

УДК 681.5

В.Н. Торлин, профессор, д-р техн. наук,

С.В. Огрызков

Севастопольский национальный технический университет

Студгородок, г. Севастополь, Украина, 99053

E-mail: auto@sevgtu.sebastopol.ua

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА КРУПНОГАБАРИТНЫХ ДЕТАЛЕЙ FDM-МЕТОДОМ

Произведен анализ качественных показателей технологического процесса производства крупногабаритных изделий с помощью FDM-метода и определен состав регулирующих воздействий, позволяющих повысить качество изделий.

Среди многочисленных реализаций RP-технологий [1] наиболее перспективным для машиностроительных производств является FDM-процесс (Fused Deposition Modelig), так как с помощью этого метода можно изготавливать сложные геометрические формы (литейной оснастки, прессформы и др.) больших размеров. Однако для производства крупногабаритных изделий необходимо существенно повысить производительность известного FDM-процесса, что требует решения комплекса задач по обеспечению качественных показателей технологического процесса.

Существующие сегодня FDM-установки [1] предназначены для программно-управляемого экструзирования формообразующего материала через сопло диаметром до 2 мм, что может обеспечить производство детали объемом 1 м³ за 10³...10⁴ часа. На кафедре автомобильного транспорта СевНТУ разработан способ изготовления крупногабаритных изделий с помощью FDM-процесса, позволяющий сократить время формирования одной детали в 10...15 раз. Принцип работы установки, реализующей этот способ, показан на рисунке 1.

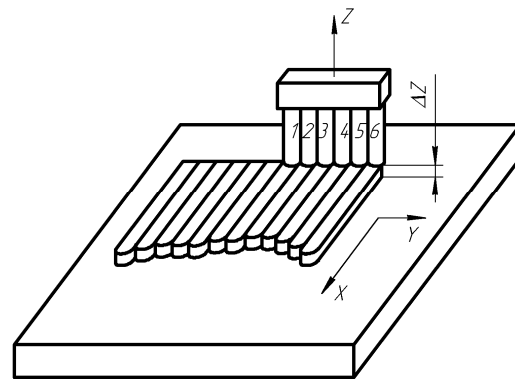


Рисунок 1 – Схема работы многоканальной FDM-установки

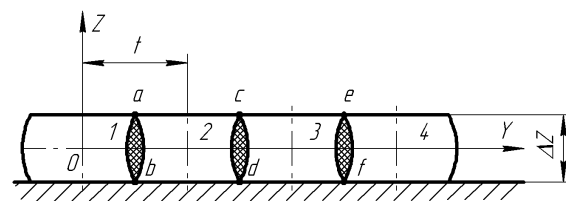


Рисунок 2 – Схема образования многоваликового слоя

Многоканальная формообразующая головка содержит несколько сопел, через которые расплав материала изделия поступает на стол, перемещающийся дискретно по координате z на толщину очередного слоя ΔZ . Головка с соплами имеет два управляемых перемещения: X, Y . Сопла 1 – n могут по мере необходимости отключаться в соответствии с заданными в управляющей программе условиями.

Исследуем возможность реализации такого способа с точки зрения обеспечения качества изделия, которое характеризуется группой показателей стыков $a - b, c - d, e - f$ (рисунок 2), типичных для стыков, образующихся при сварке пластмасс экструзируемым присадочным материалом [2]: прочность стыков, ударная вязкость, коррозионная стойкость.

В неуправляемом процессе слой ΔZ содержит дефекты, такие как неполное контактирование валиков (для валиков 1 и 2 по линии $a - b$ и т.д.), наличие пор, температурных деформаций, остаточных напряжений и др. Как показано в [2], величина дефектов определяется выбором температуры разогрева материала, а, следовательно, и уровнем его первоначальной вязкости; выбором скорости движения формообразующей головки; подбором режимов охлаждения; величиной расстояния t между соседними соплами.

Регулирование параметров процесса позволит минимизировать количество дефектов и обеспечить заданный уровень изделия. В качестве регулируемой величины принимаем однородность слоя ΔZ в направлении y , которую представим функцией

$$F(y) = F_0 + \sum_{n=1,3,5}^N a_n \sin \frac{n\pi y}{t}. \quad (1)$$

На рисунке 3 показана функция (1), отображающая характер и размеры дефектов структуры слоя.

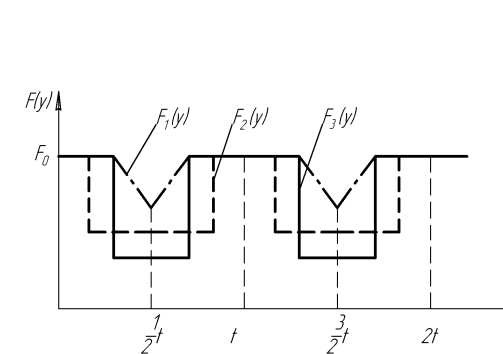


Рисунок 3 – Возможные варианты изменения регулируемой величины

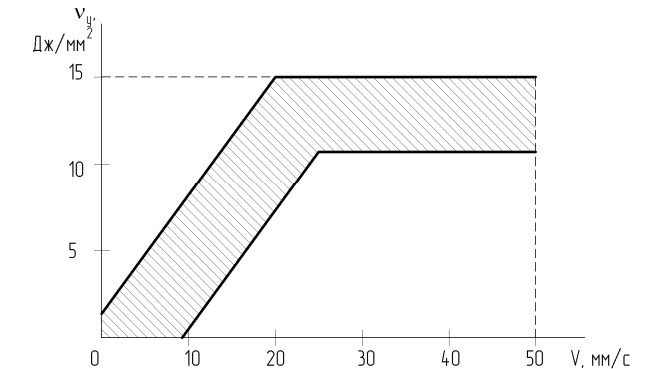


Рисунок 4 – Зависимость ударной вязкости стыка от скорости его образования

На рисунке 3 стыки расположены в точках $\frac{t}{2}$ и $t\frac{3}{2}$, где функция $F(y)$ меняет свою величину,

при этом возможные "провалы" однородности свойств слоя в направлении y могут достигать $\frac{1}{3} F_0$

(кривая $F_1(y)$), $\frac{1}{2} F_0$ (кривая $F_2(y)$) и $\frac{2}{3} F_0$ (кривая $F_3(y)$), а также любых промежуточных значений.

Кривая $F_1(y)$ характеризует достаточно стабильный ход технологического процесса. Стабилизировать $F_1(y)$ можно управляемым температурным режимом формирования стыка. Исследования, проведенные Г. Патенте [3], показали, что свойства стыка определяются в основном скоростью его образования.

На рисунке 4 показана зависимость изменения ударной вязкости стыка от скорости его образования, но как показано в [3], аналогичные зависимости существуют и для других свойств образующегося соединения. В связи с этим в качестве управляющего воздействия принимаем скорость движения формообразующей головки в направлении X , т.е. требуется определить связь

$$F(y) = f(S(x)). \quad (2)$$

Для установления зависимости (2) было проведено экспериментальное исследование зависимости свойств материала стыков $a - b, c - d, e - f$ и т.д. (рисунок 2), полученных на FDM-установке фирмы Stratasys. Слой ΔZ формировался непрерывным перемещением головки на X и дискретным шагом t . При этом подача S_x менялась в пределах 0,1...0,5 м/мин. После чего микротвердость образовавшегося слоя

измерялась методом Виккерса с шагом $\frac{t}{2}$ по ширине слоя, в результате чего была получена зависимость

$$HV = k_m S_x^m, \quad (3)$$

где k_m, m – эмпирические константы, величина которых зависит от свойств материала изделия.

Таким образом, показана возможность производства крупногабаритных изделий на программноуправляемом оборудовании, реализующем FDM-процесс, качество которых достигается за счет автоматического регулирования параметров технологического процесса.

Возможно построение различных систем автоматического регулирования, позволяющих повысить качественные показатели исследуемого технологического процесса, что и составит предмет дальнейших исследований в данном направлении.

Библиографический список

- Товажнянский Л.Л. Интегрированные технологии ускоренного прототипирования и изготовления / Л.Л. Товажнянский, А.И. Грабченко. — Харьков: Изд-во ОАО «Модель Вселенной», 2002. — 140 с.
- Зайцев К.И. Сварка полимерных материалов: Справочник / К.И. Зайцев, Л.Н. Мацюк, А.В. Богдасhevский; Под. общ. ред. К.И. Зайцева, Л.Н. Мацюк. — М.: Машиностроение, 1988. — 312 с.
- Potente H. Zur Theorie des Heizelement-Stumpfschweißens / H. Potente // Kunststoffe. — 1977. — Bd. 67. — № 2. — S. 98 – 102.

Поступила в редакцию 22.09.2006 г.

