

Выводы

Было выявлено оптимальное значение величины заднего угла деформирующего ролика, при котором может быть достигнута минимальная шероховатость поверхности, установлено, что диаметр ролика не влияет на величину шероховатости, а при повышении давления в контакте с деталью может быть получена одинаковая величина шероховатости роликами разного диаметра. На основании проведенных исследований было установлено, что при увеличении режимов резания возрастает величина шероховатости обработанной поверхности детали.

Литература

1. Анкин А.В. Повышение производительности и качества комбинированной обработки нежестких валов. Дисс. ... к.т.н., - М., МАМИ, 1993.
2. Максимов Ю.В. Обеспечение качества и производительности обработки нежестких валов применением технологических систем с дополнительными контурами связи. Дисс. ... д.т.н., - М., МГТУ «МАМИ», 2000.
3. Руководящие материалы по размерно-чистовой и упрочняющей обработке поверхностным пластическим деформированием инструментами и устройствами ротационного действия. Москва – ОНТИ – 1966. - 119 с.

Получение оптимальных параметров режима для ультразвукового алмазного фрезерования ситалла

Перепечкин А.А., Демидов Д.В., Опальницкий А.И., Петров К.В.
ФГУП «НПО «Техномаш», Университета машиностроения,
artik_footbol@mail.ru, 8(929)5784994

Аннотация. В статье выполнен анализ современных материалов и определены перспективы их применения. Рассмотрены два варианта УЗ фрезерования различными инструментами. Исследовано влияние объемного съема, диаметра инструмента на шероховатость и радиус скругления при ультразвуковом фрезеровании ситалла. Построен график износа инструмента в зависимости от прошиваемых отверстий. Выбраны наиболее подходящие параметры режима для достижения точности и высокого качества обработки.

Ключевые слова: ультразвуковая размерная обработка (УЗРО), композиционные материалы, алмазный инструмент, абразивные зерна

Ультразвуковые колебания широко используют в различных технологических процессах. Их применяют для очистки поверхностей от загрязнений, сварки пластмасс и мягких металлов, интенсификации обработки резанием, пластическим деформированием, химических и электрохимических процессов, при нанесении покрытий. Кроме того, ультразвуковые методы широко используются для неразрушающего контроля (дефектоскопия).

Ультразвуковая размерная обработка (УЗРО) основана на удалении материала свободными или «связанными» с инструментом абразивными зёрнами при наложении ультразвуковых колебаний на деталь или инструмент. УЗРО хорошо обрабатываются хрупкие материалы (стекло, твердые сплавы и др.), частицы которых скалываются ударами зёрен абразива. Вязкие материалы (незакаленная сталь, латунь) обрабатываются этим способом редко. УЗРО позволяет существенно упростить и ускорить процесс изготовления фасонных деталей из керамики. Появляется возможность выполнять в них отверстия и углубления сложной формы, получать и доводить точные элементы матриц, пуансонов, фильер и множества других деталей из твердых сплавов, керамики и сверхтвердых материалов.

Основными элементами, обеспечивающими формирование и передачу ультразвуковых (УЗ) колебаний инструменту, являются ультразвуковые преобразователи, волноводы и концентраторы.

Для получения ультразвуковых колебаний при УЗРО используют магнитострикционные и пьезоэлектрические преобразователи.

Инструменты для УЗ обработки проектируются и изготавливаются либо как единое целое с выходным концентратором колебательной системы, либо в виде съемного элемента, длина которого обычно составляет 0,15..0,2 от размера концентратора. Крепление инструмента к концентратору производят посредством резьбового соединения, цанговыми зажимами различных конструкций, пайкой или сваркой. Площадь инструмента обычно близка или равна площади выходного торца колебательной системы.

Ультразвуковая размерная обработка (УЗРО) включает в себя различные виды обработки: УЗ прошивка отверстий, УЗ резка, УЗ фрезерование [1]. Наиболее применяемыми и перспективными являются процессы УЗ прошивки и фрезерования. На практике используются различные схемы алмазно-ультразвукового фрезерования (рисунок 1).

Инструмент подводится к обрабатываемой поверхности, включается вращение и ультразвуковые колебания. Инструмент прижимается к заготовке с нормальной силой N , обеспечивающей необходимое контактное давление p_a . Колеблющийся с частотой порядка 20 кГц инструмент с помощью зерен абразива воздействует на заготовку и вызывает скалывание на ее поверхности частиц обрабатываемого материала. Ультразвук уменьшает налипание продуктов обработки на поверхность инструмента и тем самым уменьшает износ. Скорость вращения напрямую пропорциональна увеличению объемной производительности УЗ алмазного фрезерования[2].

Разница между схемами (а) и (б) заключается в применяемом инструменте. В схеме (а) применяется цельный инструмент с алмазным напылением, в схеме (б) используется трубчатый инструмент, что позволяет уменьшить площадь обработки и прокачивать жидкость через отверстие в инструменте.

Наряду с преобладающим фактором резанием материала абразивными частицами, перемещающимися в зазоре между инструментом и заготовкой, имеет место кавитационное схлопывание пузырьков (кавитационное разрушение).

Точность УЗ алмазного фрезерования зависит от размеров и износа инструмента, жесткости технологической системы, размера зерен абразива и технологических режимов обработки.

С помощью УЗ фрезерования в хрупких материалах можно получить сложноконтурные поверхности, такие как фаски, различные пазы сложной конфигурации с высокой точностью и без образования сильных сколов на входе и выходе инструмента.

Сам по себе процесс ультразвукового фрезерования аналогичен обычной механической обработке. Отличие лишь в применяемом инструменте при наложении продольных колебаний вдоль инструмента. При обработке деталей из твердых неметаллических материалов большие трудности возникают при прохождении узких глухих канавок различной формы. Применение высокооборотных головок при алмазной обработке не всегда оказывается эффективным из-за возникающих в процессе вибраций. УЗ колебания позволяют вести высокопроизводительную обработку при частотах вращения в 10–15 раз меньших, чем при обычной

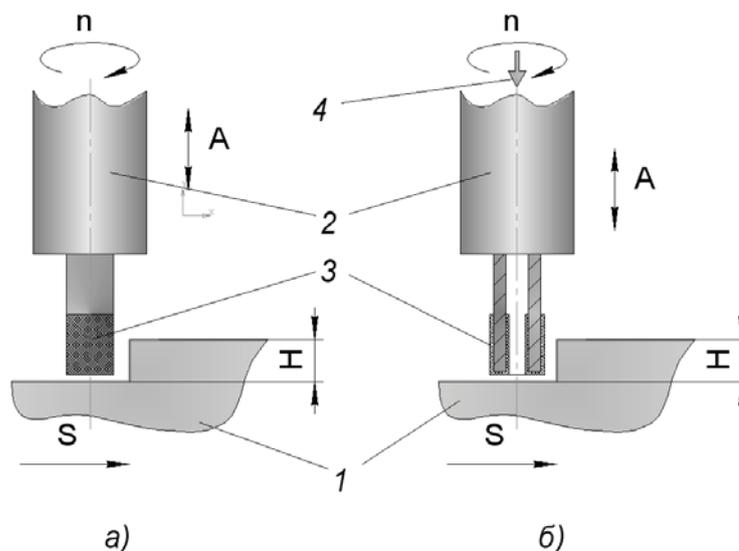


Рисунок 2. Схемы ультразвукового алмазного фрезерования: 1 – заготовка; 2 – инструмент; 3 – часть инструмента с закрепленными абразивными зернами; 4 – подача СОЖ

алмазной обработке.

Проблема получения пазов и поверхностей сложной формы в деталях из хрупких материалов, таких как кварц, керамика, стекло, ситалл и др., решается с помощью применения УЗ фрезерования. Отсутствие расчетных методик для определения параметров режима не дает в полной мере применить этот метод без предварительных экспериментальных исследований.

Ситаллы обладают малой плотностью (они легче алюминия), высокой механической прочностью (сжатие), твердостью, жаропрочностью, термической стойкостью, химической устойчивостью и другими ценными свойствами. Оптическое кварцевое стекло может быть заменено прозрачными ситаллами, чье преимущество в том, что в силу малых коэффициентов теплового расширения они нечувствительны к тепловым ударам. Прозрачность связана с размерами кристаллов, меньшими длины полуволны видимого света, и близостью показателей их преломления к стекловидной фазе.

Ситаллы имеют множество положительных свойств, которые есть у стекла, но его недостатком является высокая хрупкость при воздействии сил резания.

Ситаллы находят широкое применение в микроэлектронике, ракетной технике, космосе, оптике, полиграфии и бытовых приборах [3]. Все шире области применения ситаллов в электронной промышленности. Их используют в качестве диэлектрической изоляции микросхем и межслойной изоляции печатных схем на керамических и других подложках [4]. Из ситалла получают достаточно сложные детали, такие как корпуса измерительных приборов (рисунок 2).

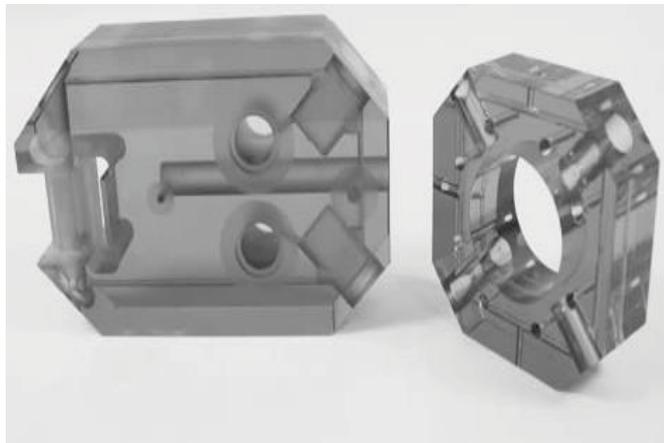


Рисунок 2. Корпуса измерительных приборов, изготовленных из ситалла

Для определения влияния параметров режима УЗ фрезерования на технологические характеристики ситалла был проведен ряд экспериментальных исследований, показывающих высокое качество получаемых поверхностей при обработке УЗ алмазным фрезерованием.

Исследовалось влияние объемной производительности на шероховатость, диаметра инструмента - на радиус скругления кромок и шероховатость поверхности. Для получения пазов использовался трубчатый инструмент с диаметром 6 мм, частотой вращения 4000 мин^{-1} , глубиной 2 мм, амплитудой 15 мкм. При проведении эксперимента фиксировались радиус скругления и шероховатость обработки.

Объемная производительность рассчитывается по формуле (1)

$$Q = D \times h \times S \quad (1)$$

и оказывает влияние на шероховатость получаемой поверхности.

Как видно из формулы 1, объемная производительность зависит от нескольких факторов. Глубина обработки и диаметр инструмента являются задаваемыми параметрами, поэтому объемная производительность будет напрямую зависеть от величины подачи инструмента. При увеличении скорости обработки шероховатость поверхности резко снижается. На графике (рисунок

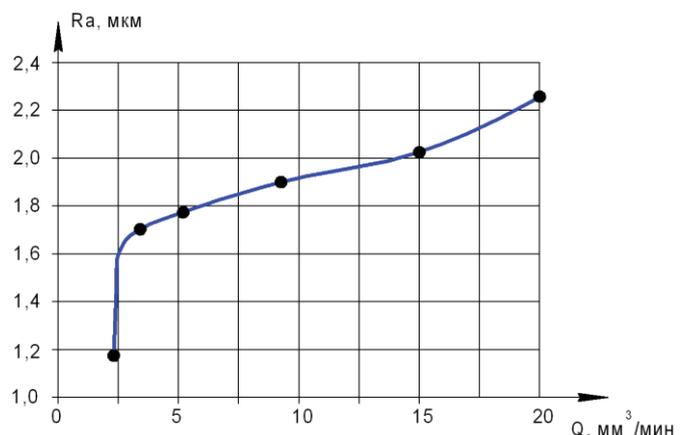


Рисунок 3. Влияние объемной производительности

3) мы видим, что при увеличении объемного съема материала шероховатость обработки резко падает до 1,8 мкм. Наилучшая шероховатость $R_a = 1,19$ мкм достигается при $Q = 4,9$ мм³/мин.

Для определения влияния диаметра инструмента на радиус скругления в верхней и в нижней части паза (рисунок 4) фрезеровались пазы длиной $L=15$ мм, трубчатым инструментом диаметром 5, 7,2, 9 и 15 мм, с частотой вращения 3500 мин⁻¹, глубиной 1 мм, амплитудой 15 мкм. Радиус скругления нижней части паза должен быть как можно ближе к радиусу скругления торца инструмента, тогда как верхняя часть должна быть как можно меньше. Исходя из графиков можно отметить, что наименьший радиус в верхней части имеет экспоненциальный характер.

При использовании инструмента с малым диаметром 5 мм радиус скругления входной кромки минимальный. С увеличением диаметра инструмента радиус скругления достигает своего максимума 0,07 мм при диаметре инструмента 9 мм, а затем уменьшается при 14 мм, доходя до 0,047 мм. С увеличением диаметра радиус скругления внутренней кромки пропорционально увеличивается.

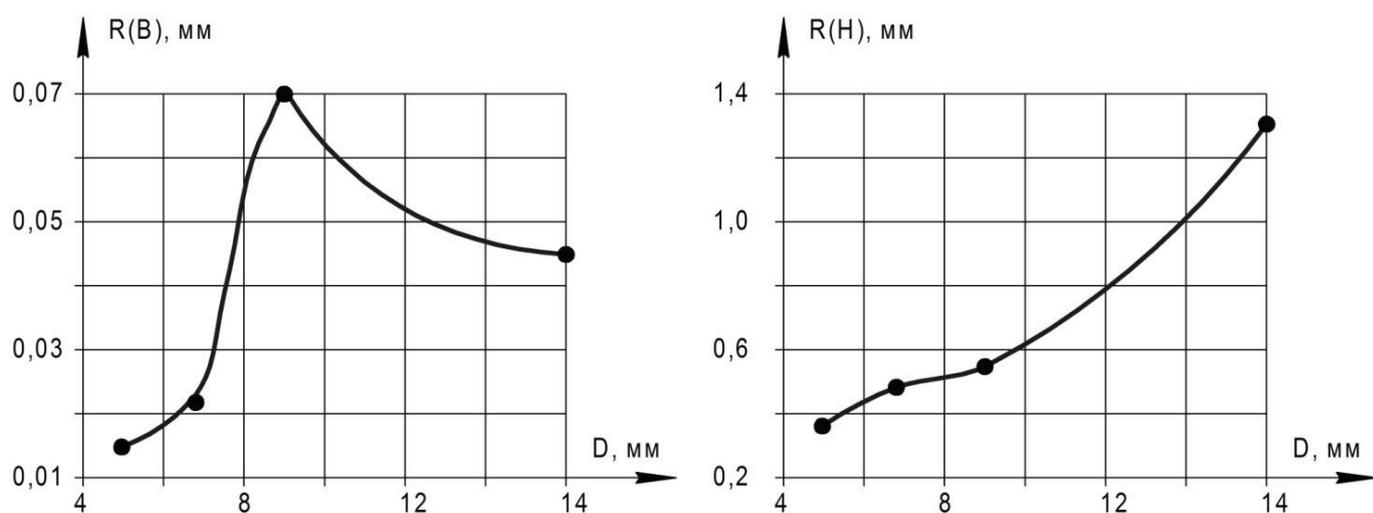


Рисунок 4. Влияние диаметра инструмента на радиус скругления а) верхнее скругление; б) нижнее скругление

По результатам экспериментальных работ было проанализировано влияние диаметра трубчатого инструмента на шероховатость. Маленький диаметр инструмента позволяет получить шероховатость поверхности 1,4 мкм, при дальнейшем увеличении диаметра кривая достигает своего максимума при получении паза диаметром 9 мм. Наилучшая шероховатость $R_a = 0,9$ мкм была достигнута на $D=14$ мм, это дает возможность предположить, что при большем увеличении диаметра инструмента, соответственно и площади обработки, и правильном выборе остальных режимов обработки можно получить минимальную шероховатость.

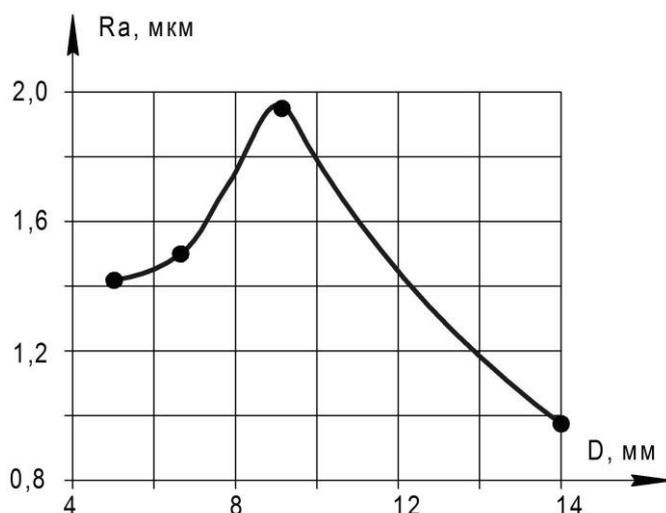


Рисунок 5. Влияние диаметра инструмента на шероховатость



Рисунок 6. Микропроцессор видеоизмерительный QC-300 Falcon

Еще одной проблемой, возникающей в процессе обработки хрупких материалов, является скалывание частиц обрабатываемой поверхности под механическим воздействием. Алмазная и фрезерная обработка не могут обеспечить малую величину сколов, задаваемую конструктором.

Для обеспечения низкого количества сколов на поверхности деталей из ситалла проведены лабораторные исследования по влиянию диаметра инструмента на величину сколов. С помощью ультразвука фрезеровались пазы длиной $L=10$ мм трубчатым инструментом с различными диаметрами, с частотой вращения 3700 мин^{-1} , глубиной 1 мм, амплитудой 15 мкм. Величина сколов контролировалась на видеоизмерительном микропроцессоре QC-300 Falcon (рисунок 6). После каждого паза замерялась величина сколов на входе и выходе инструмента (рисунок 7). Наименьшую величину сколов удалось получить инструментом диаметром 7,9 мм, $\xi = 0,14$ мм (рисунок 8). Максимальные сколы образуются на поверхности ситалла при УЗ фрезеровании инструментом диаметром 6 мм и $\xi = 0,35$ мм.

Как видно на рисунке 9, при входе инструмента часть материала откололась, что недопустимо при получении точных деталей. Исследование показывает, что при заданных значениях параметров режима для получения поверхностей с минимальным количеством сколов целесообразно использовать диаметр инструмента от 7 мм.

Профиль обработанной поверхности с высокой точностью ($\sim 0,01$ мм) повторяет форму инструмента. Точность зависит от нескольких параметров: размеров и износа инструмента, жесткости технологической системы, размера зерен абразива и технологических режимов обработки [5].



Рисунок 8. Скол, образующийся на поверхности ситалла при обработке инструментом $D=6$ мм

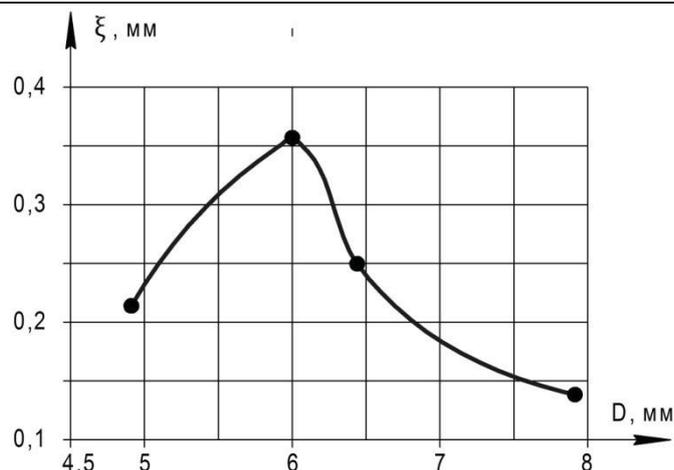


Рисунок 7. Влияние диаметра инструмента на величину сколов



Рисунок 9. Поверхность ситалла без сколов при обработке инструментом $D=9$ мм

Износ инструмента определяет срок его службы и оказывает существенное влияние на точность обработки. Изнашивание в продольном направлении происходит из-за разрушения торца инструмента при ударах по абразивным зернам и зависит от физико-механических свойств материала инструмента, а также от зернистости абразива. Поперечный износ является следствием побочного резания, которое совершается между боковой поверхностью инструмента и стенкой, и зависит от величины паразитных колебаний инструмента в поперечном направлении, геометрии и профиля инструмента.

Критерием стойкости ультразвукового инструмента является продольный и поперечный износ его рабочей части.

В режиме ультразвуковых колебаний инструмент работает со знакопеременными нагрузками [6]. Поэтому материал, из которого изготовлен инструмент, должен иметь высокие прочностные характеристики и, в частности, усталостную прочность.

Для определения износа алмазного трубчатого инструмента при УЗ фрезеровании ситалла исследовался инструмент диаметром 6 мм, размер абразива 100/80, тип связки М2-01, частотой вращения 4000 мин^{-1} , глубиной 2 мм, амплитудой 10 мкм (рисунок 10). На первом пазе происходит вскрытие алмазных зерен, последующие три пазы фрезеруются с максимальной скоростью обработки. На графике видно, что максимальный износ наступает после 4 пазов, и в дальнейшем износ алмазного инструмента будет увеличиваться, соответственно скорость будет постоянно уменьшаться. Эксперимент показывал недостаточную стойкость алмазного инструмента, при дальнейшей разработке улучшенная связка и состав абразива, что поможет уменьшить износ режущей поверхности инструмента.

Выводы

Были экспериментально выявлены значения оптимальной величины скорости объемной производительности в ситалле. Показаны наиболее подходящие входные параметры режима обработки, это позволит достичь требуемой шероховатости и скруглений на верхней и нижней части кромки пазы. Исследовано влияние диаметра инструмента на величину сколов и скруглений. Испытания инструмента на износ помогли выявить недостаточную стойкость алмазной связки. С помощью полученных данных можно улучшить алмазный инструмент для его высокой стойкости и точности получаемых поверхностей. Проведенные эксперименты помогли выявить недостатки и определить оптимальные параметры режима УЗ фрезерования пазов трубчатым инструментом в ситалле, что поможет сэкономить время на настройку станка.

Литература

1. Научно-технические технологии машиностроительного производства: Физико-химические методы и технологии: учебное пособие / Ю.А.Моргунов, Д.В.Панов, Б.П.Саушкин, С.Б.Саушкин; под ред. Б.П.Саушкина. – М.: Издательство «Форум», 2013. – 928 с.: ил. – (Высшее образование)
2. Физико-химические методы обработки в производстве газотурбинных двигателей / Ю.С.Елисеев, Б.П.Саушкин; под ред. Б.П.Саушкина. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2010. – 456 с.
2. Ультразвуковая размерная обработка материалов. Хмелев В.Н., Барсуков Р.В., Цыганок С.Н. Монография // Алт. гос. Техн. Ун-т. им. И.И. Ползунова. – Барнаул: изд. АлтГТУ, 1997. – 120 с.
3. Шандров Б.В. Прогрессивные технологии автомобилестроения // Журнал автомобильных инженеров, №6. 2004. – 26 с.

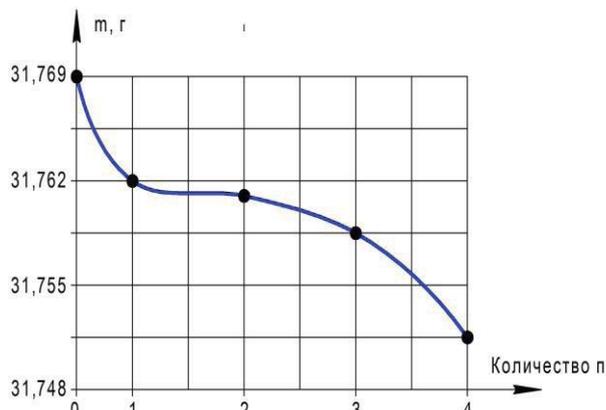


Рисунок 10. Влияние количества протачиваемых отверстий на износ алмазного инструмента

4. Шандров Б.В., Варганов М.В. Новые технологии автомобилестроения // Наука производству, № 4. 2005. – 15 с.
5. Моргунов Ю.А., Опальницкий А.И., Перепечкин А.А. Современное состояние и перспективы применения в отрасли ультразвуковой размерной обработки изделий. Журнал «Известия МГТУ «МАМИ», 2012, №2, стр.140..144.
6. Саушкин Б.П., Шандров Б.В., Моргунов Ю.А. Перспективы развития и применения физико-химических методов и технологий в производстве двигателей. Журнал «Известия МГТУ «МАМИ», 2012, №2, стр.242...248.

Моделирование систем управления машиностроительным производством

к.т.н. Попов А.П.

Университет машиностроения
8 (916) 164-77-35, pop60@bk.ru

Анотация. Рассматривается системное проектирование интегрированных АСУ машиностроительным производством. Показано, что создание ИАСУ связано с необходимостью декомпозиции системы управления на ряд относительно независимых подсистем меньшей сложности, а также с требованием обеспечения согласованного их функционирования.

Ключевые слова: системное проектирование, интегрированная АСУ, машиностроение, структура, системный анализ

Научно-техническая проблема разработки и внедрения высокоэффективных ИАСУ машиностроительного производства решена не в полной мере из-за отсутствия системного конструктивного подхода при проектировании.

Создание ИАСУ связано с необходимостью декомпозиции системы управления на ряд независимых подсистем меньшей сложности, а также - с требованием обеспечения их согласованного функционирования. Для этого необходимо разработать единые информационное и программно-математическое обеспечение ИАСУ, а также сформировать принципы функциональной и технической реализации.

Создание ИАСУ начинается с разработки и формирования организационной и функциональной структур. Этот этап характеризуется отсутствием строгих формализованных приёмов и критериев оптимизации. Поэтому особенно эффективны методы и принципы декомпозиции и интеграции, используемые для системного анализа и синтеза.

На основе общего метода декомпозиции в ИАСУ можно выделить три основные структурные части: инструментальную, материальную и социальную. Эти части составляют базис и основные предпосылки функционирования любого производственного процесса.

При наличии сложных взаимосвязей в современном производстве объективно возникли и развиваются координирующие и организующие уровни ИАСУ, обеспечивающие объединение основных элементов производственного процесса в единое целое на основе общей информационной базы. Эту часть можно назвать производственно-обеспечивающей структурой. [1]

В связи со сложностью современного производства и его обеспечения возникает потребность в специфических интегрирующих элементах (системном интерфейсе, способном обеспечивать комплектность и коммуникабельность ИАСУ). Как правило, системный интерфейс обеспечивает следующие виды сопряжения: физическое и функциональное (физический интерфейс); логическое и процедурные (программный интерфейс). Объектами функциональной стандартизации системотехнических требований в области средств и систем автоматизации согласно международным базовым стандартам ИСО/МЭК являются следующие элементы сопряжения: соединители, несущие конструкции, электропитание, сигналы, физическая среда, принципы, способы и режимы передачи данных (протоколы), форматы и представление данных. [2]