

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОПЕРАЦИЙ ШЛИФОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ МНОГОНОМЕНКЛАТУРНОГО ПРОИЗВОДСТВА¹

Д.В. Ардашев

В статье представлен новый подход к проектированию операций абразивной обработки, основывающийся на прогнозировании работоспособности инструмента и определения режимно-временной области его возможной эксплуатации. При этом рассматриваются все партии деталей, планируемые к обработке на станке. Выбор характеристики абразивного инструмента с одновременным назначением режимов его работы делает предложенную методику комплексной, что позволяет в наилучшей степени использовать ресурс работоспособности инструмента. Предложенная методика проектирования операций шлифования является адекватной современным условиям функционирования современного машиностроения, характеризующегося быстрой и частой сменой номенклатуры обрабатываемых деталей.

Ключевые слова: континуальное проектирование, шлифование, эффективность.

В условиях современного многономенклатурного производства обрабатываемые заготовки поступают на обработку на станке в порядке, зависящем от конъюнктуры рынка. Основную часть параметров технологической среды следует считать квазипостоянной (характеристика применяемого шлифовального круга, характеристики станка, марка применяемого СОТС, квалификация рабочего и т.д.), а управление процессом осуществляется изменением режимов обработки. Следовательно, при проектировании операций шлифования необходимо постоянное обновление информации о номенклатуре планируемых к обработке заготовок, эксплуатационных свойствах текущего инструмента, складских запасах инструмента, возможностях предприятий-поставщиков, технологической системе, в которой эксплуатируется круг и др. Также необходимо наличие сведений о функциональных взаимосвязях между параметрами управления процессом и выходными показателями. Это позволит в дальнейшем реализовать алгоритмы адаптации и самоорганизации. Возмущающее воздействие на предмет

¹ Южно-Уральский государственный университет выражает благодарность Министерству образования и науки Российской Федерации за финансовую поддержку настоящей работы (грант № 9.5589.2017/БЧ).

управления – шлифовальный круг, а также выходные данные – результаты выполнения операции являются многомерными массивами – информационными полями данных. Эти поля данных характеризуют континуальную среду, в которую интегрируется шлифовальный круг с целью эксплуатации и обеспечения требований, предъявляемых к операции шлифования.

Представленная выше система является континуальной системой обработки информации, которая впервые была описана проф. А.Б. Путилиным [1, 2]. Упрощенно взаимодействие объекта с континуальной средой показано на рис. 1.



Рис. 1. Континуальная модель управления объектом

Конкретизируя, получаем среду взаимодействия шлифовального круга со внешними информационными полями (рис. 2):

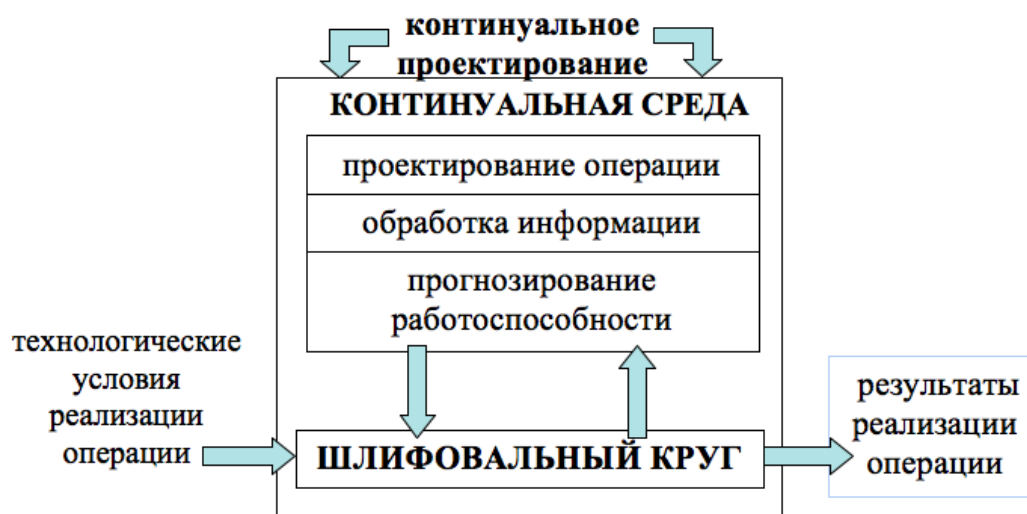


Рис. 2. Континуальная среда эксплуатации шлифовального круга

При этом основными возмущающими воздействиями являются режимы обработки, полученные в результате реализации континуальной методики проектирования операции шлифования. Само же континуальное проектирование может быть реализовано только после получения сведений о работоспособности инструмента, базирующихся на прогнозировании эксплуатационных показателей инструментов.

Сведения о работоспособности абразивного инструмента, эксплуатирующегося в условиях многономенклатурного производства, постоянно обновляются и являются исходными данными для решения задачи оптимизации как при выборе характеристики инструмента, так и при назначении режимов обработки. Выбранный в результате континуальной технологии проектирования операции шлифования, должен обеспечивать выполнение требований, предъявляемых ко всем обрабатываемым деталям, а также соблюдение организационно-технических и экономических требований производства. Кроме того, результатом применения континуальной технологии шлифования должно явиться выявление области рационального применения инструмента той или иной характеристики, устанавливаемой либо установленной на станке. В этом случае также может быть установлена номенклатура абразивных инструментов, позволяющих обработать заготовки с выполнением требований чертежа и производительности процесса.

Учитывая вышесказанное, применительно к абразивной обработке под континуальным проектированием операции шлифования будем понимать метод проектирования операций шлифованием, при котором учитывается текущая производственная ситуация (детали поступают на станок мелкими партиями, при этом детали разобщены: изготовлены из различных материалов, имеют различные размеры, геометрию, требования по качеству обработки и др.), а также текущее состояние работоспособности абразивного инструмента. Вся партия деталей, планируемая к изготовлению на станке, должна быть надлежащим образом обработана шлифовальным кругом определенной характеристики (ранее установленным на станке), либо кругом характеристики, назначаемой в результате проектирования операции шлифования, обеспечивающей максимальную производительность обработки и выполнение требований чертежа.

Учитывая вышесказанное, основными задачами континуальной технологии шлифования являются:

1. Назначение режимов шлифования различных деталей кругом определенной характеристики в широком диапазоне технологических условий.
2. Назначение характеристики абразивного инструмента, позволяющего обработать партию деталей, поступающую на станок, с выполнением требований по качеству и производительности обработки.
3. Определение номенклатуры характеристик шлифовальных кругов, режимов обработки, а также периода их замены, с целью обеспечения требуемых показателей качества обработки и уровня производительности

процесса в случае, когда кругом одной характеристики не удастся обеспечить требуемую производительность процесса либо показатели качества обработки.

4. Определение характеристики абразивного инструмента, позволяющего обработать детали всех партий, планируемых к поступлению на станок в определенный промежуток времени, с выполнением требований по качеству и производительности обработки, а также режимов шлифования выбранным инструментом для каждой конкретной партии обрабатываемых деталей.

Условно последовательность континуального проектирования операции шлифования можно разделить на два этапа (рис. 3).

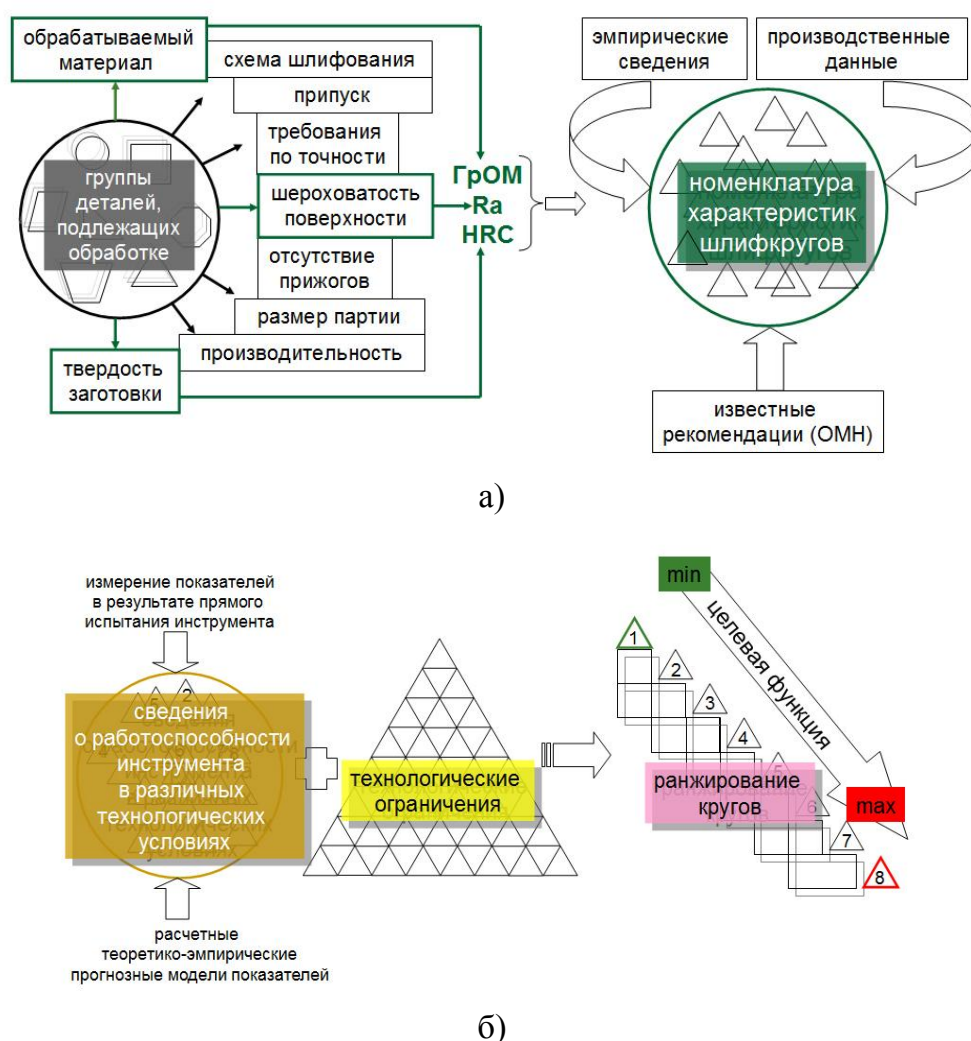


Рис. 3. Методика континуального проектирования шлифования:
а) первый этап; б) второй этап

Первый этап (см. рис. 3а) включает в себя получение исходной информации о деталях, планируемых к поступлению на станок. Эта информация содержит три группы данных:

1. Требования к качеству обрабатываемых деталей по всем партиям (принимаются из чертежа детали): точность обрабатываемого размера (номер квалитета либо величина допуска), параметр шероховатости обработанной поверхности (Ra), допустимость прижога (допускаемая его глубина) и др.

2. Техничко-организационные и экономические сведения: схема шлифования (для которой проектируется операция), величина припуска на операцию (может быть принята по результатам построения и расчета размерной схемы), количество деталей в каждой партии (принимается из данных о производственной программе, требуемая производительность процесса (принимается из экономического обоснования производства деталей либо из бизнес-плана предприятия), последовательность поступления деталей на станок и др.

3. Дополнительная информация: основной материал, твердость поверхности заготовки, схема шлифования, марка/модель станка, наличие/отсутствие автоматического механизма правки на станке и др.

В дальнейшем, используя известные общепринятые рекомендации, либо на основе собственного эмпирического или производственного опыта используя комплекс возможности применимости той или иной характеристики инструмента, возможно сформировать номенклатуру возможных шлифовальных кругов, рекомендуемых к применению для обработки поступаемых партий деталей.

На втором этапе проектирования для всех характеристик выбранных шлифовальных кругов на сведения о работоспособности инструментов накладываются ограничения, полученные в ходе выполнения первого этапа. В результате формируется массив данных, содержащий возможные режимы шлифования кругами всех выбранных характеристик всех деталей, планируемых к поступлению на станок. Впоследствии, в соответствии с целевой функцией и критерием оптимальности, выбранные шлифовальные круги выстраиваются в ряд предпочтений – каждый круг получает ранг применимости для обработки всех партий деталей, планируемых к поступлению на станок. В лучшем случае необходимо использовать шлифовальный круг, имеющий ранг № 1, однако если экономические затраты на приобретение данного круга превышают уровень снижения производительности обработки кругом более низких рангов, имеющихся, например, на предприятии следует воспользоваться менее предпочтительными кругами. При этом снижение производительности при использовании менее предпочтительных кругов будет известно заранее.

При проектировании операции шлифования на основе континуальной технологии необходимо рассматривать несколько сценариев решения задачи назначения оптимальной характеристики круга и режимов обработки.

Сценарий 1. Круг, установленный на станке, продолжает работать

Такая ситуация возможна в случае, когда установленный на станке шлифовальный круг не выработал свой ресурс полностью, соответствует

требованиям ГОСТ Р 52588-2006 «Инструмент абразивный. Требования безопасности» и входит в номенклатуру рекомендуемых кругов для обработки последующих партий деталей, поступаемых на станок. Это может быть вызвано схожестью требований по качеству обработки и родством основного материала вновь поступаемых деталей с предшествующими. При этом данный круг может не быть наиболее предпочтительным, однако сравнение его уровня оптимальности с уровнем наиболее предпочтительного круга, с учетом его замены на станке, показывает, что его дальнейшая эксплуатация более выгодна, чем замена круга. Инструмент, обладающий ресурсом работоспособности, является исходным данным, и задача технолога заключается в назначении режимов шлифования, обеспечивающих выполнение требований чертежа при максимальном уровне производительности.

Сценарий 2. Установленный на станке круг не является оптимальным для партии деталей и должен быть заменен

Такая ситуация возникает, когда на станок поступают детали, обработка которых кругом, установленным на станке, приведет к существенному снижению производительности либо к возникновению брака. В этом случае из номенклатуры шлифовальных кругов, сформированных на 1-м этапе (см. рис. 3), выбирается шлифовальный круг, который обеспечит выполнение всех технологических ограничений, целевой функции и имеющий наибольший ранг. Частным решением этой задачи может стать номенклатура шлифовальных кругов, соответствующие им группы обрабатываемых деталей, запланированные к обработке на станке, а также режимы шлифования для каждой пары «шлифовальный круг-группа обрабатываемых деталей». Это вероятно при изготовлении партий деталей, в существенной степени отличающихся друг от друга как основным материалом, так и требованиями чертежа.

Сценарий 3. Необходимо выбрать характеристику круга

Подобная ситуация может возникнуть, когда обработка всех партий деталей окончена, при этом круг выработал свой ресурс и должен быть заменен на новый в соответствии с требованиями безопасности. В результате проектирования групповой технологии шлифования для обработки вновь поступающих деталей может быть выбран круг либо той же характеристики, либо другой круг. В любом случае в целевой функции необходимо учитывать время на замену шлифовального круга, включающее его балансировку и многократную правку. В случае отсутствия выбранного круга в цехе, на складе и т.д. необходимо учитывать временные затраты на его поставку.

В основе континуальной технологии проектирования операций шлифования лежит информация о работоспособности абразивных инструментов в различных технологических условиях. В настоящем исследовании рассмотрено 2 основных метода получения сведений о работоспособности аб-

разивных инструментов – эмпирический (по результатам стендовых испытаний абразивных инструментов в различных технологических условиях на разработанном стенде) и расчетный (прогнозирование величин эксплуатационных показателей на основе теоретико-эмпирических моделей). Развитие системы прогнозных моделей показателей работоспособности абразивного инструмента позволит в дальнейшем полностью отказаться от стендовых испытаний инструмента как достаточно затратного и длительного метода.

В итоге на основе системы прогнозных моделей для любых условий эксплуатации кругов (технологических, технико-экономических, организационных и др.) наложением системы технологических ограничений на величины показателей работоспособности инструментов сформированная номенклатура возможных характеристик кругов ранжируется по критерию оптимальности, выбранному в соответствии с целевой функцией. В дальнейшем технолог, проектирующий операцию шлифования, имея полную информацию о возможности применения круга той или иной характеристики, о сравнении эксплуатационных возможностей кругов различных характеристик либо производителей, может принимать наиболее выгодное с точки зрения эффективности производства решение: заменять имеющийся на станке круг, продолжать обработку установленным кругом, заказывать производителю абразивного инструмента определенную номенклатуру кругов либо использовать имеющиеся на складе запасы инструмента.

Библиографический список

1. Путилин, А.Б. Политрон (Использование в схемах преобразования информации) / А.Б. Путилин. – М.: Энергия, 1980. – 72 с.
2. Путилин, А.Б. Континуальные системы обработки информации / А.Б. Путилин. – М.: Квадрат-С, 2005. – 156 с.

[К содержанию](#)