УДК 621.9:629.3

Камалян Любовь Гариковна, магистрант
(ТИУ, г. Тюмень)
Lyubov G. Kamalyan, master's student
(TIU, Tyumen)

ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

APPLICATION OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN THE MANUFACTURE OF AUTOMOTIVE SPARE PARTS

Аннотация. Рассмотрено применение аддитивных технологий для изготовления запасных частей автомобилей. Выделены этапы от получения цифровой модели до изготовления детали. Показаны области, где такой подход целесообразен, и ограничения, связанные с материалом, точностью и подтверждением работоспособности.

Abstract. The use of additive technologies for automotive spare parts is considered. The stages from a digital model to part production are shown. Suitable applications and limitations related to material, accuracy and verification of part performance are identified.

Для автомобилей, снятых с производства, отдельные запасные части со временем становятся труднодоступными. Это относится к элементам салона, корпусам, крышкам, креплениям, воздуховодам и другим деталям, выпуск которых небольшими партиями обычными методами может быть нецелесообразен. В таких случаях рассматривается изготовление детали по цифровой модели. Аддитивные технологии позволяют выпускать единичные изделия без отдельной технологической оснастки. В обзоре E. Dalpadulo с соавторами данный подход рассмотрен именно для восстановления запасных частей автомобилей, в том числе классических моделей [1].

Исходные данные для изготовления могут быть разными. Если сохранилась CAD-модель, она используется непосредственно при подготовке производства. Для старой детали такой модели обычно нет. Тогда геометрию получают измерением или 3D-сканированием. Поврежденную деталь не всегда можно просто скопировать. Трещины, износ и деформация не должны переходить в новую модель. Поэтому после получения геометрии требуется ее корректировка.

В работе [1] восстановление запасной части рассматривается как цифровая последовательность, в которую входят получение геометрии, обратное проектирование, выбор технологии и изготовление. Для автомобильной отрасли это удобно тем, что цифровую модель можно хранить без физического запаса готовых деталей. Изготовление выполняется тогда, когда возникает потребность. Но такая схема подходит не для любой детали автомобиля.

Наиболее простой вариант – полимерные детали, которые не воспринимают высокую нагрузку и температуру. Метод экструзии материала позволяет получать корпуса, элементы крепления, детали интерьера, шаблоны и вспомогательную оснастку. При небольшом количестве изделий отсутствие пресс-формы является существенным преимуществом. В то же время поверхность после послойного построения может требовать дополнительной обработки, а свойства детали зависят от направления печати.

Для запасной части важна не только возможность получить ее форму. Материал исходной детали и материал для печати могут заметно отличаться. Поэтому замена должна оцениваться по условиям работы. Для детали рядом с источником тепла требуется учитывать теплостойкость. Для крепежного элемента – нагрузку и направление ее действия. Для наружных элементов добавляются воздействие влаги, солнечного излучения и изменение температуры. Если эти условия не учтены, геометрически похожая деталь не является полноценной заменой.

J. Yang с соавторами рассматривают применение аддитивного производства в автомобильной промышленности для прототипов, оснастки и конечных деталей [2]. В работе отмечается широкий набор применяемых материалов и процессов. Это важно для запасных частей: FDM не является универсальным способом. Для одних изделий достаточно термопласта, для других требуются порошковые полимерные технологии или изготовление из металла.

Металлические аддитивные технологии уже применяются при производстве деталей транспортных средств. B. Sarzyński, L. Śnieżek и K. Grzelak приводят примеры автомобильных компонентов, изготовленных методами металлического аддитивного производства [3]. Однако стоимость оборудования, порошков, последующей обработки и контроля значительно выше, чем при печати обычными термопластами. Поэтому для единичной запасной части выбор металлической технологии должен быть обоснован назначением изделия.

Отдельно следует учитывать точность. При обратном проектировании погрешность появляется уже на этапе получения исходной геометрии. Затем на результат влияет построение цифровой модели, подготовка файла, сам процесс печати и постобработка. Для сопрягаемых поверхностей этого может

быть достаточно, чтобы деталь не устанавливалась в штатное место. Поэтому после изготовления необходимо контролировать не только общий внешний вид, но и функциональные размеры.

При восстановлении старых деталей есть еще одна особенность. Изношенная поверхность не соответствует первоначальному размеру. Если отсканировать ее и изготовить точную копию, будет воспроизведен и износ. В цифровой модели необходимо восстанавливать посадочные размеры, симметрию, толщину стенок или положение отверстий. Здесь аддитивное производство связано с обратным проектированием, а не только с печатью.

В 2024 г. в работе по проектированию пластиковых запасных частей отдельно рассматривалась возможность заранее учитывать их последующее изготовление аддитивными методами [4]. Авторы показывают, что детали, первоначально разработанные под литье под давлением, не всегда удобно переносить в аддитивный процесс без изменений. Это касается толщины стенок, соединений, допусков и выбора материала. Следовательно, для новой техники возможность последующего изготовления запасной части можно учитывать еще на этапе проектирования.

Такой подход особенно интересен для элементов, потребность в которых возникает редко. Хранение пресс-формы и поддержание серийной технологии ради нескольких изделий может быть экономически неоправданным. Цифровая модель занимает меньше ресурсов хранения, но вопрос ее актуальности остается. После изменения конструкции автомобиля или материала версия модели должна быть однозначно определена. Иначе изготовленная по старому файлу деталь может не соответствовать требуемому исполнению.

Для ответственных деталей ситуация другая. Элементы тормозной системы, рулевого управления, подвески и другие нагруженные компоненты нельзя оценивать только по геометрическому совпадению. Необходимы подтвержденные свойства материала, стабильность технологического процесса и контроль готового изделия. В исследовании прямого аддитивного изготовления металлической автомобильной детали показана возможность снижения массы при сохранении требований к безопасности и характеристикам, но авторы также отмечают стоимость металлического порошка как ограничивающий фактор [5].

Поэтому область применения аддитивного изготовления запасных частей целесообразно разделять по назначению. Для ненагруженных полимерных элементов основной задачей становится корректное восстановление геометрии и выбор материала. Для технологической оснастки важны срок изготовления и достаточная стойкость. Для функциональных и нагруженных деталей добавляются расчеты, испытания и подтверждение стабильности про-

цесса. Использование одного и того же подхода для всех трех групп не требуется.

Список литературы

1. Dalpadulo E. A Review of Automotive Spare-Part Reconstruction Based on Additive Manufacturing / E. Dalpadulo, A. Petruccioli, F. Gherardini, F. Leali // Journal of Manufacturing and Materials Processing. – 2022. – Vol. 6, № 6. – Art. 133.

2. Yang J. Application of Additive Manufacturing in the Automobile Industry: A Mini Review / J. Yang, B. Li, J. Liu, Z. Tu, X. Wu // Processes. – 2024. – Vol. 12, № 6. – Art. 1101.

3. Sarzyński B. Metal Additive Manufacturing (MAM) Applications in Production of Vehicle Parts and Components—A Review / B. Sarzyński, L. Śnieżek, K. Grzelak // Metals. – 2024. – Vol. 14, № 2. – Art. 195.

4. Facilitating the Production of 3D-Printed Spare Parts in the Design of Plastic Parts: A Design Requirement Review // Sustainability. – 2024. – Vol. 16, № 21. – Art. 9203.

5. Zhao N. Direct additive manufacturing of metal parts for automotive applications / N. Zhao, M. Parthasarathy, S. Patil [et al.] // Journal of Manufacturing Systems. – 2023. – Vol. 68. – P. 368–375.