

Секция 3 «ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС И ОХРАНА ТРУДА В АПК»

УДК 621.77.04

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ГРЯДИЛЯ ПЛУГА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДДИТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ЛИСТОВОГО ЛАМИНИРОВАНИЯ

К.Ю. Астрейко, магистрант ФТС

Научный руководитель: Н.К. Толочко, д-р физ.-мат. наук, профессор
*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет»,
г. Минск, Республика Беларусь*

Аддитивные технологии применяются в машиностроении при изготовлении деталей машин. Поскольку большинство деталей являются металлическими, то особый практический интерес представляют такие аддитивные технологии, которые позволяют напрямую создавать детали из металла.

Среди них особое место занимает аддитивная технология листового ламинирования – Sheet Lamination (SL), согласно которой детали создают непосредственно из металлических листов. В практическом отношении наиболее интересен один из вариантов этой технологии – CSB-SL-технология (далее – SL-технология), которая реализуется по схеме «cut–stack–bond» (CSB) со следующей последовательностью операций: контурный раскрой листового металла (лазером или фрезой), пакетирование листовых выкроек и их соединение между собой. Она характеризуется сравнительно малой стоимостью технологического оборудования – раскройных станков; большими размерами рабочей зоны построения, которые определяются размерами раскройного стола и достигают 1–2 м и более; высокой производительностью, поскольку создаваемая деталь наращивается сразу же готовыми слоями – листовыми выкройками.

В данной статье представлены результаты совместной работы специалистов Белорусского государственного аграрного технического университета (БГАТУ) и ОАО «Минский завод шестерен» (МЗШ) в области изготовления металлических деталей сельхозтех-

ники с использованием SL-технологии на примере изготовления грядилья плуга.

В качестве объекта конструкторско-технологических разработок выбран грядиль, устанавливаемый на оборотный плуг. Габаритные размеры грядилья: высота $H = 0,722$ м, длина $L = 0,420$ м; размеры поперечного сечения: высота $h = 0,080$ м, толщина $b = 0,045$ м. Грядиль изготовлен из стали 35ХГСА, его исходный вес – 27,024 кг.

Структурная схема традиционного технологического процесса изготовления грядилья плуга на МЗШ включает следующие операции: 1 отрезная, 2 нагрев, 3 гибка, 4 контроль ОТК, 5 вертикально-фрезерная, 6 фрезерно-сверлильная, 7 слесарная (чистка заусенцев), 8 контроль ОТК, 9 объемная закалка, 10 отпуск, 11 дробеочистка. В качестве заготовки служил стальной брус прямоугольного поперечного сечения.

При изготовлении грядилья с помощью SL-технологии его конструкции подвергалась модифицированию, которое заключалось в создании многослойной (слоистой) структуры (в соответствии с послойным характером аддитивного построения) и в топологической оптимизации, направленной на уменьшение массы (с учетом возможностей проектирования, предоставляемых при аддитивном построении).

Исходные листовые выкройки вырезали так, чтобы они были параллельны его основной плоскости грядилья, а их наращивание осуществляли, соответственно, по его толщине грядилья. Выкройки вырезали лазером из листов стали 65Г толщиной 5 мм; поскольку $b = 45$ мм, то для изготовления грядилья были вырезаны выкройки в количестве $n = 9$.

Предварительно было исследовано напряженно-деформированное состояние 3D-модели грядилья методом конечных элементов с использованием программного пакета APM FEM CAD-системы КОМПАС-3D, а также с учетом условий его эксплуатации с целью уменьшения массы грядилья и, как следствие, массы всего плуга, что ведет к снижению расхода топлива и повышению энергоэффективности эксплуатации сельхозтехники. В результате выполненной таким образом топологической оптимизации конструкции листовых выкроек грядилья в них, наряду со штатными отверстиями, служащими для крепления грядилья в составе плуга с помощью болтов и одновре-

менно для стягивания составляющих его листовых выкроек, были сформированы более крупные дополнительные сквозные отверстия, обеспечивающие снижение массы грядиля.

Использование SL-технологии на начальной стадии изготовления грядиля, связанной с вырезкой листовых выкроек, привело к ряду изменений в общей технологии его изготовления. Структурная схема модифицированного технологического процесса изготовления грядиля плуга включает следующие операции: 1 лазерная резка, 2 слесарно-сборочная, 3 объемная закалка, 5 дробеочистка, 6 слесарно-сборочная.

На операции лазерной резки, выполнявшейся с использованием лазерного станка LaserCUT-1515-6-2-N-RT (ООО «Рухсервомотор», Республика Беларусь), вырезали не только сами выкройки, но и отверстия в них – как исходные, так и дополнительные. На последующей слесарно-сборочной операции проводили подготовку листовых выкроек к термообработке, для чего их собирали в пакет через проставки так, чтобы между ними был небольшой зазор, и стягивали болтами.

Внешний вид грядиля плуга, изготовленного с использованием SL-технологии и установленного на плуге, показан на рисунке.



Рисунок 1 – Грядиль плуга с модифицированной конструкцией, изготовленный с использованием SL-технологии (БГАТУ/МЗШ)

Экспериментальный образец модифицированного грядиля плуга, изготовленного с использованием SL-технологии, был испытан в полевых условиях в рамках приемочных испытаний на соответствие оборотного плуга требованиям СТБ 1388-2019 «Плуги тракторные лемешные общего назначения. Общие технические условия». Образец грядиля был установлен на один из корпусов плуга, агрегированного с трактором «Кировец» модели К-742М Стандарт 1 и трак-

тором BELARUS-3522. Испытания проводились с участием специалистов МЗШ в течение 12 рабочих смен, общая наработка плуга с установленным образцом грядилем за время испытаний составила 192 га. В ходе испытаний отказов в работе, повреждений (деформаций, трещин) грядиля не было выявлено, значения показателей вспашки соответствовали нормам ТНПА.

Таким образом, выполненные работы показали перспективность изготовления грядиля с использованием аддитивной технологии листового ламинирования – SL-технологии. В результате топологической оптимизации конструкции грядиля, состоящей из листовых выкроек, его масса уменьшилась на 17% по сравнению с исходной. Благодаря использованию SL-технологии количество операций технологического процесса изготовления грядиля сократилось почти в 2 раза (с 11 до 6), производительность увеличилась в 1,6 раза (трудоемкость уменьшилась с 6,25 час до 3,81 час), а себестоимость изготовления уменьшилась в 1,4 раза.

Грядиль, изготовленный с помощью SL-технологии, обладает требуемой работоспособностью, по рабочим характеристикам соответствует аналогичным грядилям, установленным на плуге при проведении испытаний и изготовленным по традиционной технологии, и может использоваться согласно своему функциональному назначению в составе оборотного плуга.

УДК 621.432/004.932

АНАЛИЗ КОЛОРИМЕТРИЧЕСКИХ ПЛАГИНОВ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА IMAGEJ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЦВЕТА МОТОРНОГО МАСЛА

С.А. Ласоцкий, студент ФТС; **А.И. Цымбалюк**, студент ФТС
Научные руководители: В.М. Капцевич., д-р техн. наук, профессор;
В.К. Корнеева, канд. техн. наук, доцент

*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет»,*

г. Минск, Республика Беларусь

Цвет моторного масла является одним из важных показателей его качества и состояния в процессе эксплуатации. Потемнение