

УДК 676:621.9.042

**В. А. Логвин, канд. техн. наук, А. А. Жолобов, канд. техн. наук, проф.,
П. Ф. Котиков, канд. техн. наук**

ПРЕИМУЩЕСТВА ЛЕЗВИЙНОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ВАЛОВ СУПЕРКАЛАНДРОВ

В статье изложен анализ требований, предъявляемых к НБВС, и существующих технологий их обработки. Предложена зависимость для определения длины участка режущей кромки, необходимого для обработки протяженной заготовки с неизменными параметрами режущего клина при обработке чашечными резцами с непрерывно обновляющейся кромкой. Представлены графические зависимости шероховатости обработанной поверхности от подачи и скорости обновления режущей кромки. Сформулированы основные преимущества лезвийной обработки с обновлением режущей кромки для формообразования валов суперкаландров.

В целлюлозно-бумажной промышленности при производстве бумаги применяются волокна растительного происхождения, выделяемые из древесины хвойных и лиственных пород, из стеблей и луба однолетних растений, семенных коробочек и листьев некоторых растений. Основным компонентом волокон является природный полимер целлюлоза, обладающий весьма ценными свойствами для производства бумаги: высоким молекулярным весом, цепевидным строением

молекул, фибрилярной структурой, высокой прочностью и стойкостью к воздействию химикатов и температуры, высоким сродством с водой и способностью набухать в ней. Благодаря этим свойствам из нее получают однородную по структуре и достаточно прочную бумагу без применения связующих (рис. 1). Другим важным достоинством целлюлозы является неограниченность сырьевых источников для ее производства и их возобновление.

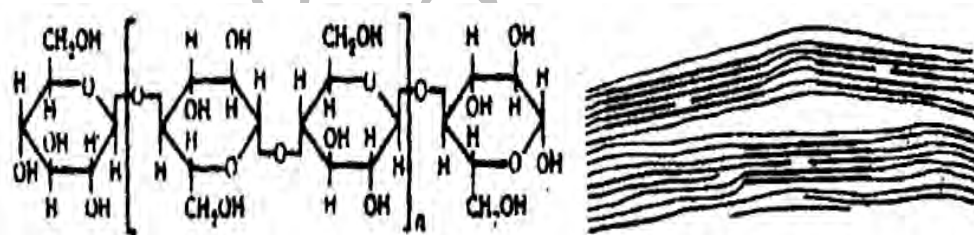


Рис. 1. Морфологическое строение волокон целлюлозы

Под отделкой бумаги подразумевают операции, завершающие процесс ее производства. К ним относят каландрирование бумаги на суперкаландре, осуществляемое с целью уплотнения, снижения толщины и повышения объемного веса, выравнивания по толщине и сглаживания, уменьшения шероховатости (придания поверхности гладкости) и лоска, повышения прозрачности и усилия на разрыв. Каландрированию

(отделке) на суперкаландре подвергают массовые виды бумаги (писчую, типографскую, книжно-журнальную, офсетную, мелованную, бумагу для глубокой печати, иллюстрационную и др.), а также некоторые немассовые (техническую, конденсаторную, пергамент, чертежную прозрачную, основу диаграммной бумаги, чертежную, сигаретную, папиросную, некоторые виды картона).

Увлажненная бумага в суперка-

ландре подвергается действию давления и трения между металлическими и упругими набивными бумажными валами суперкаландров (НБВС), располагаемыми, как правило, вертикально поочередно друг над другом. На эффект каландрирования большое влияние оказывает твердость бумажных валов, которая зависит от их материала и режима набивки. Трение бумаги о поверхность валов в процессе каландрирования происходит главным образом из-за радиальной деформации бумажных валов, в которые вдавливаются более твердые металлические валы. Благодаря этому окружные скорости бумажных и металлических валов разные, и бумага испытывает значительное трение в зоне прессования, что приводит к росту температуры до 63...68 °С.

Ввиду особой роли бумажных валов на суперкаландре к ним предъявляются повышенные требования по точности геометрической формы в продольном сечении, которая не должна превышать 20...30 мкм, величине шероховатости после прикатки на суперкаландре без бумаги в пределах 0,6...0,8 мкм по Ra и остаточной ворсистости рабочей поверхности в пределах допуска на шероховатость, а также твердости поверхностного слоя.

Бумажные валы набираются на гидравлических прессах по определенной технологии набивки и обрабатываются на токарных и шлифовальных станках. Величина усилия, с которым набираются бумажные валы, выбирается в зависимости от назначения вала, необходимой плотности и твердости. Например, на изготовление одного вала с шириной формата 6445 мм затрачивается 14...18 сут непрерывной работы. После механической обработки валы проходят операцию обкатки на суперкаландре без бумаги по определенному режиму.

Каландровая (набивочная) шерстесодержащая бумага изготавливается из целлюлозных и шерстяных волокон.

При этом в исходном полотне бумаги имеет место преимущественная ориентация волокон в продольном направлении. В процессе набивки создают изотропию свойств материала в направлении, перпендикулярном оси вала, путем равномерного поворота исходных заготовок бумаги друг относительно друга на угол 10...15°. В результате получается материал с трансверсально-изотропными свойствами. Вследствие релаксации напряжений упругие свойства этого материала постоянно изменяются. Сами волокна, обладая достаточно высокой твердостью, являются хорошим абразивом, а обрабатываемый материал имеет высокую упругость и, находясь в сдавленном состоянии, значительную потенциальную энергию к высвобождению.

Обработка бумажных валов на предприятиях отрасли производится в зависимости от технологических возможностей. От этого зависит время обкатки обработанного вала на холостом ходу на суперкаландре. Бумажные валы, особенно вновь изготовленные, после первой механической обработки еще не обладают достаточной твердостью поверхности, поэтому очень чувствительны к механическим воздействиям вследствие попадания между валами разного рода пыли, комков бумаги и других посторонних включений. Поэтому обкатка должна производиться по чистым отполированным поверхностям металлических валов, по всей длине бочки вала при равномерном линейном давлении между валами и равномерной их температуре, не превышающей 50...60 °С. Нормальная твердость бумажных валов для каландрирования писчей и бумаги для печати – 36...40 ед. по шкале С склероскопа Шора, импортных – 85...89 ед.

Назначение механической обработки – восстановление точности формы валов в продольном направлении, влияющей на равномерность толщины выпускаемой бумаги, удаление дефек-

тов (вмятины, прижоги) и наклепанного (рогового) слоя с повышенной твердостью, приводящего к образованию трещин на рабочей поверхности вала. Алмазная обработка бумажных валов, благодаря высокой стойкости режущей части резца, обеспечивает необходимую точность и шероховатость обработанной поверхности по $Ra = 1,6$ мкм при подаче не более $0,1...0,2$ мм/об.

Шлифование валов, изготовленных из шерстяной, асбестолатексной, хлопкошерстяной бумаги, проводят без применения охлаждающих жидкостей. Применение воды и различных эмульсий недопустимо, так как приводит к преждевременному выходу НБВС из строя, ухудшению эксплуатационных свойств, повышению шероховатости обработанной поверхности вала. При увлажнении набивки вала из хлопкошерстяной или асбестолатексной бумаги межволоконные связи ослабевают, в результате чего абразивные зерна шлифовального круга не подрезают, а выдергивают волокна бумаги, и поверхность вала приобретает ворсистый вид. Кроме того, в период шлифования влага проникает на всю глубину, вплоть до поверхности сердечника, что создает дополнительные трудности при эксплуатации такого вала. В результате неравномерного набухания набивки, особенно вблизи торцовых шайб, в ней возникает избыточное давление, в следст-

вие чего происходит местный перегрев поверхности вала, что приводит к местным прижогам и прогарам набивки.

На финских бумажных предприятиях, в частности «Темпелла», «Валмет», «Вяртсиля», применяют трехоперационную технологию обработки. Черновая операция: обработка производится резцами, оснащенными твердосплавной пластинкой, на режимах: скорость резания $3...4$ м/с; глубина резания $0,5...5$ мм; подача $0,6...0,8$ мм/об; время рабочего хода составляет 125 мин при ширине формата 8600 мм. Чистовая операция: обработка производится резцом, оснащенным синтетическим алмазом, с радиусом при вершине $2...5$ мм на режимах: скорость резания 5 м/с, глубина резания $0,2...0,3$ мм, подача $0,2...0,3$ мм/об, время рабочего хода составляет 209 мин. Финишная операция: шлифовка вала производится при помощи радиусного деревянного башмака, обернутого сукном и шлифовальной бумагой № 2 или 3 (рис. 2). Шлифовка производится в направлении, противоположном алмазному точению в три или четыре рабочих хода, при этом направление вращения каждый раз изменяется на противоположное, скорость резания $5...6$ м/с. Назначение шлифовки – удаление волокон, уменьшение остаточной ворсистости и выравнивание следа, оставленного алмазным резцом после точения.

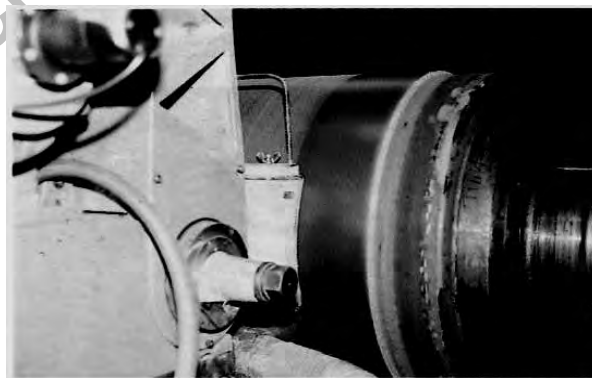


Рис. 2. Фотография приспособления для шлифования НБВС с помощью радиусного башмака

Для обработки бумажных валов предпринимались попытки применения ротационных самовращающихся резцов, разработанных сотрудником кафедры «Технология машиностроения» Калининградского института рыбной промышленности (ныне Государственный технический университет) Л. А. Гиком и академиком АН БССР Е. Г. Коноваловым. При значительных преимуществах данного инструмента, позволяющего использовать твердосплавные режущие элементы вместо алмазных резцов, он обладает рядом существенных недостатков. Настройка его требует установки под двумя углами, в горизонтальной и вертикальной плоскостях и по высоте. Вследствие большого соотношения диаметров режущего элемента и обрабатываемой заготовки частота вращения режущего элемента превышает 3000 мин^{-1} , что в свою очередь снижает долговечность шпиндельного узла ротационного резца. При этом точность изготовления деталей и сборки ротационного резца должна обеспечивать торцовое биение режущего элемента в процессе обработки не более $0,005 \text{ мм}$. Вследствие плохой проводимости тепла набивочным материалом большая часть тепловой энергии, выделяемой в процессе резания, устремляется в резец, тем самым ухудшая условия работы шпиндельного узла резца.

Сочетание снижения относительного скольжения в контакте инструмента с заготовкой и периодичности участия в процессе резания отдельного участка режущего лезвия без прерывания этого процесса при ротационном резании повышает режущие способности инструмента и производительность лезвийной обработки. Отличительной особенностью обработки резанием самовращающимися и принудительно-вращающимися чашечными резцами является многократность и периодичность участия в работе каждой точки режущей кромки за рабочий ход, что приводит к нарушению размерной на-

стройке инструмента вследствие износа и радиального и торцевого биения режущего элемента.

Применение отдельного осуществления принципов ротационного резания также гарантирует повышение эффективности лезвийной обработки. Стабильность параметров режущего клина в процессе резания повышает вероятность получения требуемой точности и качества при обработке длиномерных заготовок, особенно при чистовой обработке бумажных валов, отличающихся высокой абразивной способностью обрабатываемого материала. Использование резцов с принудительным обновлением активного участка режущей кромки, у которых время одного оборота режущего элемента больше времени рабочего хода инструмента, повышает точность и уменьшает шероховатость рабочих поверхностей бумажных валов благодаря непрерывному вводу в зону резания не участвующего ранее участка режущей кромки. Влияние скорости обновления режущей кромки при обработке бумажных валов определено при исследовании процессов, протекающих при переходе от невращающихся (заторможенных) к самовращающимся чашечным резцам.

Установлено, что по мере формирования площадок износа на рабочих поверхностях режущего лезвия изменяются все силовые, температурные, а также стойкостные характеристики процесса обработки и эксплуатационные свойства деталей. Поддержание первоначально заданных с незначительными изменениями геометрических параметров рабочих поверхностей режущих элементов в процессе обработки обеспечивает обновление режущей кромки. Обновление режущей кромки может быть прерывистым и непрерывным и в свою очередь полным или частичным. Прерывистое обновление может быть полным и частичным, а непрерывное только частичным. Полное обновление режущей кромки происходит

периодически, при этом участок режущей кромки, находящийся во взаимодействии с обрабатываемой заготовкой, полностью обновляется, заменяется на участок, не участвующий до этого в работе. При частичном обновлении прерывистом или непрерывном обновлении режущей кромки происходит в основном на участке в области вершины режущего элемента, отвечающего за формирование окончательной точности и качества рабочей поверхности детали. Прерывистое частичное обновление целесообразнее осуществлять не во время обработки, т. к. перепад размеров на участке, на котором осуществится обновление, может выйти за пределы поля допуска на обрабатываемый размер. Непрерывное частичное обновление осуществляется равномерно или по определенному закону, определяющему скорость формирования износа на рабочих поверхностях режущего элемента. При этом следует отметить, что прерывистое частичное обновление предполагает более простую конструкцию механизмов инструмента и применяется при обработке коротких или протяженных заготовок с большим полем допуска на обрабатываемый размер и невысокими требованиями по шероховатости обработанной поверхности. Непрерывное частичное обновление применяется как при обработке коротких, так и протяженных заготовок с высокими требованиями по точности и качеству обработанной поверхности, например НБВС, и предполагает наличие в конструкции инструмента отдельного привода. При обработке протяженных заготовок длина режущей кромки l , необходимой для обработки всего участка, должна быть больше не менее чем на величину периметра контакта режущего элемента с заготовкой при условии, что скорость формирования износа на рабочих поверхностях режущего элемента (скорость изнашивания) $V_{из}$, м/с, равна скорости непрерывного обновления режущей кромки V_p , м/с, и определяется за-

висимостью

$$l = \frac{V_p L 60000}{S n},$$

где S – подача на один оборот заготовки, мм; n – частота вращения заготовки, мин^{-1} ; L – длина участка обработки, м.

Форма режущей кромки может быть любой и значение это имеет лишь при выборе конструкции привода, обеспечивающего обновление. Наиболее оптимальной формой режущей кромки при конструировании привода обновления является окружность.

Известно, что процесс ротационного резания характеризуется большими скоростями перемещения режущей кромки и основной износ режущих элементов, имеющих режущую кромку в виде окружности, – термоусталостный. В результате мгновенного изменения температуры в каждой точке режущей кромки при прохождении выхода и входа зоны обработки, достигающего 300°C , происходит ее разрушение под действием повторяющихся температурных напряжений [1, 2].

Исключить или значительно уменьшить перепад температур на выходе и входе в зону обработки можно за счет установления оптимальной скорости перемещения режущей кромки, обеспечивающей равномерный подогрев при подходе к зоне обработки, предотвращая термоусталостное разрушение. В этом случае скорость V_p перемещения режущей кромки к зоне обработки должна быть меньше или равна скорости распространения тепла от зоны резания вследствие теплопроводности. Скорость перемещения режущей кромки V_p может назначаться из технологических требований или режущих способностей режущего элемента инструмента.

Использование для обработки бумажных валов ранее разработанной одноповоротной прямой второй геометрической схемы ротационного резания по-

зволило значительно упростить процесс настройки и установки резца относительно обрабатываемой заготовки. Значительная величина угла контакта режущего элемента с заготовкой расширяет возможности по повышению производительности процесса обработки за счет увеличения подачи до 10 раз при одновременном снижении шероховатости обработанной поверхности до 30 %.

На кафедре «Металлорежущие станки и инструменты» Белорусско-Российского университета успешно проводятся научные исследования по эффективному использованию ресурсов инструментальных материалов за счет непрерывного обновления режущих кромок во время обработки и созданию на рабочих поверхностях наноструктурированных, а также имплантированных структур в приповерхностных слоях рабочих поверхностей режущих инструментов из различных материалов в тлеющем разряде, что позволяет повышать производственный ресурс инстру-

ментальных материалов до 10 раз.

При исследовании влияния подачи на формирование шероховатости рабочих поверхностей при обработке НБВС чашечными инструментами установлено, что подача имеет превалирующее значение среди технологических факторов. В результате анализа графических зависимостей (рис. 3) установлено, что при обработке с подачами менее 1 мм/об уменьшение шероховатости обработанной поверхности при увеличении подачи происходит благодаря снижению температуры в зоне резания вследствие увеличения размера срезаемого слоя и соответственно большему отводу тепла со стружкой. При этом обработка самовращающимся резцом (линия 1) обеспечивает меньший разброс величины по Ra и цвет обработанной поверхности изменяется с темно-коричневого (обугленного) до темно-синего (темно-серого), т. е. цвет набивки сохраняет естественную окраску.

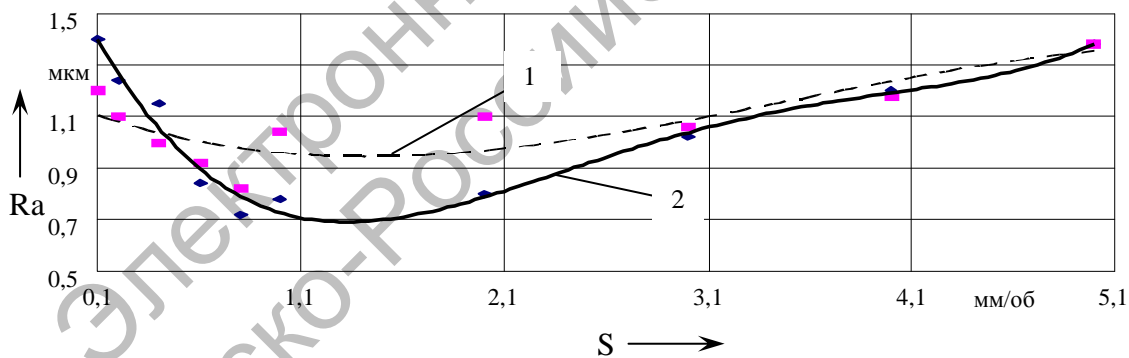


Рис. 3. Влияние подачи на шероховатость обработанной поверхности: $V = 4$ м/с; $t = 0,5$ мм; $H = 29,8$ мм; $\varphi_y = 0,5^\circ$; $\alpha_s = 1^\circ$; $\gamma_s = -6^\circ$; $d_n = 59,6$ мм

При дальнейшем росте подачи происходит монотонное увеличение шероховатости обработанной поверхности как в условиях обработки свободновращающимся, так и заторможенным (линия 2) инструментами. Однако обработка заторможенным резцом позволяет получать шероховатость поверхности на 5...10 % меньше, чем свободновращаю-

щимся. А в диапазоне подач от 0,5 до 2,5 мм/об обработка с заторможенным режущим элементом позволяет получать снижение шероховатости до 30 %.

Исследования влияния скорости обновления режущей кромки на шероховатость обработанной поверхности показали, что с уменьшением скорости увеличивается время прохождения каж-

дой точки режущей кромки дуги контакта режущего элемента с обрабатываемой заготовкой, что способствует большему

затуплению режущего клина (изменению его геометрии) и, как следствие, увеличению шероховатости (рис. 4).

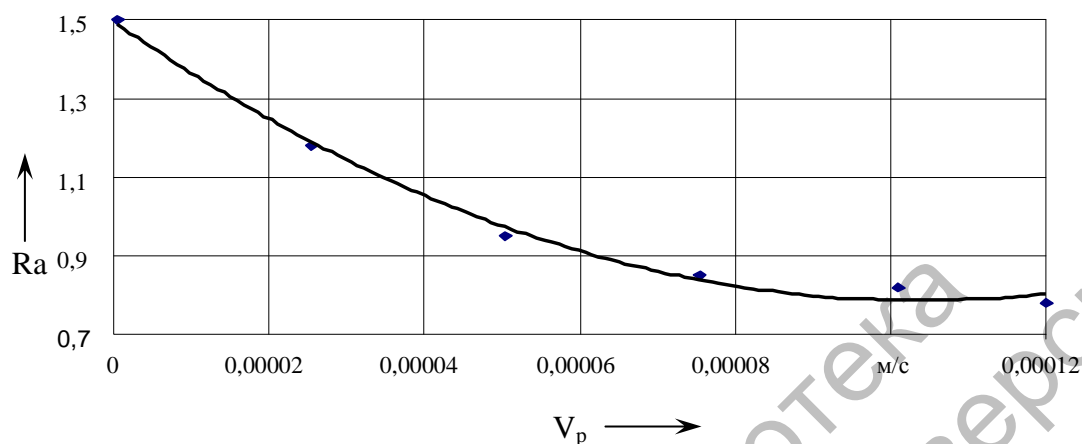


Рис. 4. Влияние скорости обновления режущей кромки на шероховатость обработанной поверхности: $V = 4,77$ м/с; $S = 0,75$ мм/об; $t = 0,2$ мм; $H = 10$ мм; $\varphi_y = 45^\circ$; $\alpha_3 = 15^\circ$; $\gamma_s = 15^\circ$; $d_w = 60$ мм

При увеличении скорости обновления режущего элемента шероховатость поверхности монотонно уменьшается. Однако необходимо учитывать, что время полного оборота режущего элемента должно быть больше, чем время рабочего хода резца вдоль заготовки, чтобы производить обработку НБВС на всем протяжении рабочей поверхности вала с постоянной геометрией режущего клина, что в свою очередь позволит обеспечить шероховатость обработанной поверхности с наименьшими отклонениями.

В условиях ООО «ИлимСеверРМП» проводили исследования по обработке НБВС алмазными резцами и чашечными инструментами, оснащенными круглым режущим элементом с принудительным обновлением режущей кромки. Обработка вала производилась в собственных опорах, на токарно-винторезном станке типа TCG-125/12Mx15000 польской фирмы «Пореба» (POREBA), НБВС с диаметром 570 мм и рабочей длиной 4409 мм, измерение шероховатости осуществлялось профилометром мод. 296. Результаты исследований представлены на рис. 5.

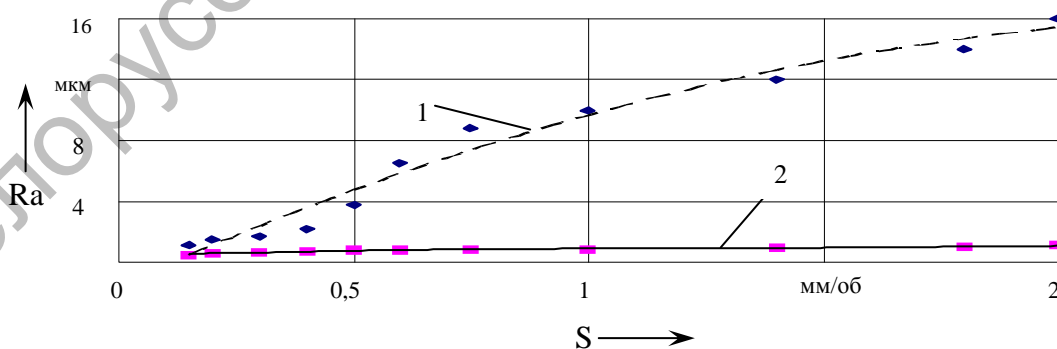


Рис. 5. Влияние подачи на шероховатость обработанной поверхности при обработке алмазным 1 и чашечным 2 инструментами: $V = 4,77$ м/с; $t = 0,2$ мм

Установлено, что существенного влияния на изменения шероховатости обработанной поверхности ни глубина, ни скорость резания не оказывают. Графические зависимости наглядно демонстрируют превосходство токарной обработки чашечными инструментами с принудительным обновлением режущей кромки по сравнению с алмазным точением. Шероховатость рабочей поверхности бумажного вала (линия 2) на всем протяжении рабочего хода не превысила 0,9 мкм по Ra.

Анализируя [1–4] и практический опыт обработки заготовок, имеющих в своей структуре волокна различных материалов с заполнением межволоконного пространства скрепляющими наполнителями, необходимо отметить так называемую проблему «остаточной» ворсистости. Она заключается в том, что в результате механической обработки на рабочих поверхностях деталей вышеназванной группы, к которой относятся и бумажные валы, концы волокон, выступающие из основного материала на высоту, как правило, в пределах шероховатости поверхности, в результате действия давления и температуры расщепляются на более мелкие волокна. Вследствие чего поверхностный слой обработанной заготовки приобретает структуру «ковровой дорожки», имеющей различную гладкость по и против движения режущего клина. Этот недостаток для НБВС устраняется при обкатке бумажных валов на холостом ходу непосредственно на суперкаландре без бумаги. Обкатка набивных бумажных валов на холостом ходу на суперкаландре позволяет снизить шероховатость рабочей поверхности до 0,4...0,6 мкм по Ra.

Сравнивая результаты обработки свободновращающимся и заторможенным инструментами, установлено, что эффект самовращения придает обработанной поверхности, благодаря вращению режущего элемента, разностороннее давление на волокна, что приводит к более глубокому разрыхлению волокон

и соответственно к увеличению периода обкатки НБВС на суперкаландре. Из параметров режима резания наибольшее влияние на формирование шероховатости рабочей поверхности НБВС оказывает подача, значение которой на чистовых проходах следует назначать из диапазона 0,85...2 мм/об, а на получистовых – 2...5 мм/об.

Применение для обработки бумажных валов чашечных инструментов с принудительным обновлением режущей кромки позволяет повысить производительность в 10...15 раз по сравнению с традиционным способом. К тому же наличие отдельного привода для обновления режущей кромки позволяет управлять скоростью притупления и формой геометрии режущего клина непосредственно в процессе обработки, что предоставляет возможность соответственно управлять процессом формирования шероховатости обработанной поверхности в зависимости от жесткости технологической системы или осуществлять подбор режимов резания и скорости обновления режущей кромки исходя из конкретного состояния оборудования, опор качения и жесткости самого вала.

Таким образом, преимущества обработки с непрерывным обновлением режущей кромки при ее однократном использовании заключаются в следующем:

- износ в точке режущей кромки, окончательно формообразующей обработанную поверхность, минимальный или равен нулю и не изменяется в течение рабочего хода, что сохраняет размер статической настройки технологической системы и стабилизирует точность обработки;

- минимальная величина износа в области вершины режущей кромки обеспечивает стабильность шероховатости обработанной поверхности в пределах периода стойкости режущего элемента;

- стабильность и неизменность геометрических параметров режущего

лезвия в течение всего периода стойкости гарантирует неизменность сил и температуры в зоне резания, что повышает виброустойчивость технологической системы;

- увеличение фаски износа и радиуса перехода между передней и задней поверхностями режущего элемента от вершины к выходу из участка контакта режущей кромки с необработанной поверхностью заготовки позволяет более нагружать приповерхностные слои заготовки и гарантирует неизменное качество обрабатываемой поверхности детали (лучшее стружкодробление, завивание стружки, минимум наклепа и остаточных напряжений на поверхности детали);

- обеспечение равномерного нагрева и охлаждения при прохождении участка режущей кромки зоны резания исключает температурные напряжения, болезненные для твердого сплава, и термоусталостный износ;

- возможность увеличения или уменьшения скорости обновления режущей кромки во время обработки позволяет управлять величиной износа в области вершины режущего элемента и соответственно стабилизировать точность и качество обрабатываемой поверхности за счет выправления изменяющихся условий обработки;

- непрерывное обновление режущей кромки позволяет до двух раз повысить стойкость режущих элементов по сравнению с прерывистым полным обновлением.

НБВС в силу своих конструктивных особенностей отличаются низкой жесткостью и соответственно низкими силами упругого сопротивления. Поэтому упругая система НБВС легко приходит в колебательное движение при выводе каким-либо путем из равновесия. Колебания происходят около положения упругого равновесия, при котором в нагруженной системе имеют место статические деформации и соответствующие им статические напряже-

ния. При колебаниях к статическим деформациям добавляются динамические, зависящие от вида колебательного движения и амплитуды [5].

В связи с вышеизложенным обеспечение технических требований, предъявляемых к НБВС в результате механической обработки, является сложнейшей задачей. Ввиду низкой жесткости НБВС обработка данных изделий возможна с частотами вращения, значительно отличающимися от собственной частоты во избежание появления резонанса. При этом следует учитывать наличие прогиба у НБВС при установке на станке в статическом состоянии как фактора, снижающего устойчивость. Как показала практика эксплуатации и наши измерения, величина прогиба составляет от 1,5 мм – при формате 4410 мм до 4 мм – при формате 8620 мм. Наличие постоянно действующего растягивающего усилия от давления набивочного материала на запорную арматуру поддерживает стальной сердечник НБВС в напряженном растянутом состоянии. Действие постоянных растягивающих напряжений в сердечнике НБВС при приложении крутящего момента способствует незначительному уменьшению прогиба во время вращения. Но, тем не менее, уменьшить прогиб НБВС при вращении до нуля не удастся и обработку приходится производить с динамическим прогибом в вертикальной плоскости, отличным от статического. Также сила резания, прикладываемая к НБВС при обработке, стремится отклонить его от состояния равновесия. Если силы инерции и растягивающие усилия в сердечнике, стремящиеся уменьшить прогиб НБВС, приближая положение оси вала к оси центров станка, при вращении будут превышены составляющими усилия резания, по одной из осей произойдет смещение центра масс НБВС и виброустойчивость снизится. Все эти факторы в значительной мере определяют стабильность состояния НБВС при обработке. Применительно к расчету виброустойчивости системы НБВС нами ис-

пользован программный продукт, построенный по модульному принципу как автономная система анализа МКЭ. Она включает модули для решения линейных и нелинейных, статических и динамических задач анализа механических конструкций, а также анализ собственных частот и форм колебаний [6–9].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Коновалов, Е. Г.** Прогрессивные схемы ротационного резания металлов / Е. Г. Коновалов, В. А. Сидоренко, А. В. Соусь. – Минск, 1972.
2. Ротационное резание материалов / П. И. Ящерицын [и др.]. – Минск, 1987.
3. **Ерохин, А. А.** Обработка резанием

стеклопластиков / А. А. Ерохин // Высокопроизводительное резание в машиностроении : сб. тр. – М., 1966. – С. 7–8.

4. **Жолобов, А. А.** Особенности обработки набивных бумажных валов суперкаландра (НБВС) резцами с обновляющейся режущей кромкой / А. А. Жолобов, В. А. Логвин // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2006. – № 3. – С. 80–88.

5. **Беляев, Н. М.** Сопrotивление материалов / Н. М. Беляев. – М., 1965.

6. **Алямовский, А. А.** SolidWorks / COSMOSWorks. Инженерный анализ методом конечных элементов / А. А. Алямовский. – М., 2004.

7. **Сегерлинд, Л.** Применение метода конечных элементов / Л. Сегерлинд. – М., 1979.

8. **Секулович, М.** Метод конечных элементов / М. Секулович. – М., 1993.

9. **Зенкевич, О.** Метод конечных элементов в технике / О. Зенкевич. – М., 1979.

Белорусско-Российский университет
Материал поступил 26.05.2011

V. A. Logvin, A. A. Zholobov, P. F. Kotikov **Advantages of edge cutting machining** **for forming of supercalander shafts**

The scientific paper gives the analysis of requirements to paper supercalander shafts and the available technologies of their machining. It offers the dependence for determining the length of the cutting edge portion necessary for machining a lengthy workpiece with unchangeable parameters of the wedge in machining by cup tools with a continually renewable edge. The paper also presents graphic dependences of machined surface roughness upon feed and cutting edge renewal speed. The basic advantages of edge cutting machining with cutting edge renewal to shape supercalander shafts are formulated.