

ОПЫТ СОТРУДНИЧЕСТВА БГАТУ И МЗШ В ОБЛАСТИ ПРОИЗВОДСТВА СЕЛЬХОЗТЕХНИКИ

Толочко¹ Н.К., д.ф.-м.н., профессор, Авраменко¹ П.В., к.т.н., доцент,
Кравцов¹ В.Б., Левшуков² А.П.,

¹Белорусский государственный аграрный технический университет,

²ОАО «Мигский завод шестерен», г. Минск

В последнее время Белорусский государственный аграрный технический университет (БГАТУ) активно развивает инновационную деятельность совместно с Минским заводом шестерен (МЗШ) в рамках Договора о сотрудничестве, заключенного в 2022 г. Этот договор предусматривает проведение научно-исследовательских, конструкторско-технологических и опытно-производственных работ с целью совершенствования конструкции и процесса производства различных деталей сельхозтехники на основе использования аддитивной технологии листового ламинирования – Sheet Lamination (SL). Согласно этой технологии, прямое изготовление деталей или технологической оснастки, необходимой для их изготовления, осуществляют из металлических (стальных) листов, из них вырезают лазером выкройки определенной конфигурации, которые затем пакетируют и соединяют между собой с помощью механических, клеевых или иных соединений. Эта технология известна в ряде зарубежных стран, в Беларуси она получила развитие в БГАТУ. Она, как и другие аддитивные технологии, обеспечивает большую гибкость производства, высокую скорость освоения выпуска новых изделий.

Ниже приведены примеры результатов сотрудничества БГАТУ и МЗШ – совершенствование конструкции и процесса производства шестерен, грядилей и отвалов плугов.

Шестерни широко используются в разнообразных машинах, включая сельхозтехнику. При выборе типа шестерни в качестве объекта разработок ставилась задача предотвратить нежелательное формирование ступенчатого рельефа на боковых наклонных стенках изделий, что типично для аддитивных технологий. С учетом этого для изготовления была выбрана цилиндрическая прямозубая шестерня, устанавливаемая в гитаре механизма деления зубофрезерного вертикального станка-полуавтомата. Шестерня имела форму диска (без ступицы) с центральным посадочным круглым отверстием со шпоночным пазом для крепления на валу во время эксплуатации. Основные параметры конструкции: диаметр окружности вершин зубьев – 60 мм, диаметр посадочного отверстия – 30 мм, высота диска – 20 мм, количество зубьев – 28. Шестерня, изготовленная с помощью SL-технологии, состояла из 4 слоев стали 65Г толщиной по 5 мм. За счет перехода от традиционного технологического процесса изготовления шестерни к модифицированному, основанному на использовании SL-технологии, трудоемкость изготовления снизилась с 9,5 час до 6,5 час, что соответствовало росту производительности в 1,5 раза. Кроме того, переход к модифицированному технологическому процессу изготовления шестерни привел к снижению себестоимости изготовления на 5%. Рост производительности и снижение себестоимости изготовления обусловлено сокращением количества выполняемых операций, в том числе таких, которые характеризуются повышенной трудоёмкостью и энергоёмкостью. У шестерни, облегченной за счёт топологической оптимизации (создания дополнительных отверстий), масса снизилась в 1,6 раза при сохранении рабочих свойств, что подтверждают производственные испытания шестерни в составе станка.

Грядиль плуга подвергается большим механическим нагрузкам во время эксплуатации. Для изготовления был выбран грядиль, устанавливаемый на оборотный плуг. Габаритные размеры грядиля: высота 0,722 м, длина 0,42 м; размеры поперечного сечения: высота 0,080 м, толщина 0,045 м. Грядиль имеет 6 крепежных отверстий – по 3 отверстия с каждой стороны. Одной стороной он крепится тремя болтами к балке, к другой его стороне крепится корпус, также тремя болтами. Грядиль, изготовленный с помощью SL-технологии, состоял из 9 слоев стали 65Г толщиной по 5 мм. При реализации модифицированного технологического

процесса изготовления грядиля с помощью SL-технологии производительность изготовления увеличилась в 1,6 раза, а себестоимость изготовления уменьшилась в 1,4 раза по сравнению с традиционным процессом. Благодаря топологической оптимизации масса грядиля уменьшилась на 17% по сравнению с исходной. Полевые испытания грядиля, изготовленного с помощью SL-технологии, показали, что он по рабочим свойствам соответствует аналогичным грядилям, изготовленным по традиционной технологии.

Отвалы плуга, изготавливаемые из стали по традиционной технологии, характеризуются высоким коэффициентом трения почвы и растительных остатков за счёт мгновенной конденсации влаги на рабочей поверхности отвала и, как следствие, налипанием почвы на отвал. Поэтому экономическая эффективность их применения невысока из-за большой энергоёмкости процесса вспашки. Для решения проблемы перспективно использовать вместо стальных пластиковые отвалы, которые в последние годы получают распространение за рубежом. Малый вес пластиковых отвалов, а также низкий коэффициент трения при прохождении через них почвы приводят к снижению требуемой мощности. При этом пластик благодаря высокой ударной прочности и стойкости к истиранию может служить дольше стали. На МЗШ проведены работы по освоению производства пластиковых отвалов плугов на примере отвала плуга 4-5-корпусного полунавесного оборотного для гладкой пахоты слабо и среднекаменистых почв ПО-4+1-40К, который изготавливали из термопластичного материала на основе полиэтилена РЕ-1000 горячей листовой штамповкой на заводском модифицированном штамповом оборудовании. Изготовление пластиковых отвалов вместо стальных обеспечило сокращение трудоёмкости, энергозатрат и числа технологических операций (с 9 до 4). Как следствие, себестоимость изготовления одного отвала снизилась на 7%-12%. Полевые испытания пластиковых отвалов в составе плуга показали, что они обладают требуемым уровнем работоспособности; по сравнению с аналогичными стальными отвалами имеют более высокую (в 6,5 раз) износостойкость, обеспечивают улучшение качества вспашки с одновременным увеличением производительности на 36%, вызывают снижение расхода топлива на 8-10% за счет уменьшения адгезии поверхности отвалов с почвой и уменьшения их массы в 6,5 раз. Для дальнейшего распространения технологии листовой штамповки пластиков необходимо иметь формообразующую штамповую оснастку – матрицы и пуансоны с различными геометрическими параметрами. Изготовление матриц и пуансонов по традиционным технологиям металлообработки является длительным и дорогостоящим, поэтому для их изготовления предложено применять более эффективную SL-технологию.

О практической значимости конструкторско-технологических разработок, выполняемых совместно БГАТУ и МЗШ, свидетельствует тот факт, что их результаты – экспериментальные образцы шестерен, грядилей и отвалов плугов успешно экспонировались на Международных сельскохозяйственных выставках «Белагро-2023» и «Белагро-2024».

В настоящее время совместная деятельность БГАТУ и МЗШ продолжается на договорной основе. Планируется дальнейшее совершенствование конструкции и процесса производства различных деталей сельхозтехники с помощью SL-технологии, в том числе расширение номенклатуры изготавливаемых деталей, использование новых перспективных материалов.