

УДК 621.77.04

Голочко Н.К., доктор физико-математических наук, профессор;

Авраменко В.П., кандидат технических наук, доцент;

Кравцов В.Б., старший преподаватель;

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь*

ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ЛИСТОВОГО ЛАМИНИРОВАНИЯ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ФОРМООБРАЗУЮЩЕЙ ОСНАСТКИ

Аннотация. Рассмотрены основные направления выполняемой в БГАТУ научно-технической деятельности по изготовлению металлических деталей машин и формообразующей оснастки с применением аддитивной технологии листового ламинирования.

Abstract. The main directions of scientific and technical activities carried out at BGATU in the production of metal machine parts and forming equipment using additive sheet lamination technology are considered.

Ключевые слова. Аддитивная технология, листовое ламинирование, детали машин, формообразующая оснастка.

Keywords. Additive technology, sheet lamination, machine parts, forming equipment.

В машиностроении применяют разные виды аддитивных технологий (АМ-технологии – от англ. Additive Manufacturing). Из них в практическом отношении наиболее перспективны такие, которые позволяют создавать изделия непосредственно из металла. К ним относятся, прежде всего, лазерные металлопорошковые АМ-технологии, согласно которым изделия создают путем селективного лазерного сплавления металлического порошка, послойно наносимого на рабочую платформу (Selective Laser Melting, SLM) или же подачей металлического порошка непосредственно к месту построения, где происходит его лазерная наплавка (Laser Engineered Net Shape, LENS, и Laser Metal Deposition, LMD). Однако широкое применение этих технологий сдерживается большой стоимостью используемого для их реализации оборудования (3D-принтеров) [1].

В этой связи становится актуальным изучение возможностей прямого создания металлических изделий с помощью АМ-технологии листового ламинирования – Sheet Lamination (SL), согласно которой детали создают из металлических листов. Для практики наиболее перспективным является один из вариантов SL-технологии – CSB-SL-технология, которая реализуется по схеме «cut-stack-bond» (CSB) – «резка-пакетирование-

соединение» при следующем порядке операций: лазерная контурная резка листового металла, пакетирование полученных листовых выкроек и их соединение друг с другом. Для реализации этой технологии служат сравнительно недорогие лазерные раскройные станки.

CSB-SL-технология известна довольно давно. Впервые она была использована для изготовления металлических изделий в 1970-х годы. В последующие годы в ряде стран выполнялись экспериментальные работы по изготовлению с ее помощью различных металлических изделий, однако все эти работы были кратковременными, эпизодическими. С 2020-го года в БГАТУ была начата систематическая научно-техническая деятельность, связанная с применением CSB-SL-технологии для изготовления металлических деталей машин и формообразующей оснастки, чему способствовало приобретение лазерного станка для резки листовых металлов LaserCUT-1515-6-2-N-RT (Рухсервомотор, РБ). С 2022-го года работниками БГАТУ и Минского завода шестерен началось совместное изучение вопросов применения этой технологии в условиях заводского производства деталей машин, включая детали сельхозтехники.

В данной статье рассмотрены основные направления выполняемых в БГАТУ работ в области применения CSB-SL-технологии для создания разных видов металлических изделий. Поскольку для CSB-SL-технологии, как и других АМ-технологий, характерно формирование ступенчатого рельефа на боковых стенках создаваемых изделий [2], то особое внимание было уделено способам предотвращения этого рельефа.

Возможности успешного применения CSB-SL-технологии для создания деталей машин показаны на примерах изготовления шестерни и грядила плуга. И шестерня, и грядиль имели многослойную конструкцию, состоящую из пакетированных листовых выкроек, полученных в результате лазерного контурного раскроя стальных листов. Выкройки в пакетах соединяли механическим путем с помощью болтов и штифтов. С целью уменьшения металлоемкости создаваемых деталей проводили топологическую оптимизацию их конструкции. Уменьшение металлоемкости в деталях с оптимизированной конструкцией достигалось благодаря дополнительным отверстиям с определённой конфигурацией и местоположением, которые вырезали в листовых выкройках в ходе их лазерного раскроя.

Поскольку конструкция и шестерни, и грядила характеризуется наличием боковых стенок, перпендикулярных плоскости образующих их листовых выкроек, т.е. параллельных направлению аддитивного построения, то образование ступенчатого рельефа при создании этих деталей в принципе исключалось. При изготовлении шестерни для обеспечения требуемого качества поверхности зубьев проводили их шлифование одновременно для всех пакетированных выкроек. На рис. 1 показаны полученные

с помощью CSB-SL-технологии шестерня и грядиль с многослойной конструкцией, облегчённой в результате топологической оптимизации.



Рисунок 1 – CSB-SL-конструкции шестерни и грядиля плуга

Благодаря использованию SL-технологии при изготовлении деталей масса шестерни уменьшилась на 37%, грядиля – на 17% при сохранении требуемых механических свойств. Производительность изготовления шестерни увеличилась на 32%, а себестоимость уменьшилась на 5%. Производительность изготовления грядиля увеличилась в 1,6 раза, а себестоимость уменьшилась в 1,4 раза.

Возможности успешного применения CSB-SL-технологии для создания формообразующей оснастки продемонстрированы на примере изготовления штамповой оснастки для листовой штамповки металлов и термопластов, а также литейной оснастки для литья под давлением выплавляемых моделей, которые, в свою очередь, используются при литье металлов.

Как и рассмотренные выше детали, формообразующие элементы технологической оснастки – матрица и пуансон пресс-форм для штампования или литья имели многослойную конструкцию, состоящую из листовых стальных выкроек, механически соединенных между собой в пакетах. На рис. 2-4 показаны полученные с применением CSB-SL-технологии формообразующие элементы технологической оснастки, а также изделия, изготовленные с помощью этих формообразующих элементов.



Рисунок 2 – Матрица и пуансон пресс-формы для листовой штамповки металлов (слева) и отштампованная металлическая деталь в форме тарелки

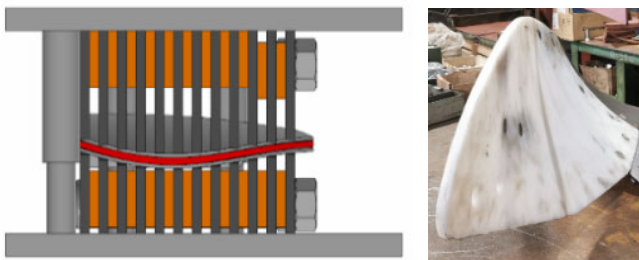


Рисунок 3 – Матрица и пуансон пресс-формы для листовой штамповки термопластов (слева) и отштампованный пластиковый отвал плуга

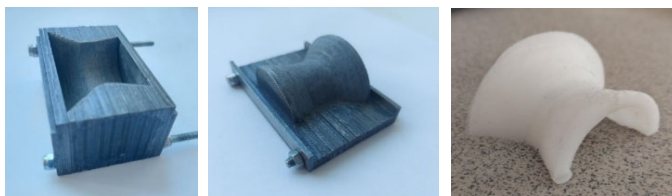


Рисунок 4 – Матрица и пуансон пресс-формы для литья выплавляемых моделей и отлитая из парафина выплавляемая модель

Как видно на рисунках, изделия имели гладкую поверхность, без каких-либо следов ступенчатого рельефа, несмотря на то, на формообразующих поверхностях оснастки в процессе ее аддитивного построения первоначально был создан ступенчатый рельеф. Это объясняется специальными технологическими мерами, принятыми для предотвращения образования такого рельефа на поверхности изделий. Так, при листовой штамповке металлов снабжали матрицу и пуансон металлическими прокладками, которые предохраняли поверхность штампуемого изделия от воздействия на нее ступенчатого рельефа рабочих поверхностей матрицы и пуансона. При листовой штамповке термопластов подбирали такие сочетания температурных и силовых параметров, при которых не допускалось вдавливание ступенек матрицы и пуансона в поверхность листа пластика. Наконец, при литье выплавляемых моделей из парафина, а также из воска, замазывали впадины ступенек матрицы и пуансона специальными твердеющими замазками до полного удаления ступенчатого рельефа.

Полученные результаты свидетельствуют о перспективности дальнейшего развития CSB-SL-технологии и ее применения для сравнительно быстрого и дешевого изготовления металлических деталей машин как для производственных, так и для ремонтных нужд.

Список использованной литературы

1. Толочко Н.К. Изготовление металлических деталей машин и формообразующей оснастки с помощью аддитивных технологий / Н.К. Толочко, П.В. Авраменко, В.Б. Кравцов // Современные проблемы и пути развития технического сервиса в АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Минск, 24–25 нояб. 2022 г.) / редкол.: Л. М. Акулович [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2022. – С. 39–44.

2. Толочко, Н.К. Аддитивные технологии: проблема ступенчатого рельефа поверхности / Н.К. Толочко, О.В. Сокол // Агропанорама. – 2019. – №2. – С. 12–16.

Summary. The results obtained indicate the prospects of further development of CSB-SL technology and its application for relatively fast and cheap manufacture of metal machine parts for both production and repair needs.

УДК 631.3.02:621.785.5

Анискович Г.И., кандидат технических наук, доцент;

Шевчук М.А., ассистент;

Шукан М.М., аспирант

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Беларусь*

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССА
УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ
ТЕХНИКИ ИМПУЛЬСНОЙ ЗАКАЛКОЙ**

Аннотация. В статье приводятся сведения о необходимом технологическом оснащении термических производств агросервисных и машиностроительных предприятий, осваивающих упрочняющую технологию импульсной закалки при изготовлении сменных быстроизнашивающихся деталей сельскохозяйственных машин.

Abstract. The article provides information about the necessary technological equipment for thermal production at agroservice and machinery enterprises that are adopting the strengthening technology of impulse hardening in the manufacture of replaceable, rapidly wearing parts for agricultural machinery.

Ключевые слова. Упрочнение, импульсная закалка, технологический модуль, термические печи, закалочные устройства.

Keywords. Hardening, pulse hardening, technological module, thermal furnaces, hardening devices.

Реализация технологического процесса упрочнения сменных деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин импульсной закалкой на машиностроительных и ремонтно-обслуживающих предприятиях республики требует разработки и внедрения комплекса основного и вспомогательного оборудования, на основе которого будут организованы новые или дооснащены существующие термические производства.