XXIX Неделя науки СПбГТУ. Материалы межвузовской научной конференции. Ч.IV: С.66-67, 2001.
© Санкт-Петербургский государственный технический университет, 2001.

УДК 539.3

Д.В. Шевченко (6 курс, каф. МПУ), М.А. Демин (асп.),
А.И. Боровков, к.т.н., проф.

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГОРЯЧЕЙ ЭКСТРУЗИИ ТИТАНОВЫХ БРИКЕТОВ

Одним из современных и перспективных методов порошковой металлургии титана является горячее прессование (экструзия), позволяющее получать изделия с механическими свойствами и плотностью, близкими к свойствам титана.

В настоящей работе разработана математическая модель, предназначенная для выполнения вычислительных экспериментов математического моделирования процесса горячей экструзии на основе соотношений термомеханики контактного взаимодействия с учетом физических (упруго-пластичность) и геометрических (большие деформации) нелинейностей, на основе метода конечных элементов и программной системы конечно-элементного анализа ANSYS. Представлены результаты многовариантных конечно-элементных исследований начальной стадии процесса горячей экструзии.

1. Постановка задачи. 1.1. Геометрия. Общий вид конструкции представлен на рис.1, А1 – стальная капсула, А2 – титановый брикет, А3 – корпус пресса. Вследствие осевой симметрии конструкции (вложенные друг в друга тела вращения) и внешних воздействий рассматривается осесимметричная постановка задачи.

В расчетных моделях исследовались различные конструкционные варианты, отличающиеся геометрическими характеристиками титановой заготовки, капсулы и корпуса пресса.

1.2. Материалы. В исследованиях принималось следующее математическое описание материалов: титан – описывается идеально-пластическим материалом (рис.1 – А2), сталь – описывается упруго-пластическим материалом с упрочнением (рис.1 – А1, А3); учитывались зависимости термомеханических свойств от температуры.

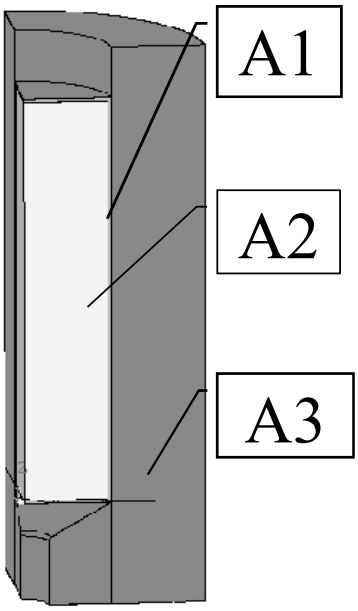


Рис.1

1.3. Граничные условия и условия контактного взаимодействия. В рассматриваемых задачах были использованы следующие граничные условия: на нижней стороне пресса были поставлены условия жесткого закрепления, на боковой поверхности пресса были запрещены радиальные перемещения. На верхней стороне капсулы задавались два типа граничных условий: вертикальные перемещения или нормальное давление.

Между титаном и капсулой, боковой и нижней поверхностью капсулы и внутренней поверхностью пресса, соответственно, предполагалась возможность контактного взаимодействия. Выполнены исследования влияния коэффициента трения, который варьировался в пределах $0 \leq \mu \leq 0.5$.

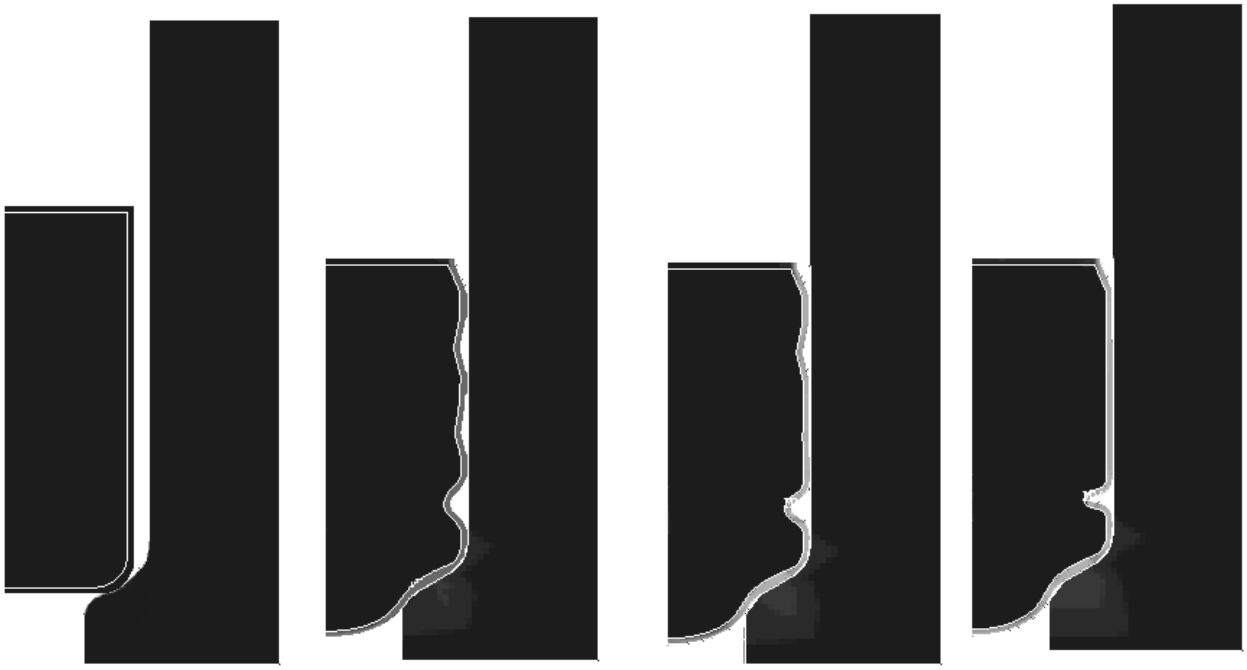
1.4. Теория. Основой для выполнения вычислительных экспериментов являлись соотношения термомеханики контактного взаимодействия с учетом физической и геометрической нелинейностей – теория пластического течения с билинейным кинематическим

упрочнением и с учетом больших деформаций на основе меры деформации Генки; контактные взаимодействия описывались на основе закона Кулона.

2. Результаты конечно-элементного моделирования. На основе разработанных математических моделей и выполненных на их основе КЭ исследований получены результаты:

- исследованы особенности технологических задач механики деформируемого твердого тела, связанные с неизвестными областями контакта между исследуемой деформируемой средой и корпусом;
- исследованы утяжка материала в области оси симметрии и образование пресс-утяжины, наблюдаемой в реальных процессах;
- исследовано влияние варьируемых геометрических параметров корпуса пресса и брикета с целью определения оптимальных режимов горячей экструзии;
- исследованы зоны «застоя», проскальзывания, прилипания-отлипания и образование гофров (рис. 2), которые характерны для технологических контактных задач со многими контактными площадками.

На рис. 2 представлены результаты моделирования процесса гофрировки при $0 \le t \le T$: на рис. 2.1 (t=0) – представлено начальное положение заготовки; на рис. 2.2 (t=0.35T) – представлено образование трех гофров; на рис. 2.3 (t=0.55T), 2.4 (t=T) приведен процесс дальнейшей эволюции гофров; отметим, что два верхних гофра исчезают втечение времени, а нижний увеличивается и все более проникает внутрь титанового брикета (рис. 2.4.), что является недопустимым технологическим эффектом.



t=0 t=0.35T t=0.55T t=T

Рис. 2

В дальнейшем предполагается исследование других важных характеристик процесса горячей экструзии с целью оптимизации технологического процесса.