

5. Патент № 2411074 Российская Федерация, МПК В01F 13/10.– Ю.В. Воробьев, В.Б. Тетерюков Комбинированный статический смеситель-активатор // Заявка № 2009124923/05; заявл. 01.07.2009; опубл. 10.02.2011. – 3 с.

6. Якубович, А.И. Направления экономии топлива при эксплуатации трактора / А.И. Якубович, В.Е. Тарасенко // Механика машин, механизмов и материалов. – 2008. – № 1(2). – С. 38–41.

7. Патент № 2377434 Российская Федерация, МПК F02M27/02. – И.В. Евграфов. Устройство для электрокаталитической обработки топлива // Заявка № 2008106555/06; заявл. 22.02.2008; опубл. 27.08.2009. – 3 с.

8. Канарев, Ф.М. Теоретические основы физхимии нанотехнологий [Текст]/ Ф.М. Канарев// Краснодар: 2008. - 2-е издание. – 675 с.

9. Дунаев, А.В. Модификация моторных топлив – инновационный метод повышения топливной экономичности автотракторных ДВС / А.В. Дунаев, В.П. Миклуш, В.Е. Тарасенко // Изобретатель. – Минск, 2018. – №2 (218). – С. 37–41.

УДК 621.77.04

ПРОБЛЕМЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ АДДИТИВНОЙ LOM-ТЕХНОЛОГИИ

Магистрант – Антонович А.Ю., маг 18 тс, ФТС

Научные

руководители – Толочко Н.К., д.ф.-м.н., профессор;

Сокол О.В., ст. преподаватель

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

Аннотация. Дана краткая характеристика и рассмотрены пути решения проблем изготовления металлических деталей по аддитивной LOM-технологии, связанных с обеспечением требуемых геометрических параметров качества поверхности и прочности.

Ключевые слова: аддитивная LOM-технология, ступенчатый рельеф поверхности, прочность соединения слоев.

Аддитивные технологии, или технологии 3D-печати, позволяют создавать трехмерные (3D) изделия по их компьютерным CAD-моделям путем последовательного (последойного) наращивания материала. С каждым годом эти технологии находят все более широкое применение в машиностроении, прежде всего, для создания деталей сложной конфигурации. Поскольку подавляющее большинство деталей машин, а также технологической оснастки являются металлическими, то особый интерес представляют такие аддитивные технологии, которые позволяют напрямую создавать детали из металла. К ним относятся некоторые разновидности аддитивных технологий, основанные на термообработке

расходных металлических материалов в виде порошка или проволоки. Их характерная особенность заключается в том, что каждый слой создается последовательным формированием и пристраиванием друг к другу отдельных фрагментов, соответствующих по размерам зонам термообработки. От них принципиально отличается LOM-технология (Laminated Object Manufacturing), в которой в качестве расходных материалов используются листовые металлы, и, соответственно, наращиваемые слои создаются сразу же целиком – путем контурного раскроя металлических листов.

Основные проблемы изготовления металлических LOM-деталей связаны с обеспечением требуемых геометрических параметров качества поверхности и механической прочности. Геометрические параметры качества поверхности LOM-деталей определяются высотой ступенчатого рельефа, который неизбежно формируется на их наклонных или криволинейных поверхностях в силу послойного характера построения деталей, присущего LOM-технологии [1]. Прочность LOM-деталей определяется прочностью взаимного сцепления металлических листовых выкроек, из которых создается деталь [2].

Следствием формирования ступенчатого рельефа являются погрешности построения деталей. Величина этих погрешностей ε определяется расстоянием между вершинами впадин рельефа и CAD-поверхностью деталей, если ступеньки рельефа образуются в пределах CAD-поверхности, и между вершинами выступов рельефа и CAD-поверхностью деталей, если они образуются за пределами CAD-поверхности. Если ступенчатый рельеф формируется на наклонных прямолинейных поверхностях, то ε остается постоянной на всех участках поверхности, если же он формируется на криволинейных поверхностях, то ε изменяется на разных участках поверхности.

Величина ε уменьшается с уменьшением толщины слоев и с увеличением угла наклона поверхностей α ($\varepsilon = 0$ при $\alpha = 90^\circ$).

Углы наклона α задаются формой деталей. Поэтому для снижения Величина ступенчатого рельефа следует выбирать для построения такие по форме детали, у которых углы наклона поверхностей или их отдельных участков близки к 90° (в лучшем случае равны 90°). Однако возможности такого выбора ограничены.

Обычно снижение ступенчатого рельефа обеспечивают путем уменьшения толщины слоев и их рациональным ориентированием.

На практике возможно использование листовых выкроек с предельно малой толщиной – около 0,1 мм. Такие выкройки получают из металлической фольги, однако для построения деталей в этих случаях приходится применять специальные дорогостоящие LOM-принтеры.

Гораздо проще и дешевле можно получать детали из более толстых выкроек (толщиной от десятых долей до нескольких миллиметров), которые пакетируют и соединяют без применения принтеров, однако при этом, как отмечалось выше, с увеличением толщины слоев растет высота ступенчатого рельефа.

При построении LOM-деталей с наклонными поверхностями, как правило, все слои имеют одинаковую толщину, т.е. CAD-модель равномерно расслаивается вдоль направления построения. Такой вариант построения довольно прост в реализации, однако в тех случаях, когда детали имеют криволинейные поверхности, равномерное расслаивание оказывается недостаточно эффективным и вместо него предпочтение отдается адаптивному расслаиванию, суть которого состоит в том, что толщину слоев изменяют вдоль направления построения по заданной программе: уменьшают, если угол наклона наращиваемых частей поверхности изделия мал, и, наоборот, увеличивают до довольно больших значений, если угол наклона равен 90° или близок к 90° . Благодаря этому можно не только снизить ступенчатый рельеф по всей поверхности вдоль направления построения, но также сократить число необходимых слоев и тем самым снизить продолжительность и себестоимость построения.

Величина ступенчатого рельефа зависит не только от толщины слоев, но и от их ориентации, поэтому, выбирая оптимальное направление расслаивания CAD-моделей, можно существенно снизить ступенчатый рельеф. При этом следует иметь в виду, что ориентация слоев способна влиять не только высоту ступенчатого рельефа, но и на прочность создаваемых деталей (с учетом особенностей их нагружения в реальных условиях эксплуатации).

Главным фактором, влияющим на прочность металлических LOM-деталей, является прочность соединения листовых выкроек.

Наиболее просты в реализации болтовые соединения. Они способны обеспечивать довольно прочное прижатие листов друг к другу. Для их осуществления в выкройках просверливаются отверстия, которые, совмещаясь друг с другом при последующем пакетировании, образуют сквозные каналы, проходящие через всю стопку. В эти каналы вставляют болты, на которые навинчивают гайки. Однако болтовые соединения не получили широкого применения при изготовлении металлических LOM-деталей. В частности, с помощью таких соединений можно создавать пресс-формы для листовой штамповки металла, но они непригодны для создания пресс-форм для литья из-за возможной утечки расплава через зазоры между слоями.

Плотное соединение металлических листов может быть достигнуто посредством адгезивов. Современные клеи способны к тому же обеспечивать весьма высокую прочность соединения. К недостаткам этих соединений, ограничивающим их применение, относятся низкая теплостойкость и теплопроводность, повышенная горючесть.

Анализ исследований в области LOM-технологии показывает, что для соединения металлических листов в основном используют сварку и пайку. Однако для реализации эти способов соединения требуется специальное оборудование, а также повышенные затраты энергии.

Таким образом, существуют различные пути решения проблем изготовления металлических LOM-деталей, которые связаны с обеспечением требуемых геометрических параметров качества поверхности и механической прочности. Все они имеют как достоинства, так и недостатки. В практическом отношении важно, наряду с совершенствованием существующих путей решения этих проблем, осуществлять поиск новых, более эффективных.

Список использованных источников

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

2. Толочко, Н.К. Прямое изготовление металлических деталей с применением LOM-технологии / Н.К. Толочко, А.А. Андрушевич, П.С. Чугаев, Т.А. Богданович // Литье и металлургия. – 2018. – №1. – С. 137–143.

УДК 721.785

ТЕХНОЛОГИЯ УПРОЧНЕНИЯ ДИСКОВЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН

*Магистрант – Сницаренка А.П., маг 18 тс, ФТС
Научный*

*руководитель – Анискович Г. И., к.т.н., доцент
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет» г. Минск, Республика Беларусь*

В системе обработки почвы дисковые почвообрабатывающие орудия в последние десятилетия нашли широкое распространение, постепенно вытесняя плуги и культиваторы. Рабочим органом дисковых орудий являются, как правило, сферические (вырезные и сплошные) диски разных диаметров (рисунок 1). При обработке почвы диски обеспечивают интенсивное крошение почвенного слоя и резание растительных остатков, находящихся на поверхности почвы, имеют низкую забиваемость. Сферические диски сегодня используются в различных технологических операциях. Они применяются для лущения стерни, основной обработки почвы, грядообразования, нарезки борозд, окучивания и даже уборки картофеля. Такая многофункциональность дисковых органов обеспечивается широким диапазоном установки дисков под углом к направлению движения и углом наклона диска в продольно-вертикальной плоскости [1].