

Список использованных источников

1. Мовчан В.Ф. Оценка надежности тракторных дизелей, отремонтированных на специализированных предприятиях/ В.Ф. Мовчан, А.М. Ступников, М.Ю. Епифанов. – АгроНИИЭНИТО. Выпуск 4, 1989. – С.11-14.
2. Зангиев А.А. Практикум по эксплуатации машинно-тракторного парка/ А.А. Зангиев, А.Н. Скороходов. – М.: Колос, 2006. – 320 с.
3. Рабинович А.Ш. Оптимизация показателей надежности комбайнов «Дон-1500»/ А.Ш. Рабинович, С.Б. Лепин // Труды ГОСНИТИ. – М.: ГОСНИТИ, 1990, Т.87.
4. Oleksii Novyk, Valeriia Panina, Halyna Dashyvets and Andriy Bondar. Increase in Durability of Motor Crankshaft Pin Surface by Vibrorolling. Modern Development Paths of Agricultural Production. - Springer Nature Switzerland AG. -2019. – P.177-182.
5. Черноиванов В.И. Совершенствование системы технического сервиса в сельскохозяйственном производстве/ В.И. Черноиванов, В.М. Михлин, Ж.К. Тайбасаров. – Аналитический обзор. – Астана: ЦНТИ, 2005. – 87 с.

УДК 004.92:621.81

**АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛИСТОВОГО
ЛАМИНИРОВАНИЯ**

Любочко И.А., старший преподаватель,
Хартанович А.М., магистрант
*Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск, Беларусь*

Аннотация. В данной статье представлен способ изготовления металлических деталей с помощью аддитивной технологии листового ламинирования.

Ключевые слова: аддитивные технологии, трехмерное (3D) изделие, листовое ламинирование, слой, толщина слоев.

Аддитивные технологии (Additive Technologies) – это обобщенное название технологий изготовления трехмерных (3D) изделий по их компьютерным моделям путем последовательного добавления (наращивания) материала. Свое название они получили от английского слова «add» (добавлять).

Листовое ламинирование или Sheet Lamination (SL) – это технология изготовления 3D-печати, которую также называют Laminated Object Manufacturing (LOM), поскольку эта технология

является одним из наиболее популярных видов листового ламинирования. Она предполагает наложение нескольких слоев ламинированного материала, например, пленки, бумаги с клеевым покрытием, пластика или металла, для создания объекта. Каждая пленка вырезается ножом или лазером в соответствии с поперечным сечением объекта. Затем они склеиваются между собой. Объекты, напечатанные методом листового ламинирования, могут быть дополнительно модифицированы путем механической обработки, лазерной резки или сверления для придания окончательной формы.

Листовое ламинирование можно разделить на группы в зависимости от используемого материала, например, бумаги, пластика, металла или композиционных материалов на основе плетеных волокон, а также методов формования, таких как фрезерование с числовым программным управлением, лазерная резка или гидроабразивная обработка. Кроме того, эти способы могут быть разделены на группы в зависимости от метода ламинирования, используемого для скрепления листов между собой: клеевое соединение, термическое соединение и ультразвуковая сварка. Существуют также различия в способах формирования слоев. В некоторых случаях они формируются, а затем склеиваются, как, например, в процессе автоматизированного производства ламинированных конструктивных материалов Computer-Aided Manufacturing of Laminated Engineering Materials (CAM-LEM), или склеиваются и формируются, как в процессе ультразвукового аддитивного производства Ultrasonic Additive Manufacturing (UAM).

Каждый тип листового ламинирования работает несколько по-разному, хотя основной принцип одинаков. Первоначальное создание и настройка детали одинаковы для всех семи типов технологий аддитивного производства. Это можно представить в виде семи этапов работы аддитивного производства: создание 3D-изделия, создание stl-файла (от англ. stereolithography) – формат *файла*, широко используемый для хранения трёхмерных моделей объектов в аддитивных технологиях, передача stl-файла, настройка станка, сборка, извлечение детали и постобработка.

Сначала тонкий лист материала подается с вала или помещается на платформу сборки. В зависимости от типа ламинирования листа следующий слой может быть приклеен или не приклеен к предыдущему листу. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не будут заполнены все слои для достижения полной высоты. Затем печатный блок извлекается, все нежелательные внешние края удаляются.

При листовом ламинировании толщина слоя соответствует толщине тонких листов материала и определяет конечное качество. Толщина слоя также зависит от используемой машины и технологии.

SL-технология имеет как преимущества, так и недостатки.

Преимущества: сокращение времени и стоимости изготовления изделий; доступность исходных материалов (листовых металлов) и оборудования для их раскроя; возможность изготавливать изделия как малых, так и больших размеров.

Недостатки: низкая размерная точность; высокая шероховатость поверхности, обусловленная наличием ярко выраженного ступенчатого рельефа на наклонных боковых стенках; проблемы обеспечения качественной связи между слоями. Довольно прочные и герметичные соединения сваркой или пайкой технически трудно осуществимы, более просто делать соединения механически (болтами и т.п.) или клеем, но первые не обеспечивают герметичности, а вторые не всегда достаточно прочны.

Ступенчатый рельеф на наклонных боковых стенках типичен для всех аддитивных технологий. Но у SL-технологии он может быть более ярко выражен, особенно при формировании изделий из толстых листов материала.

Список использованных источников

1. Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении / М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш // пособие для инженеров. – М. ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015. – 220 с.

2. Толочко Н.К., Нукушев С.О., Романюк Н.Н., Мендалиева С.И. Аддитивные технологии в производстве и ремонте машин: учебное пособие. – Нур-Султан: КАТУ им. С. Сейфуллина, 2022. – 184 с.

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

4. Introduction to Sheet Lamination [Electronic resource]. URL: <https://www.3ds.com/make/guide/process/sheet-lamination>. (date of access: 17.11.2023.)

5. Sheet lamination [Electronic resource]. URL: <https://engineeringproductdesign.com/knowledge-base/sheet-lamination>. (date of access: 15.11.2023.)