

УДК 678.027.77:004.94

М.Д. Медведская, О.И. Карпович, К.Д. Левко

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ПРОЦЕССА ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТА
МОДУЛЬНОГО ПОКРЫТИЯ СПОРТИВНЫХ ПЛОЩАДОК**

Даны краткое описание элемента модульного покрытия спортивных площадок и требования, предъявляемые к нему, сформулированные с помощью анализа литературных источников, разработана конструкция изделия, проведены испытания на определение реологических характеристик материала, произведено компьютерное моделирование процесса формообразования изделия, выполнен анализ результатов моделирования.

Ключевые слова: элемент модульного покрытия спортивных площадок, литье под давлением, компьютерное моделирование.

M.D. Medvedskaya, O.I. Karpovich, K.D. Levko

**COMPUTER MODELING
OF THE PROCESS OF FORMING AN ELEMENT
OF MODULAR COVERING OF SPORTS GROUNDS**

A brief description of the element of the modular covering of sports grounds and the requirements for it, formulated with the help of an analysis of literary sources, the design of the product was developed, tests were carried out to determine the rheological characteristics of the material, computer modeling of the product shaping process was performed, the analysis of simulation results is performed.

Keywords: element of modular covering of sports grounds, injection molding, computer modeling.

Элемент модульного покрытия спортивных площадок (рис. 1) размещается на основании для получения игровой поверхности, используемой в различных видах спорта. Изделие характеризуется решетчатой конфигурацией, а его поверхность представляет собой перекрещивающийся узор из решетчатых поверхностей. Изделие обладает устойчивостью к вертикальным ударам, которые дополнительно снижаются из-за поглощения боковых усилий в соседней плиточной структуре, имеют высокую водо- и термостойкость, легкость в монтаже и ремонте, а также широкую цветовую гамму. Существенным недостатком является то, что укладка

должна осуществляться на подготовленное покрытие [1]. Изделие характеризуется отсутствием технологических дефектов и механических повреждений для обеспечения гладкой поверхности без стыков и зазоров.

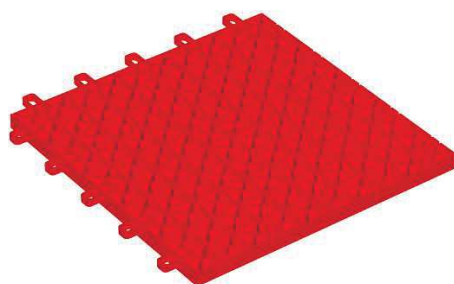


Рис. 1. Элемент модульного покрытия спортивных площадок

Актуальность работы: для освоения производства элемента модульного покрытия возникает необходимость оценки технологических параметров с использованием компьютерного моделирования.

С учетом условий эксплуатации и анализа аналогов разработана конструкция элемента модульного покрытия. Элемент модульного покрытия представляет собой квадратную пластину, габаритные размеры которой: высота – 13 мм, длина – 252 мм, ширина – 252 мм. На нижней поверхности предусматриваются ребра жесткости для обеспечения необходимой жесткости.

Изготовление изделия осуществляется методом литья под давлением, поэтому возникает необходимость произвести моделирование процесса формообразования изделия. Моделирование процесса вязкого течения помогает выявить и устранить на стадии проектирования проблемы, связанные с конструктивными особенностями детали и пресс-формы, технологического и эксплуатационного поведения полимерного материала, спрогнозировать и предотвратить возникновение проблем, связанных с появлением дефектов изделий, длительностью цикла изготовления изделия и возможностями оборудования. Для этого имеются специализированные программные продукты, использующие различные подходы и алгоритмы [2].

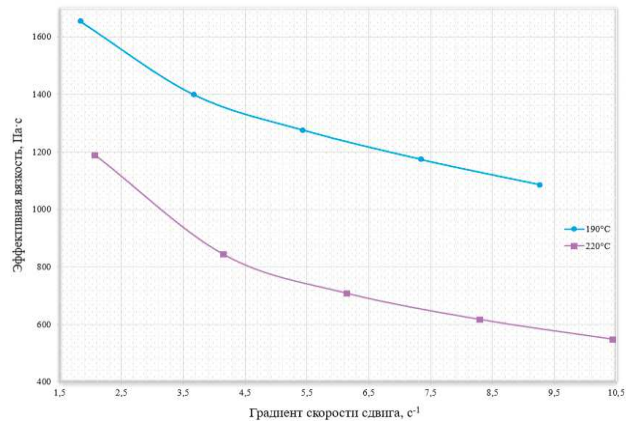


Рис. 2. Зависимость эффективной вязкости от градиента скорости сдвига

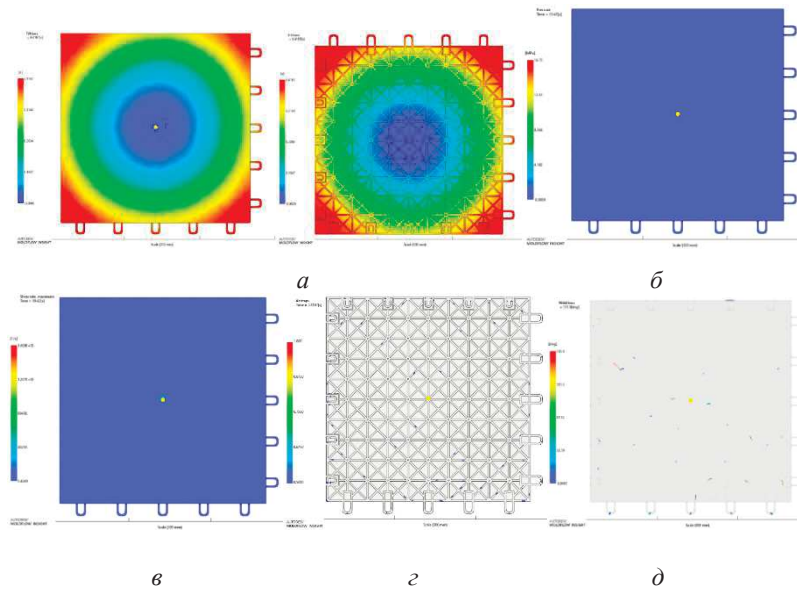


Рис. 3. Результаты моделирования: время заполнения (а); давление (б); скорость сдвига (в); воздушные ловушки (г); линии сая (д)

Моделирование выполнялось в системе Autodesk Moldflow Insight при условии начальной температуры расплава 200 °С, температуры поверхности пресс-формы 27 °С. Точка впрыска располагается в центре изделия. В качестве метода моделирования сеточной модели был использован 3D-метод, который предполагает использование сетки, состоящей из тетраэдрических элементов. Данный метод учитывает такие факторы, как инерция, гравитация, а также вытеснения воздуха из полости формы потоком расплава.

Для выбора подходящего материала в программе доступна библиотека стандартных материалов. Однако для материала, выбранного для изготовления, характеристики вязких свойств отсутствуют. Материалом элемента модульного покрытия является полиэтилен низкого давления (ПЭНД). Для наиболее точного моделирования процессов вязкого течения проведены испытания на определение реологических характеристик материала, а именно: определение показателя текучести расплава и определение параметров степенного закона течения по капиллярному методу [3]. В ходе испытаний получена зависимость эффективной вязкости от градиента скорости сдвига при 190 и 220 °С (рис. 2). Данная зависимость была использована при задании реологических характеристик в программе.

Моделирование процесса заполнения формы происходит с последующим уплотнением, а также оценкой деформаций геометрии отливки (коробления).

В результате расчета установлено, что время заполнения формы (рис. 3) составляет 0,42 с, максимальное давление – 16,7 МПа, максимальная скорость сдвига – $1,6 \cdot 10^5 \text{ с}^{-1}$.

Воздушные ловушки могут привести к структурным и визуальным дефектам. Спаи образуются в результате соединения нескольких потоков расплава, образующихся при заполнении материалом формы.

Из данного расчета следует, что изделие заполняется равномерно. Таким образом разработана конструкция элемента модульного покрытия. Для заданной конструкции проведено моделирование процесса формообразования.

Полученные данные могут быть использованы для оптимизации параметров процесса изготовления изделия.

Список литературы

1. Котлер Д. Покрытие пола спортивного сооружения: патент на изобретение 2015274 С1, 05.02.1990. Заявка № 4743164/33 от 05.02.1990.
2. Определение оптимального места впрыска расплава в изделие с помощью компьютерного моделирования в среде Moldflow Plastic Insight [Электронный ресурс]. – 2012. – URL: <https://scienceforum.ru/2013/article/2013007589> (дата обращения: 05.12.2022).
3. Карпович О.И. Формообразование изделий из композиционных материалов. Лабораторный практикум: учеб.-метод. пособие для студентов специальности 1-36 01 08 «Конструирование и производство изделий из композиционных материалов» / БГТУ. – Минск, 2014. – С. 14–21.

Об авторах

Медведская Мария Дмитриевна – магистрант специальности «Производство и переработка полимеров и композитов» кафедры «Механика и конструирование», Белорусский государственный технологический университет, e-mail: medvedskaya00@bk.ru

Карпович Олег Иосифович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Механика и конструирование», Белорусский государственный технологический университет, e-mail: oll-123@rambler.ru

Левко Кристина Дмитриевна – студентка специальности «Конструирование и производство изделий из композиционных материалов» кафедры «Механика и конструирование», Белорусский государственный технологический университет, e-mail: fuzkyuy@gmail.com