

Образец из пластических материалов при сжатии приобретает слегка бочкообразную форму из-за сил трения, между торцами образца и опорными плитами, так как силы трения препятствуют слоям, лежащим близко к опорам, расширяться в поперечном направлении. Влияние трения можно уменьшить путем смазки опорных поверхностей или применением образцов специальной формы [5].

Анализ исследований [3; 4] показывает, что упругие деформации PLA пластика не превышают 3 %, а пластические деформации в десятки раз могут превышать упругие, их развитие в перенапряженных элементах сложных конструкций приводит к перераспределению и выравниванию усилий за счет догрузки менее напряженных элементов. Тем самым повышается работоспособность конструкции в целом по сравнению с расчетными пределами. Поэтому немаловажной задачей является оценка влияния способа заполнения на работу конструкции при одноосном сжатии.

**Заключение.** Анализ теоретических исследований показывает, что при одинаковой площади поперечного сечения образцы должны иметь приблизительно равные значения предела текучести, однако данное заключение нуждается в практическом подтверждении.

Работа материала в пластической стадии представляет огромный резерв прочности, благодаря которому конструкция, как правило, не разрушается в прямом смысле (нарушение целостности), а теряет несущую способность из-за больших остаточных деформаций.

Создание конструкций из PLA пластиков при помощи технология FDM обладает значительным потенциалом и нуждается в дальнейшем исследовании.

#### Список цитируемых источников

1. Аддитивные технологии [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <https://neftegaz.ru/tech-library/tekhnologii/451308-additivnye-tekhnologii/#:~:text=> — Дата доступа : 05.10.2022.
2. Моделирование методом наплавления [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <https://ru.wikipedia.org/wiki/>. — Дата доступа : 18.04.2021.
3. Сотник, Л. Л. Испытания на сжатие образцов напечатанных с помощью FDM технологии для оценки прочностных и упруго-пластических характеристик материала при разной степени заполнения / Л. Л. Сотник, О. И. Наливко // «Наука – практике» : материалы II Междунар. науч.-практ. конф., г. Барановичи, 13 мая 2021 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Баранович. гос. ун-т. — Барановичи, 2021. — С. 197—199.
4. Сотник, Л. Л. Влияние степени заполнения на прочностные характеристики PLA пластика при сжатии / Л. Л. Сотник, О. И. Наливко // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 21—22 апр. 2022 г. / редкол.: М. Е. Лустенков (гл. ред.) [и др.]. — Могилев, 2022. — С. 101—102.
5. Копнов, В. А. Сопротивление материалов : рук. для решения задач и выполнения лаб. и расчетно-граф. работ / В. А. Копнов, С. Н. Кривошапко. — М. : Высш. шк., 2005. — 351 с.

УДК 621.9.01

В. А. Серпухов, В. А. Дремук

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь

## ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ

**Введение.** Нынешний уровень машиностроения, требует применения современных и экономически выгодных технологий. На смену устаревшим методам обработки материалов все больше приходят лазерные и фотонные технологии. Исследование в области фотоники позволили разработать мощные и стабильные лазерные установки, которые применяются для: лазерной сварки, лазерной резки, лазерного термического упрочнения и лазерного нанесения покрытий, лазерного спекания, лазерной диагностики, лазерного послойного синтеза.

Лазер — генератор когерентного электромагнитного излучения в оптическом диапазоне, основанный на использовании индуцированных переходов. Лазер дает оптическое излучение, характеризующееся высокой степенью упорядоченности светового поля. Такое излучение отличается высокой монохроматичностью и направленностью.

**Основная часть.** Лазерные технологии имеют ряд преимуществ перед «классическими» механическими и термическими. А именно:

1. Высокая концентрация подводимой энергии и локальность позволяют производить обработку только поверхности участка материала без нагрева остального объема и нарушения структуры и свойств, что приводит к минимальному короблению деталей. Кроме того, высокая концентрация подводимой энергии позволяет провести нагрев и охлаждение обрабатываемого материала с большими скоростями при очень малом времени воздействия.

2. Возможность регулирования параметров лазерной обработки в широком интервале режимов позволяет разработать обширный ряд методов обработки поверхности, регулировать структуру поверхностного слоя.

3. Отсутствие механических усилий на обрабатываемую заготовку дает возможность обрабатывать хрупкие и ажурные конструкции.

4. Возможность обработки на воздухе, легкость автоматизации процессов, отсутствие вредных отходов при обработке определяет высокую технологичность лазерного луча.

5. Возможность транспортировать излучение на значительные расстояния и подвод его с помощью специальных оптических систем в труднодоступные места позволяет производить обработку в тех случаях, когда другие методы применить невозможно.

6. Высока производительность процессов.

7. Экологическая чистота технологии.

8. Быстрая окупаемость капитальных затрат на оборудование (0,5—1 год) [1, с. 191].

*Лазерная резка* относится к числу первых освоенных лазерных технологических операций. Различают лазерную резку металлов и неметаллических материалов. При резке металлов, на участке воздействия лазерного излучения, металл нагревают до первой температуры разрушения — плавления. При дальнейшем поглощении излучения металл расплавляется и от участка воздействия излучения в объеме материала начинает перемещаться фазовая граница плавления. Наряду с этим, энергетическое воздействие лазерного излучения приводит к последующему повышению температуры, достигающей второй температуры разрушения — кипения, когда имеет место активное испарение. Общая оценка лазерной резки металлов показывает, что точность и качество выполняемых резов при обработке на оптимальных режимах соответствует высшему классу [2, с. 115].

Лазерная резка неметаллов имеет ряд особенностей ввиду того, что большое количество неметаллов обладает высокой поглощательной способностью. Лазерной резке легко поддаются высокотвердые материалы, среди которых: металлокерамика, стеклоуглерод, композиционные материалы на основе бора и углерода. Высокое качество реза достигается при лазерной резке стеклоткани. Также лазерной резкой, возможно, осуществления реза дерева, раскроя фанеры. При этом качество резки позволяет исключить появление опилок и повысить точность реза.

Эффективно применение лазерной резки и размерной обработке. Прошивка отверстий и создание углублений на поверхности материала проводятся при помощи импульсных лазеров. Лазерную резку эффективно применяют активно при создании ответственных деталей, таких как лопатки турбин и двигателей, однако с развитием лазерного оборудования все чаще применение лазера используется в массовом и серийном производстве изделий.

*Лазерная сварка* — процесс, предполагающий соединение деталей при помощи лазерного излучения. На поверхности часть луча отражается, а часть проходит внутрь, что приводит к нагреву и плавлению материала, формированию сварного шва. В результате получается прочное соединение. Луч, сгенерированный квантовым лазерным генератором, попадает в фокусирующую систему установки, где перераспределяется в пучок меньшего сечения. По концентрации энергии воздействие лазера в десятки раз превосходит другие источники тепла. Лазерная сварка позволяет соединять материалы толщиной от пары миллиметров и до нескольких сантиметров. Особенностью лазерной сварки является локализованный тепловой нагрев в отличие от сварки электродами. Наиболее эффективно лазерная сварка показывает себя на материалах небольшой и средней толщины от 5 до 10 мм. Лазерную сварку наиболее часто применяют в условиях при соединении деталей, форма и размеры которых не должны существенно меняться в процессе. Также при помощи лазерной сварки можно обрабатывать неметаллы или стали с неметаллическими покрытиями. Например, лазерная сварка несущих алмазный абразив зубьев пил для распиловки камня.

*Лазерное термическое упрочнение* широко применяется на изделиях из различных сталей, от нержавеющей до конструкторских углеродистых сталей, и алюминиевых сплавов. Преимущество технологии заключается в исключении процессов деформирования и коробления закаливаемых изделий, образование микротрещин на поверхности и в объеме деталей. Повышение твердости закаливаемых изделий (в 2—4 раза) способствует повышению механических характеристик, улучшаются показатели теплостойкости и коррозионной стойкости. Лазерное термическое упрочнение не требует водяного охлаждения: после лазерной закалки не требуется проведение отпуска и промывки. Закалке подвергается только поверхностный слой изделия, внутренние слои сохраняют свои свойства. На лазерных установках, возможно, применения технологий нанесения покрытий. Оптические системы, разработанные на основе лазера, избавлены от недостатков традиционной технологии. Лазерное нанесение покрытий сочетает в себе возможность проводить модификацию структуры поверхностных слоев детали и нанесения покрытий. Излучение нагревает поверхность детали, в результате чего часть поверхностных загрязнений испаряется и вытесняется потоком защитного газа, при дальнейшем нагреве поверхности происходит осаждение паров наносимого покрытия. Далее излучение нагревает поверхность с нанесенным покрытием, оплавляя его и уменьшая размер неровностей.

*Лазерный спекание* позволяет спекать частицы порошкового материала. Под действием луча лазера происходит локальное спекание частиц порошка, которое распространяется на всю поверхность слоя. Процесс продолжается до полного завершения спекания по всей высоте изделия. Основным достоинством технологии является многофункциональность. В качестве порошковых материалов могут быть использованы: металлы (сталь, титан, медные сплавы и др.), полимеры (полистирол, нейлон), глауконитовые пески. Возможна вариативность: полное расплавление, частичное плавление, жидкофазное спекание. По этой технологии изготавливают изделия весьма ответственного назначения.

*Лазерная диагностика подповерхностных дефектов* представляет собой бесконтактный неразрушающий метод контроля. Актуальным и одним из важнейших методов неразрушающегося контроля является термоволновая микроскопия. Концепция «термоволновой микроскопии на основе бегущего луча» заключается в синхронизированном сканировании пятна теплового луча (в форме полосы) и области чувствительности линейного инфокрасного приемника по поверхности. Для эффективной регистрации теплового поля скорость сканирования должна быть сравнимой со скоростью тепловой волны. В настоящее время является наиболее перспективным

в фототепловой микроскопии. Он дает возможность осуществлять высококонтрастное отображение неоднородностей с высокоэффективностью контроля [3].

*Лазерный послойный синтез* является экспериментальной и перспективной технологией применения лазера. Можно выделить три основных направления применения технологии послойного синтеза:

1. Изготовление эскизных макетов, дизайнерских или инженерных образцов (прототипов);
2. Изготовление непосредственно инструмента для традиционных производственных процессов либо промежуточных средств для его производства;
3. Непосредственное изготовление функциональных деталей.

Технологии послойного синтеза позволяют изготавливать полностью завершенные изделия. Такие технологии являются идеальным решением в условиях мелкосерийного производства. При малых и средних объемах производства с помощью технологии послойного синтеза можно изготавливать пресс-формы для литья по выплавляемым моделям. Прочность и жесткость полученных пресс-форм обеспечивает их успешное использование для вакуумного литья пластмассовых и гипсовых изделий. Основное отличие технологий послойного синтеза от традиционных заключается в том, что прототип или изделие создается не отделением материала от заготовки, а послойным наращиванием (добавлением) материала, составляющего изделия: пластика, жидких смол, порошков, листов. Применение технологии послойного синтеза позволяет получать принципиально новые виды изделий и деталей [4].

**Заключение:** Многие проекты XXI века по развитию энергетики, освоению космоса, созданию новых инструментов требуют применения обработки перспективных материалов. Лазерные технологии приходят на смену механической обработки материалов. Современные источники энергии позволяют использовать лазеры для более сложных и энергоемких операций, таких как синтез материалов и монокристаллических деталей. Лазерные способы обработки материалов хорошо себя зарекомендовали в автомобилестроении, ракетостроении, авиастроении. Применение лазерных технологий позволило ускорить производство деталей и увеличить объемы выпускаемой продукции на предприятиях. Лазерная сварка постепенно вытесняет электродуговую и полуавтоматическую сварку, позволяя сваривать детали в 2—3 раза быстрее. Лазерное термическое упрочнение намного экономичнее, чем термическая обработка материалов в печах. Лазерные технологии являются новой ступенью прогресса в машиностроении и со временем займут место «устаревающих» способов обработки материалов.

#### Список цитируемых источников

1. Панченко, В. Я. Сборник трудов ИПЛИТ РАН. Современные лазерно-информационные и лазерные технологии / В. Я. Панченко, В. С. Голубва. — М. : Интерконтакт Наука, 2005. — 304 с.
2. Лосев, В. Ф. Лазерные технологии и оборудование: учеб. пособие / В. Ф. Лосев, В. П. Ципелев — Томск : Изд-во Томского политехнич. ун-та, 2008. — 148 с.
3. Овертон, Г. Лазерные рынки развиваются несмотря на «встречные ветры» в глобальной экономике. / Г. Овертон, А. Ноджи, Д. А. Бельфорте. — Лазер-Информ. — М. : ЛАС. — 2013. — 498 с.
4. Григорьянц, А. Г. Основы лазерной обработки материалов / А. Г. Григорьянц. — М. : Машиностроение, 1989. — 304 с.

УДК 621

Р. Д. Толкачевич, М. С. Кравцов, К. С. Винничек, Т. П. Литвинович

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь

## КОНСТРУКЦИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ ЧЕРВЯЧНОЙ ФРЕЗЫ-ШЕВЕРА

**Введение.** Технологический процесс изготовления зубьев высокоточных зубчатых колес производится по методу обкатки заготовки и режущего инструмента и состоит из трёх операций: нарезание зубьев, шевингование и шлифование их боковых поверхностей. Эти три операции выполняются на отдельном оборудовании, что требует значительных затрат.

Рассмотрим шевингование, как промежуточную операцию обработки, которая выполняется до термообработки готовых зубчатых колес.

Достоинства шевингования:

- увеличивается точность обработки (5—6 степень);
- уменьшаются погрешность профиля и окружного шага;
- уменьшается радиальное биение зубьев;
- улучшается качество боковых поверхностей зубьев (до  $Ra = 0,63$  мкм), что способствует уменьшению шума при работе зубчатых колёс.

Червячный шеввер может иметь профиль эвольвентного, архимедова червяка или прямолинейный профиль в нормальном сечении. В практике используют шевверы с архимедовой винтовой поверхностью.