запропоновано спосіб закріплення імпрегнатора у порах інструмента та апаратурно-технологічне оформлення операції просичення, термофікації та сушіння абразивних виробів. Одержано залежності для розрахунку тривалості стадій їх просичення та сушіння, розроблено методику інженерного розрахунку камерної циркуляційної сушарки періодичної дії для таких виробів. Показано підвищення ефективності та якості абразивної обробки металічних поверхонь імпрегнованими абразивними інструментами.

Представлены результаты комплексных исследований структурных свойств абразивных инструментов на основе корунда, физико-химических и реологических свойств дисперсий (Эмукрила М, Эмукрила 2М, Эмукрида С), кинетики пропитки ими и последующей сушки абразивного инструмента. Предложены способ закрепления импрегнатора в порах инструмента и апаратурно-технологическое оформление операции пропитки, термофиксации и сушки абразивных изделий. Получены зависимости для расчета продолжительности стадий их пропитки и сушки, разработана методика инженерного расчета камерной циркуляционной сушилки периодического действия для этих изделий. Показано повышение эффективности и качества абразивной обработки металлических поверхностей импрегнированными абразивными инструментами.

Results of complex investigations of structural properties of abrasive tools based on corundum, physical and chemical impregnator characteristics of dispersion water polymers as well as kinetics of abrasive tools impregnation and drying are presented. Means of impregnator fixation in tool interstice and mechanical design of impregnation, thermal treatment and drying operations are offered. Relations of impregnation and drying stages duration are obtained and methods of chamber circular batch dryer design calculations are proposed. Improvement in quality and efficiency of abrasive treatment of metallic plates by impregnated abrasive tools is shown.

C – массовая доля Эмукрила М в воде;
 D_3 – эффективный коэффициент диффузии влаги в импрегнированном АИ;

M – количество поглощенного импрегнатора;
 R – половина толщины пластины, радиус цилиндра или шара;

t – температура;
 u, \bar{u} – локальное и среднее по объему АИ влагосодержание АИ;
 v – скорость;
 x – декартова координата для пластины и радиальная для цилиндра и шара;
 τ – время;
 $\bar{E} = (\bar{u} - u_p) / (\bar{u}_n - u_p)$ – относительное влагосодержание;
 $Fo_m = D_{э,р} \tau / R^2$ – число Фурье массообменное;

Введение

В различных областях промышленности широко применяются химико-технологические процессы пропитки (импрегнирования) различных материалов, в том числе и абразивных инструментов. Импрегнирование АИ специальными веществами является одним из перспективных направлений совершенствования абразивного инструмента на керамической связке (его выпуск составляет около 70 % производства всех АИ). При этом повышаются эффективность процесса шлифования и качество шлифованных поверхностей, улучшаются эксплуатационные свойства АИ [1-3]. Перспективными для целей импрегнирования считаются органические соединения на углеводородной основе, сложные эфиры и соли жирных кислот, минеральные масла и полимеры [3]. Из числа полимерных импрегнаторов наиболее перспективны сополимеры стирола и акрилатов [4]. Однако технологии импрегнирования полимерами АИ и последующей сушки абразивных кругов не отработаны, отсутствуют методы кинетического расчета процессов пропитки и сушки.

Исходя из этого, были поставлены следующие задачи исследования: 1) подобрать импрегнатор, повышающий эксплуатационные свойства АИ, который удовлетворяет требованиям, предъявляемым к пропитываемым веществам; 2) исследовать кинетику пропитки им АИ и их последующей сушки; 3) разработать технологию импрегнирования и аппаратное оформление процессов пропитки и сушки; 4) провести эксплуатационные испытания импрегнированных кругов. Ниже представлены основные результаты этих исследований.

$\chi = D_3(u_n) / D_3(u_p)$ – параметр нелинейности;
 ε – пористость абразивного инструмента;
 АИ – абразивный инструмент;
 ПТ – приведенная твердость АИ.

Индексы:

н – начальный;
 нас. – насыщение;
 р – равновесный;
 э – эффективный.

1. Пропитка

В работе исследованы широко распространенные абразивные круги на основе электрокорунда белого марки 25А на керамической связке К5 с зернистостью от 16 до 40, твердостью от М до СТ2, с номерами структур 5 и 6. Открытая пористость АИ определялась весовым методом при пропитке образцов влагой под вакуумом. Установлено, что открытая пористость исследуемых кругов варьируется в пределах от 32 до 42 % и хорошо коррелируется с приведенной твердостью ПТ (рис.1). Исследованиями на ртутной порометрической установке было также установлено, что преимущественный радиус пор в АИ составляет $10^{-6} \dots 10^{-5}$ м. Результаты исследования пористой структуры АИ позволяют идентифицировать их и соотнести исследования по пропитке и сушке с пористой структурой материала.

Был подобран ряд импрегнаторов, улучшающих эксплуатационные свойства широко применяемых АИ, не оказывающих корродирующего действия на станки и вредного воздействия на человека, сохраняющих стабильность при хранении и удовлетворяющих требованиям пожарной безопасности. Наи-

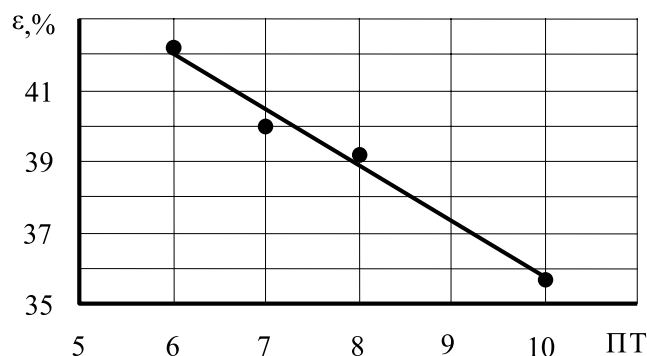


Рис. 1. Значения пористости (ε) абразивных кругов при различной условной твердости ПТ.

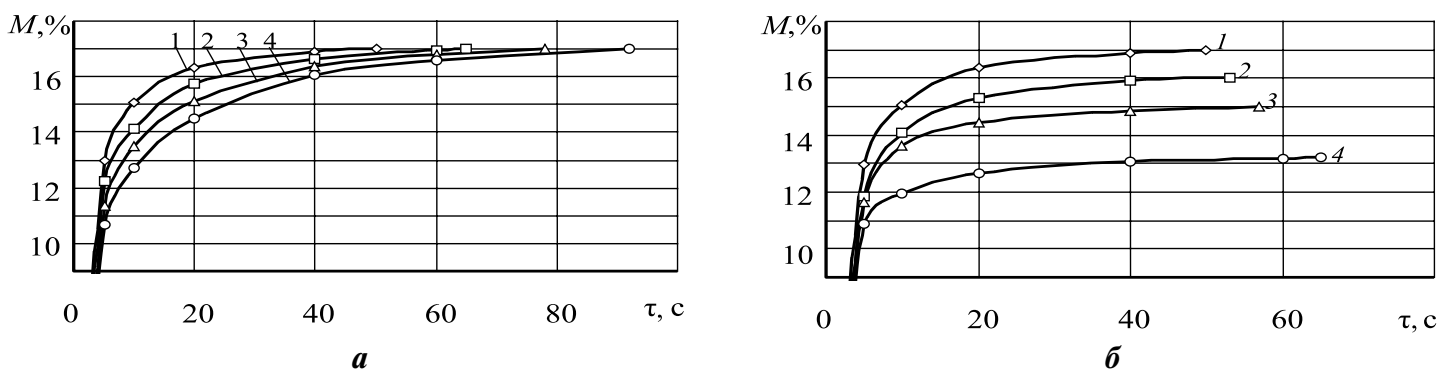


Рис. 2. Зависимость содержания импрегнатора Эмукрил М:
а – в порах кругов от времени пропитки при температурах:
 1 – $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$; 2 – 30; 3 – 40; 4 – 60;
б – в порах кругов от пористости и времени пропитки при $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$:
 1 – $\varepsilon = 42\%$; 2 – 40,5; 3 – 39; 4 – 36.

более полно отвечают указанным требованиям водные эмульсии сополимеров Эмукрила М, Эмукрила 2М, Эмукрила С. Первый из них является сополимером этилакрилата, диметакрилового эфира этиленгликоля и метилолметакриламида. Несмотря на то, что все они хорошо зарекомендовали себя в ходе исследований и в работе, для дальнейших исследований был выбран Эмукрил М, он наиболее дешевый и не оказывает сильного негативного воздействия на окружающую среду и человека, в отличие от импрегнаторов стирольного типа.

Было проведено исследование кинетической и динамической вязкости, поверхностного натяжения, краевого угла смачивания, реологических свойств Эмукрила М с применением известных методов и приборов, описание которых приведено в [5]. С увеличением температуры поверхностное натяжение Эмукрила М возрастает, а кинематическая и динамическая вязкости, как и следовало ожидать, уменьшаются. Температурная зависимость краевого угла смачивания водной дисперсией Эмукрила М подложки из связки К5, полученной путем спекания смеси, состоящей из 30 % глины, 35 % полевого шпата и 35 % горного стекла, зависит от концентрации С Эмукрила М в воде: при $C < 20\%$ зависимость краевого угла смачивания от температуры – убывающая, а при большей концентрации – возрастающая. Такой характер этой функции, как показали аналогичные исследования, проведенные с обезвоженным Эмукрилом М и водой, объясняется тем, что у воды эта зависимость – убывающая, а у Эмукрила М – возрастающая.

Исследования реологических свойств импрегнатора в зависимости от скорости сдвига в широком интервале температур выявили его принадлежность к типу неньютоновских, а именно псевдопластичных жидкостей. Было обнаружено, что при достижении температуры $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ дисперсия начинает терять свою устойчивость, происходит разрушение ее структуры, частицы полимера начинают коагулировать друг с другом и налипать на поверхности вискозиметра, контактирующие с ним. Концентрация полимера в растворе уменьшается, что влечет за собой уменьшение сдвигового напряжения, а получаемые кривые с увеличением температуры начинают приближаться к кривым ньютоновских жидкостей. Образование пленки можно наблюдать на поверхностях рабочих цилиндров. Если при температуре $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ наблюдаются сгустки полимера, то при температуре $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ наличие пленки имеет ярко выраженный характер.

Пропитку АИ Эмукрилом М изучали при атмосферном давлении и под вакуумом, варьируемыми параметрами являлись пористость кругов и температура. Полученные в опытах кривые $M = f(\tau)$ имеют монотонный выпуклый характер, без точек перегибов, и при $\tau \rightarrow \infty$ стремятся к своим предельным значениям, соответствующим максимальному насыщению пор импрегнатором (рис. 2). Время пропитки АИ импрегнатором Эмукрил М варьируется в пределах 60...180 с и зависит от температуры и пористости абразивного круга. Сокращению времени пропитки способствуют уменьшение температуры и увеличение пористости АИ. Отмеченное влияние

температуры на кинетику пропитки можно объяснить увеличением с температурой краевого угла смачивания — как некоего доминирующего фактора в ряду параметров, влияющих на этот процесс. Увеличение скорости пропитки с ростом пористости объясняется снижением сопротивления капиллярному массопереносу со стороны каркаса материала. Опыты показали, что пропитывать АИ можно как под вакуумом, так и при атмосферном давлении, при этом при однократной пропитке под вакуумом в поры круга входит в среднем на 10 % больше импрегнатора, чем при атмосферном давлении.

При температуре выше 50 °С рассматриваемые полимерные дисперсии, как было отмечено выше, начинают терять устойчивость, поэтому температура на стадии пропитки не должна превышать 50 °С. Рациональная температура пропитки 20...25 °С, так как при этом скорость пропитки наибольшая.

Для описания кинетики пропитки пористых материалов предложены различные математические модели — капиллярная, термодинамическая, диффузионная [6]. Однако их применение в данном случае затруднено вследствие неньютоновского характера течения импрегнатора в порах АИ. В связи с этим для практических расчетов на основе опытных данных было получено следующее уравнение для расчета времени пропитки:

$$\tau_{\text{нас}} = \exp\left(4,78 - \frac{22,25}{t}\right) + 4,33\text{ПТ} - 16,48, \quad (1)$$

которое аппроксимирует опытные данные в интервале ПТ = 6...10 (что соответствует пористости кругов 36...42 %) и в интервале температур 20...60 °С с относительной погрешностью $\pm 1,4\%$ (для АИ в форме круга толщиной 0,02 м).

Исследования показали, что при конвективной сушке равномерно пропитанных АИ происходит миграция полимерной составляющей эмульсии к поверхности АИ, что вызывает недопустимо большую неоднородность содержания импрегнатора в порах АИ. В связи с этим было предложено закреплять импрегнатор в порах АИ методом термофиксации. Для этого пропитанные импрегнатором АИ выдерживают в водной среде при температуре 80...85 °С в течение времени, необходимого для потери устойчивости полимерной композиции (~1800 с). В результате такого воздействия частицы эмульсии образуют агрегаты, которые прикрепля-

ются к активным точкам внутреннего пористого пространства АИ. Операция термофиксации в значительной степени устраняет миграцию частиц сополимеров в поровом пространстве АИ и сохраняет балансировку пропитанных абразивных кругов. Разработана комбинированная установка для пропитки АИ импрегнирующими составами под вакуумом и последующей водной термофиксации пропиточных составов в пористой структуре АИ (рис. 3), работающая следующим образом.

В аппарат на вращающийся от мотор-редуктора вал помещают абразивные круги. Затем, при открытом верхнем и нижнем кранах, через гибкий трубопровод импрегнатор попадает в аппарат за счет перемещения емкости 3 с помощью подъемника 5. Пропитку осуществляют при вращении вала в течение необходимого времени, после чего емкость перемещают вниз. Импрегнатор сливается из аппарата по гибкому трубопроводу. После перекрытия соответствующих задвижек начинают операцию фиксации импрегнатора. Для этого предназначена емкость 8, в которой находится вода. Воду подают в аппарат, нагревают ее до температуры 90...95 °С. Для предотвращения перемещения и частичного вытекания импрегнатора из пор круга под действием сил тяжести при смене импрегнатора на воду абразивные круги подвергают непрерывному вращению с частотой 0,2...0,5 с⁻¹. Время выдержки до полного прогрева АИ состав-

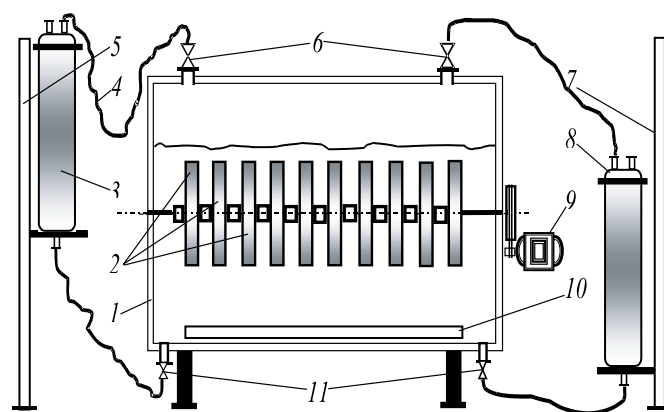


Рис. 3. Схема установки для пропитки абразивных кругов и фиксации импрегнатора:
1 — аппарат; 2 — абразивные круги; 3, 8 — емкости для импрегнатора (3) и воды (8); 4 — гибкие трубопроводы; 6, 11 — краны; 5, 7 — подъемники; 9 — мотор-редуктор; 10 — электронагреватели.

ляет, как правило, 900...1200 с. Импрегнатор, оставшийся на внутренних поверхностях аппарата, растворяется в воде и удаляется вместе с ней.

2. Сушка

Экспериментальные исследования на стадии сушки проводили с абразивными кругами, пропитанными эмульсией Эмукрила М ($C = 40\%$). Опыты показали, что скорость обдува круга не влияет на кривые сушки. Это свидетельствует о том, что процесс полностью контролируется внутридиффузным сопротивлением. В этом случае основным кинетическим коэффициентом при описании массопереноса является эффективный коэффициент диффузии влаги в полимере.

Полученные опытные кривые сушки АИ при различных температурах при $t_c = const$ были использованы для определения концентрационных зависимостей $D_3 = f(u)$, – по методике, описанной в [7]. Было установлено, что коэффициенты D_3 для исследованных АИ возрастают с увеличением влагосодержания и существенно зависят от температуры. Вид зависимостей $D_3 = f(u)$, является характерным для влажных капиллярно-пористых тел. Однако чрезвычайно медленная сушка АИ (до 100 часов) и низкие численные значения эффективного коэффициента диффузии указывают на то, что внутренний массоперенос происходит в основном через полимерную матрицу импрегнатора по механизму молекулярной диффузии. Увеличение эффективных коэффициентов диффузии с повышением влагосодержания АИ объясняется пластифицирующим воздействием воды на полимерные пленки, которые перекрывают поры и по которым происходит массоперенос. В таких условиях высушиваемый материал при конвективной сушке относительно быстро прогревается и основная часть процесса протекает практически в изотермических условиях.

Для определения термостабильности рассматриваемых пропиточных составов в порах АИ были проведены дериватографические исследования, выявившие две стадии термораспада, что объясняется выделением остаточных мономеров и началом деструкции сополимера. Установлена максимальная температура (76...80 °С) проведения конвективной сушки без нарушения качества импрегнированного АИ. Так как при работе

АИ происходит его разогрев из-за выделения теплоты трения, то для расчета температурных полей получены данные по теплофизическим характеристикам импрегнированных АИ. Установлено, что теплопроводность импрегнированных АИ увеличивается в 1,5...1,7 раза, температуропроводность в 1,2...1,3 раза, что положительно влияет на температурный режим работы импрегнированного инструмента.

При разработке энергосберегающей технологии сушки импрегнированных АИ уделено внимание максимальному увеличению движущей силы процесса сушки и уменьшению расхода теплоносителя, эффективному использованию объема сушильного аппарата, увеличению концентрации высушиваемого материала в рабочей зоне аппарата. Для конвективной сушки импрегнированных АИ исследованных типоразмеров разработан и изготовлен сушильный аппарат периодического действия, камерного типа, с частичной рециркуляцией сушильного агента, схема которого приведена в [8]. Кратность рециркуляции выбирается равной 8...10, что обеспечивает достаточно однородное распределение полей температуры и влагосодержания сушильного агента по рабочему объему аппарата. Высушиваемые АИ собираются в блоки на валу с механическим приводом. Особенностью предложенного сушильного аппарата является постоянное вращение с небольшой частотой ($0,3...1\text{ с}^{-1}$) высушиваемого блока АИ. Это устраняет стекание под действием силы тяжести находящейся в свободном состоянии на поверхности АИ некоторой части импрегнатора, что может привести в дальнейшем к нарушению динамической балансировки круга. Кроме того, вращение АИ выравнивает условия сушки для различных частей круга.

Проведенный анализ кривых сушки импрегнированных АИ показал применимость уравнения диффузии Фика для описания внутреннего массопереноса [8]. Процессу их конвективной сушки присущи следующие кинетические особенности: в силу большой величины внутридиффузионного сопротивления скорость процесса полностью контролируется миграцией влаги внутри АИ; изделия в процессе сушки быстрогреваются до температуры сушильного агента и сушка протекает в условиях практического равенства температур взаимодействующих фаз; форма АИ близка к канонической (ограниченная пластина, ограниченный цилиндр), что

обеспечивает возможность применения аналитического подхода к описанию кинетики сушки.

При формулировке математической модели общая кинетическая задача была разделена на два основных уровня: микро- и макрокинетический. На нижнем (микрокинетическом) уровне рассмотрена кинетика сушки единичного АИ, которая описана на основе решения нелинейного дифференциального уравнения диффузии влаги в АИ при постоянных граничном и начальном условиях.

Анализ зависимостей $D_s = f(u)$, АИ показал, что они удовлетворительно аппроксимируются экспоненциальными функциями вида:

$$D_s = D_0 \exp(au), \quad a > 0. \quad (2)$$

С учетом того, что рециркуляция сушильного агента и вращение кругов создают практически однородные температурные условия сушки, микрокинетическая задача сушки для одномерного массопереноса может быть сформулирована в виде:

$$\frac{\partial u(x, \tau)}{\partial \tau} = \frac{1}{x^b} \frac{\partial}{\partial x} \left[x^b D_s(u) \frac{\partial u(x, \tau)}{\partial x} \right], \quad (3)$$

$$0 < x < R, \quad \tau > 0,$$

$$u(x, \tau) = u_n, \quad 0 \leq x \leq R, \quad \tau = 0, \quad (4)$$

$$u(x, \tau) = u_p, \quad x = R, \quad (5)$$

$$\frac{\partial u(x, \tau)}{\partial x} = 0, \quad x = 0, \quad \tau > 0, \quad (6)$$

где $u_n, u_p, R = \text{const}$; $b = 0$ – для пластины; $b = 1$ – для цилиндра; $b = 2$ – для шара.

Среднее влагосодержание по объему АИ определяется интегралом:

$$\bar{u}(\tau) = \frac{b+1}{R^{b+1}} \int_0^R x^b u(x, \tau) dx. \quad (7)$$

В [8] получено численное решение задачи (2)–(7) в обобщенных переменных для пластины, цилиндра и шара, которое применительно к среднему влагосодержанию $\bar{u}(\tau)$ представлено графиками $\bar{E} = f(Fo_m)_\chi$. Эти решения могут быть использованы для расчета кинетики сушки АИ. Для удобства кинетического расчета их целесообразно перевести в аналитическую форму. Рассмотрение графиков показывает, что, начиная с некоторого Fo_m^* , процесс может быть описан экспонентой (регулярный режим массообмена), для которой можно принять следующую форму зависимости:

$$\bar{E} = B(\chi) \exp[-A(\chi)\mu^2 Fo_m], \quad (8)$$

где $B(\chi)$ и $A(\chi)$ – некоторые функции параметра нелинейности χ , принимающие при $\chi = 1$ значения точных аналитических решений линейных задач (при этом $A = 1$; μ – первые корни характеристических уравнений решений линейных задач, зависящие от формы тела).

На основе уравнения (8) для АИ в форме пластины обработкой численных расчетных зависимостей $\bar{E} = f(Fo_m)_\chi$ получены следующие функции для $B(\chi)$, и $A(\chi)$:

$$B(\chi) = 0,3797 / (1 - \exp(-0,632\chi)) \quad (9)$$

$$A(\chi) = 0,06 \ln(\chi) + 1, \quad (10)$$

где $\chi = 0,2 \dots 5$.

Уравнения (9) и (10) при $\chi = 1$ дают значения этих коэффициентов для точного аналитического решения задачи [8]: $B(\chi = 1) = 8/\pi^2$; $A(\chi = 1) = 1$ (для $B(\chi)$ – с точностью до четвертого знака после запятой).

Сопоставление опытных значений времени сушки со значениями, рассчитанными по уравнениям (8)–(10), показывает, что в регулярном режиме массообмена представленная математическая модель удовлетворительно описывает микрокинетический процесс (относительная погрешность 12 %).

На макрокинетическом уровне расчета рассматриваемого сушильного аппарата учитывается рециркуляция сушильного агента в соответствии с уравнениями материального и теплового баланса. Кинетический расчет процесса ведется при средних значениях параметров сушильного агента в рабочем объеме аппарата. Поскольку рассматриваемый аппарат периодического действия, то температура и влажность сушильного агента на его выходе изменяются с течением времени. Поэтому расчет осуществляется зональным методом с разбивкой всего диапазона удаляемой влаги в АИ на ряд контрационных интервалов и определением для каждого из них количества удаляемой влаги и среднего на интервале конечного влагосодержания сушильного агента. Аналогично по тепловому балансовому уравнению определяется средняя на i -том концентрационном интервале конечная температура сушильного агента. При этом в силу отмеченной выше крайне медленной сушки принимается, что прогрев материала до температуры сушильного

агента происходит достаточно быстро и, что поэтому в каждом концентрационном интервале температура материала и сушильного агента имеют одинаковые значения (балансовая задача по теплоте).

При применении зонального метода расчета коэффициент $B(\chi)$ рассчитывается по уравнению (9) только для первой зоны, для второй и последующих зон, как показано в [7], следует принимать $B(\chi) = 1$, так как начальное влагосодержание в этих зонах является не равномерным, а соответствует граничным условиям задачи.

3. Эффективность работы импрегнированного АИ

Эффективность работы корундового импрегнированного АИ оценивали по трем количественным показателям коэффициенту шлифования K , шероховатости, контактной температуре и одному качественному показателю — наличию вредных структурных изменений в обрабатываемом материале (прижогов). Испытания проводили на экспериментальной установке (машине трения) при скоростях скольжения $v = 0,0035...0,5$ м/с, давлениях до $1,7 \cdot 10^8$ Па и температурах до 150 °С (подробное описание установки дано в [5]). Испытанием импрегнированных АИ установлено повышение эффективности и качества абразивной обработки, а именно снижение контактной температуры при шлифовании на $10...15$ %, отсутствие прижогов (вследствие увеличения теплопроводности АИ в $1,5...2$ раза), повышение коэффициента шлифования в $1,5...2$ раза. При этом качество шлифованных металлических поверхностей деталей по параметру шероховатости не ухудшается.

Выводы

1. Проведенные исследования физико-химических и реологических свойств импрегнаторов показали целесообразность проведения пропитки при температуре $20...25$ °С;

2. Предложенный способ получения импрегнированного АИ, заключающийся в его пропитке Эмукрилом М при температуре $20...25$ °С, термофиксации в водной среде при температуре $90...95$ °С и конвективной сушке в аппарате камерного типа с рециркуляцией сушильного агента

при температуре $60...80$ °С, и его аппаратурно-технологическое оформление приводят к получению качественного АИ;

3. Экспериментальными исследованиями кинетики пропитки и сушки выявлены закономерности этих процессов, нашедшие отражение при составлении математических моделей, которые позволяют проводить кинетические расчеты промышленных процессов с достаточной для инженерной практики точностью;

4. Эксплуатационные испытания АИ, импрегнированных предложенным способом, показали повышение эффективности и качества абразивной обработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Островский В.И.* Импрегнированный абразивный инструмент. М.: НИИМаш. 1983. — 72 с.
2. *Гороховский Г.А.* Полимеры в технологии обработки металлов. Киев: Наукова думка. 1975. — 224 с.
3. *Оробинский В.А.* Абразивные методы обработки. 2-е изд., перераб. и дополн. М.: Машиностроение. 2000. — 314 с.
4. *Майникова Н.Ф.* и др. Способ импрегнирования абразивного инструмента на основе корунда. А.с. № 1726222 СССР. Опубл. 15.04.92 // Бюл. № 14.
5. *Чурилин А.В.* Кинетика и аппаратурно-технологическое оформление процессов пропитки и сушки абразивного инструмента: Дисс. ... канд. техн. наук. Тамбов. 2004. — 220 с.
6. *Косолапов А.Ф.* Применение методов математического моделирования для расчета и создания конструкционных композитов на основе неорганической матрицы: Дисс. ... канд. техн. наук. М.: Российский государственный технологический университет. 2005 — 114 с.
7. *Рудобахта С.П.* Массоперенос в системах с твердой фазой. М.: Химия. 1980. — 248 с.
8. *Рудобахта С.П., Жуков Н.П., Дмитриев В.М., Чурилин А.В.* Сушка импрегнированных абразивных инструментов // Промышленная теплотехника. — 2004. Т. — 26. — №5. — С. 32–36.

Получено 12.07.2005 г.