

УДК 621.01:691-419.8

## Применение различных программных комплексов для прогнозирования механических свойств композиционного материала

А.Е. Розен, М.С. Гуськов, Д.В. Козлов

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», г. Пенза, Россия

### Аннотация

В работе указан один из перспективных путей повышения физико-механических свойств материалов. Указаны примеры прогнозирования поведения материалов при растягивающих и изгибающих нагрузках. На примерах показано применение различных программных комплексов для достижения поставленной исследовательской цели.

Ключевые слова: композиционные материал, интерметаллиды, компьютерное моделирование, метод конечных элементов

### Введение

В современном машиностроении регулярно повышаются требования к физико-механическим параметрам материалов. Упрочнение легированием как метод повышения физико-механических свойств давно исчерпал себя. Одним из путей решения данной проблемы является создание композиционных материалов, отвечающих большинству современных требований. Одним из перспективных направлений современного материаловедения является создания композиционных материалов системы «металл-интерметаллид». Активно исследуются материалы на основе интерметаллидов между титаном и алюминием, железом и алюминием, никелем и алюминием, ниобием и алюминием [1]. Композиционные материалы системы титан-алюминий имеют высокую удельную прочность, хорошие антикоррозионные свойства и высокую жаропрочность. Еще одним преимуществом материалов на основе данной системы является низкий вес, что приводит к небольшим удельным центробежным напряжениям, что обуславливает перспективы применения данных материалов в авиационном двигателестроении [2]. При этом важным вопросом является прогнозирование различных характеристик, что позволяет выбрать наиболее оптимальную конфигурацию композита. Наиболее распространенным методом для прогнозирования является метод компьютерного моделирования, при этом могут использоваться различные методы и программные комплексы.

Прогнозирование механических свойств композиционного материала в программных комплексах *SolidWorks* и *ANSYS*

В исследуемом композиционном материале системы титан-алюминий реализована схема армирования, при которой промежуточную алюминиевую пластину перфорируют сквозными каналами. В армированном композиционном материале использовались сплавы титана ВТ1-0 и алюминия АМг5М. Данная композиция соединяется методом сварки взрывом на оптимальных режимах, не способствующих образованию интерметаллидов на стадии соединения слоев. Схема слоев композиционного материала приведена на рис. 1 и 2. Каналы в композиционном материале распределены равномерно, при этом они выполняются коническими с противоположно-направленной конусностью в соседних каналах, а каналы с одноименной конусностью располагают в плоскости листа в шахматном порядке. Дальнейшими операциями являются прокатка композиционного материала и термическая обработка с целью синтеза интерметаллических соединений на границе соединений титана и алюминия.

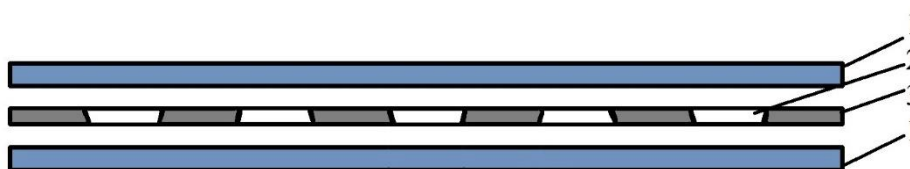


Рисунок 1 – Схема слоев исследуемого композиционного материала до сварки взрывом: 1 – ВТ1-0, 2 – перфорации, 3 – АМг5М

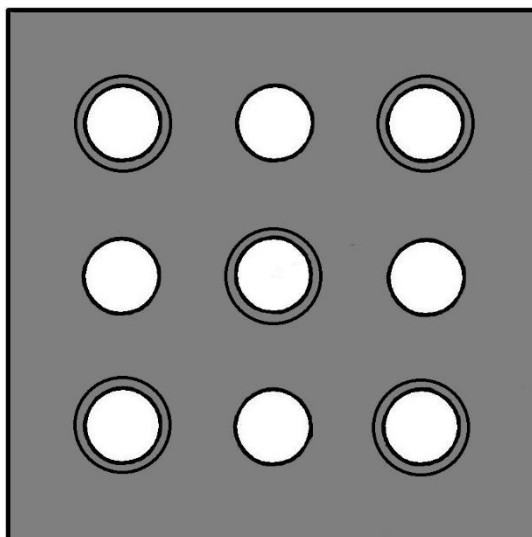


Рисунок 2 – Схема перфораций алюминиевой пластины

На сегодняшний момент существует широкий выбор САД/САМ систем с интегрированным пакетом прикладных программ, которые позволяют решать задачи статического и динамического, линейного и нелинейного характера, простых и сложных геометрических форм. Также решаются задачи с прочностным расчетом, как монометаллов, так и композиционных материалов

при различных способах нагружения и граничных условиях. Основными программами подобно рода являются *SolidWorks*, *ANSYS*, *MSCNastran*, *CATIAV5* и др. В каждой из этих программ содержатся модули необходимые для проектировочных и конструкторских расчетов.

В работе [3] проводилась оценка прочности композита в программном комплексе *SolidWorks*. На основании полученных результатов компьютерного моделирования было установлено максимальное значение предела прочности слоистого композиционного материала. Величина предела прочности данного материала составила 695,2 МПа, что превышает значения предела прочности монометалла ВТ1-0 аналогичной толщины на 51 %. На рис. 3 представлена эпюра распределения напряжений.

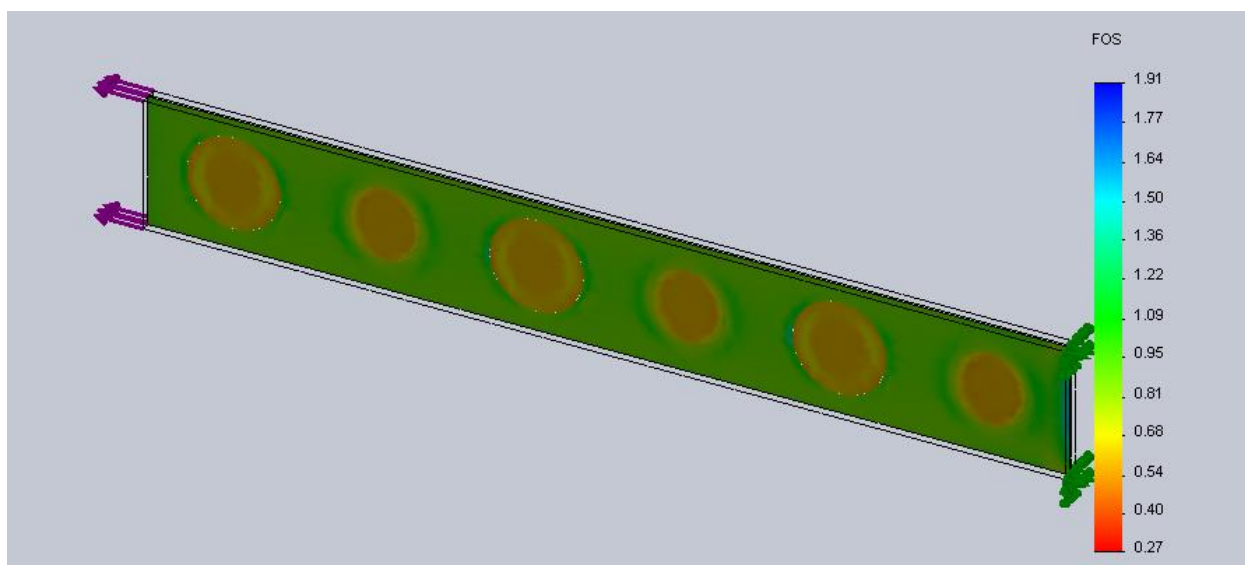


Рисунок 3 – Эпюра распределения запаса прочности по площади сечения для композиционного материала

Для оценки возможности повышения пластичности композиционного материала при воздействии на него изгибающих нагрузок проведено компьютерное моделирование в программном комплексе *ANSYS*. Варьируемым параметром при моделировании было расстояние между интерметаллическими прослойками. Схемы расчета соответствуют схемам испытания на изгиб по ГОСТ 14019-2003, но с некоторыми допущениями. Критерием прочности для титана и алюминия была выбрана гипотеза Губера-Мизеса-Генки, а для интерметаллидов гипотеза Мора-Кулона. На основании серии из 4 расчетов был составлен график, показанный на рис. 4, показывающий зависимость максимального угла прогиба от расстояния между интерметаллическими прослойками.

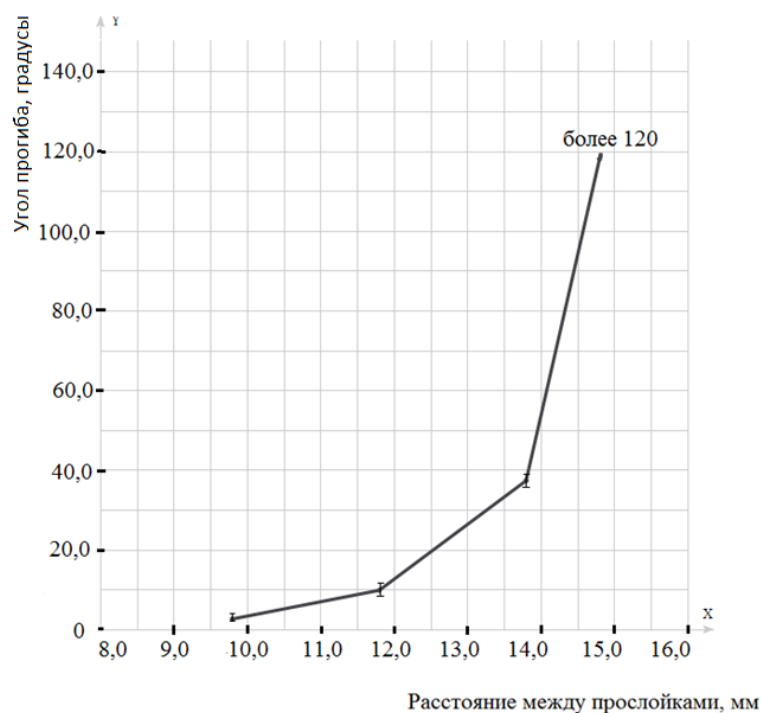


Рисунок 4 – Зависимость угла прогиба от расстояния между интерметаллическими прослойками

### Заключение

Таким образом показано одно из перспективных направлений развития современных конструкционных материалов. Рассмотрены примеры прогнозирования физико-механических свойств композиционного материала системы «металл-интерметаллид». Рассмотренные примеры показывают варианты прогнозирования прочностных характеристик при растягивающих нагрузках, и прочностных характеристик при изгибающих нагрузках.

### Библиографический список

1. Тюшляева, Д. С. Изучение влияния термообработки на металлические слоистые материалы, полученные сваркой взрывом [Текст] / Д. С. Тюшляева // Инновации в материаловедении и металлургии: материалы III междунар. интерактив. науч.-практ. конф., - Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2013. - С. 128-130.
2. Коржов, В.П. Структура и высокотемпературная прочность при изгибе многослойного композиционного материала из интерметаллидов титана с алюминием [Текст] / В.П. Коржов, М.И. Карпов // Вестн. Тамб. ун-та. Сер. Естественные и технические науки, 2013. - Вып. 4 (2). - С. 1673-1675.
3. Гуськов М. С. Создание высокопрочного композиционного материала титан-алюминий с перфорированным интерметаллическим слоем и оксидо-керамическим покрытием [Текст]: дис ... канд. Тех. наук: 05.16.09: защищена 15.10.15: утв. 23.06.16 / Гуськов Максим Сергеевич; - Пенза, 2015.- 151 с.