

УДК 629.5.023 (0.75.8)

**ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ**

Доронина М.А., студент,
Яглицкий Ю.К., к.т.н., доцент,
Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова, Херсонский филиал
kaskad@pochtamt.ru

Аннотация. Представлены принципы формирования функциональной модели в нотации IDEF0 для процесса лазерной резки. Модель позволяет описать технологический процесс и найти оптимальные соотношения между отдельными элементами процесса и режимами их работы. Анализ функциональной модели позволяет выявить эффективные направления управления процессом резки для повышения производительности, обеспечения необходимой точности и качества вырезаемых деталей. Приведены примеры использования модели в корпусостроительном производстве судостроения, судоремонта, модернизации и переоборудования морских судов.

Ключевые слова: технологический процесс, лазерная резка, методика IDEF0, функциональная модель, диаграммы функциональной модели.

**ФУНКЦІОНАЛЬНА МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ЛАЗЕРНОГО РІЗАННЯ**

Дороніна М.А., студент,
Яглицький Ю.К., к.т.н., доцент,
Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова, Херсонська філія
kaskad@pochtamt.ru

Анотація. Представлено принципи формування функціональної моделі в нотації IDEF0 для процесу лазерного різання. Модель дозволяє описати технологічний процес та знайти оптимальні співвідношення між окремими елементами процесу і режимами їх праці. Аналіз функціональної моделі дозволяє виявити ефективні напрямки управління процесом різання для підвищення продуктивності, забезпечення необхідної точності і якості деталей, що вирізуються. Наведено приклад використання функціональної моделі у корпусобудівному виробництві суднобудування, судноремонту, модернізації та переобладнання морських суден.

Ключові слова: технологічний процес, лазерне різання, методика IDEF0, функціональна модель, діаграми функціональної моделі.

LASER CUTTING TECHNOLOGY FUNCTIONAL MODEL

Doronina M. A., student,
Yaglitsky J.K., Ph.D, Assistant Professor,
National university of shipbuilding after admiral Makarov, Kherson branch
kaskad@pochtamt.ru

Abstract. Development of modern manufacture determines increasing introduction of high

technologies, laser cutting of materials in particular.

Laser cutting has a great advantage in the sphere of cutting out sheet metal in comparison with traditional methods. It is high speed, ideal quality of cutting edges, little thermal deformations, absence of deforming and burr, exact insurance of set sizes and vertical position of cutting edges.

For an estimation of advantages of any cutting methods it is necessary to compare technical and economic indicators of these processes.

For obtaining these indicators while introducing technological processes there is a necessity for creation of an information model of cutting process.

Such models are created by means of computer programs in which optimum ratio between separate elements of process and modes of their work will allow to define the most effective way of cutting. Generally, the model of technological process can be presented as a set of functional charts. The best known is functional structural modeling in technique of IDEF0.

The functional model created by technique of IDEF0 allows to generate the descriptions of functioning of created technological process and with its help to analyses really forthcoming improvements, the magnitude of necessary expenses and other characteristics of technological process under creation or modernization.

The article presents principles of formation of functional model to notations of IDEF0 for the laser cutting process.

The analyses of functional model allows to reveal effective directions of cutting process management for increasing productivity, securing necessary accuracy and quality of cutting parts.

Keywords: technological process, laser it is sharp, technique IDEF0, functional model, diagrammes of functional model.

Введение. Эффективность производства в судостроении неразрывно связана с внедрением инновационных технологий при комплексной автоматизации технологических процессов (ТП). К ним относятся лазерные технологии, позволяющие радикально модернизировать технологию изготовления деталей и сборочно-сварочных работ. По сравнению с газовой и плазменной резкой преимущества лазерной резки (ЛР) неоспоримы. Это высокая скорость, низкая стоимость расходных материалов, гибкость и производительность процесса, качество кромок деталей после резки сопоставимое с качеством после механической обработки, но на порядок выше, чем после термической резки, незначительная зона термического воздействия, изготовление изделий любой сложности, высокая повторяемость изделий, отсутствие деформаций и механического воздействия на обрабатываемый материал [1].

Цели и задачи. Для оценки преимуществ того или иного способа резки необходимо сопоставить технико-экономические показатели этих процессов. Для получения этих показателей при внедрении ТП возникает необходимость в создании информационной модели процесса. Если такая модель будет создана, то методами оптимизации с помощью компьютерных программ можно будет найти оптимальные соотношения между отдельными элементами процесса и режимами их работы, что позволит определить наиболее эффективный способ резки. В общем случае, используя системный подход, модель ТП можно представить как совокупность функциональных схем, уравнений, логических операторов, номограмм, таблиц и т.д., с помощью которых определяют характеристики процесса в зависимости от параметров, входных сигналов и времени. Разработка модели основывается на представлении ТП как сложной системы (сложность обусловлена степенью изученности ТП и требуемой детализацией модели), параметры которой в общем случае зависят от времени и носят вероятностный характер. На современном этапе наблюдается широкое использование программно-технических средств функционального моделирования систем, процессов и объектов.

Анализ последних исследований. Наиболее известно функциональное структурное моделирование в методике IDEF0. Создаваемая по методике IDEF0 функциональная модель (ФМ) позволяет сформировать описание работы (функционирования) создаваемого объекта

(ТП) и проанализировать с ее помощью реально предстоящие улучшения, величины необходимых затрат и других характеристик создаваемого или подвергающегося модернизации объекта (ТП), а также грамотно скоординировать состав операций ТП. Выводы, следующие из такого анализа, позволяют принять решение о целесообразности реализации проекта создаваемого объекта (ТП) и определить его результаты.

Краткая суть функционального моделирования в IDEF0. ФМ является средством описания работы той или другой системы или объекта. Она может быть использована как для анализа работы (функционирования) существующих систем (объектов), так и для подготовки создания новых систем (объектов) практически без ограничений по предметной области. Определение ФМ: «*IDEF0* Модель: Графическое описание системы или объекта, которое разработано для определенной цели и с выбранной точки зрения. Набор из одной или большего количества *IDEF0* диаграмм, которые изображают функции системы или предметной области в графике, тексте и глоссарии» [2].

Основой ФМ является *Activity* – функция, графическим символом которой является прямоугольник (*Box* – в первоисточнике) с вписанным именем функции в виде глагола или отглагольного существительного. Первая диаграмма ФМ называемая ***TOP*** – (верхней или контекстной) – и имеет только один прямоугольник ***Activity***, символизирующий работу системы (объекта) в целом. Все связи на этой диаграмме являются связями моделируемого объекта со средой функционирования. Диаграммы декомпозиции называются дочерними диаграммами – для диаграммы, ***Activity*** которой подверглась декомпозиции. Эта диаграмма называется родительской. Разработка ФМ может быть произведена как ФМ ***AS IS*** – «ФМ как есть», или как ФМ ***TO BE*** – «ФМ как должно быть». Первая из них описывает функционирование существующей системы (объекта), вторая является проектным описанием работы создаваемой системы (объекта), или проектным описанием существующей системы (объекта), подвергающейся модернизации. ФМ «как есть» является объектом и отчасти инструментом анализа, и позволяет выявить причины нерационального функционирования исследуемой моделируемой системы. ФМ «как должно быть» является, обычно, основой технического задания на создание или модернизацию системы (объекта) [2].

Объект исследования. Детальный анализ методических особенностей и возможностей ФМ систем (объектов), показывает, что одной из сфер целесообразного использования методического и программного инструментария ФМ является моделирование ТП ЛР. Создаваемая модель ЛР должна повысить эффективность процесса за счет оптимизации рабочих параметров ТП. Процесс ЛР по форме напоминает механическую: режущий инструмент – лазерный луч – проникает в заготовку и производит резку. А вот действие самого лазерного луча аналогично плазменной дуге – это тепловой источник, но с очень малой зоной термического воздействия. ЛР – общепринятое обозначение – «*Laser Beam Cutting*» («*LBC*»), предполагает нагревание определенного участка обрабатываемого изделия, а затем и его резку (чаще всего плавлением) при помощи лазерного луча. Причем для уменьшения энергозатрат, увеличения скорости процесса резки и толщины разрезаемого металла, нередко в зону реза вдувают вспомогательный газовый состав (инертный газ, кислород, азот, воздух) – это уже газолазерная технология. При таком подходе процесс ЛР вписывается в общую схему технологических маршрутов изготовления листовых деталей корпуса судна:

предварительная правка → *очистка и грунтовка* → ***резка*** → *маркировка* → *правка* →
→ *комплектация*

С учетом этой схемы и была спроектирована ФМ ЛР. На рис. 1 представлена родительская ***TOP***-диаграмма процесса ЛР. В левую грань функционального блока направлена интерфейсная стрелка – вход в функцию обработки (лазерной резки), сверху располагаются стрелки управления, снизу – механизмы, а из правой грани блока – стрелка выхода функции.

В результате декомпозиции TOP – диаграммы получаем диаграмму 2-го уровня (рис. 2). Следующим шагом декомпозируем функцию «Лазерная резка» (рис. 3). ФМ ЛР, представленная в графическом IDEF0-формате существенно улучшает возможность комплексной оценки моделируемого объекта и необходимого пополнения его недостающими элементами. Диаграммы на рисунках 1-3 показывают процесс ЛР в состоянии AS-IS («как есть»).

По результатам построения ФМ ТП LBC можно сделать следующие выводы:

- на 1-м этапе была выполнена разработка ФМ, соответствующих LBC, на глубину 2-х уровней: А0 (TOP-диаграмма) и А0 (1-я декомпозиция);
- на 2-м этапе – разработка подробной модели функции – «Лазерная резка» на глубину А-2.

Результаты, полученные на 1-м этапе, дают возможность оценить:

- степень охвата всех операций, входящих в ТП ЛР;
- связанность трех рассматриваемых функций процесса (диаграмма А0).



Рис. 1. TOP – диаграмма ФМ ТП LBC

Для устранения отмеченных несоответствий необходимо разработать ФМ в режиме TO BE («как должно быть»), что позволит определить ряд конкретных действий, направленных на повышение эффективности процесса LBC.

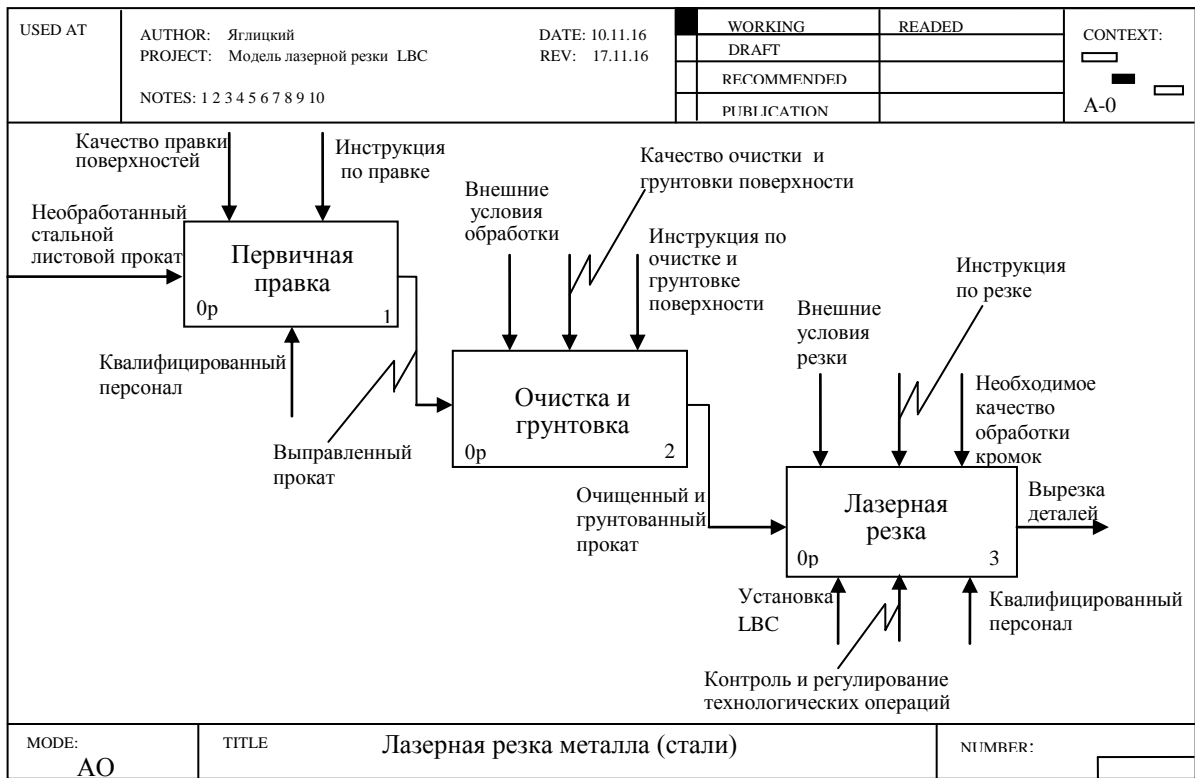


Рис. 2. Функциональная модель технологического процесса резки

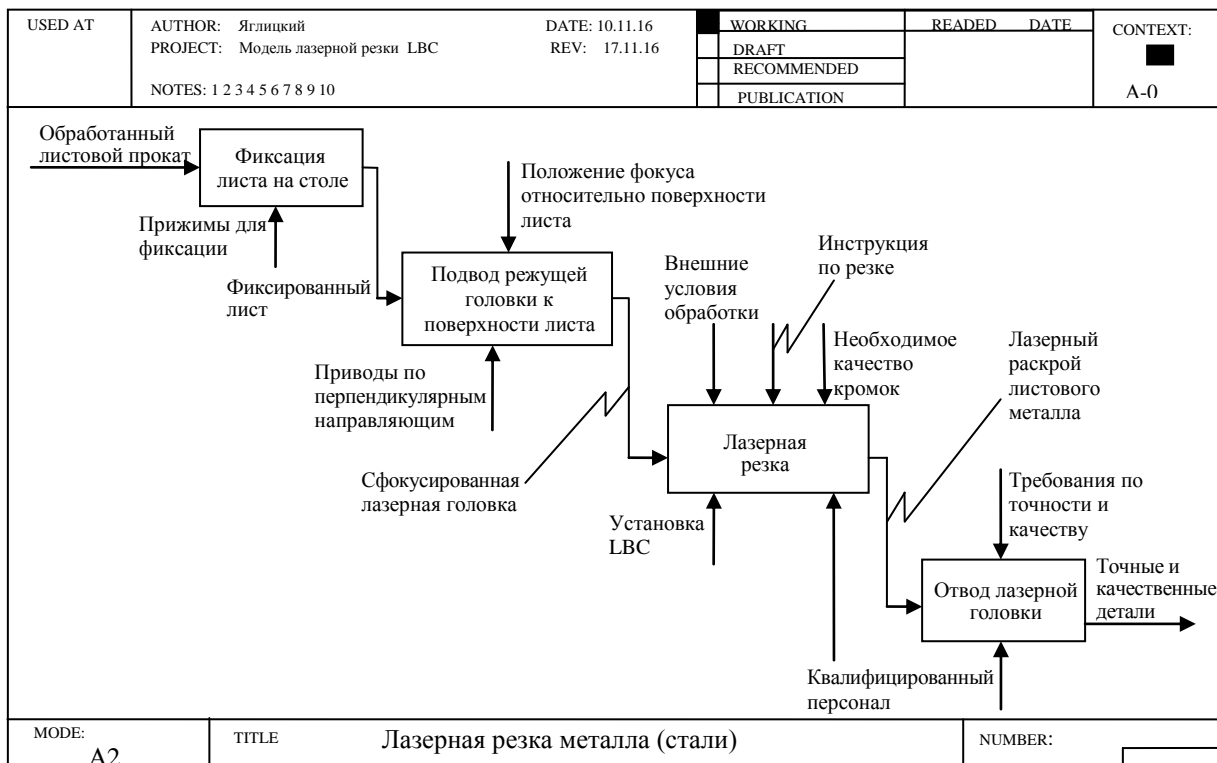


Рис. 3. Функциональная модель лазерной резки

Литература

1. Хаустов А.Н. Лазерные технологии в судостроении /А.Н. Хаустов // Судостроение, 2010. – №3. – 59 с.
2. Дубейковский В.И. Практика функционального моделирования с AllFusion Process Modeler 4.1. / В.И. Дубейковский. – М: Диалог-МИФИ, 2004. – 464 с.

Статья надійшла 2.10.2017