

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СОВМЕЩЕННОЙ  
ПРОКАТКИ-ПРЕССОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ  
СИСТЕМЫ ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА DEFORM 3D**

**Соколов Р. Е., Ворошилов Д. С., Гладков Е. В.**

**Научные руководители – д.т.н., проф. Сидельников С. Б.,**

**к.т.н., доц. Довженко И. Н.**

*Сибирский федеральный университет*

Использование совмещенных методов обработки, таких как совмещенная прокатка-прессование (СПП) и совмещенное литье, прокатка и прессование (СЛИПП) связано с решением обширного круга расчетных задач. Применение систем моделирования позволяет получить массив данных для анализа энергосиловых параметров и реализуемости этих процессов. Одной из таких является система инженерного анализа Deform 3d, которая является эффективным средством для математического моделирования операций обработки металлов давлением. При наличии соответствующего вычислительного комплекса и подготовленной базы данных по механическим и физическим свойствам деформированных материалов и материала инструмента, а также физических свойств смазочных материалов, данный программный продукт может служить основой для оперативного проектирования и разработки технологических процессов формоизменения совмещенных процессов [1]. С этой целью в работе было проведено моделирование асимметричного процесса СПП при помощи программного комплекса Deform 3d.

Моделирование процесса СПП проводилось с использованием системы Deform 3d v6.1. При этом в качестве исходного материала заготовки, был выбран сплав АК5. Схема процесса и инструмент для моделирования представлен на рисунке 1.

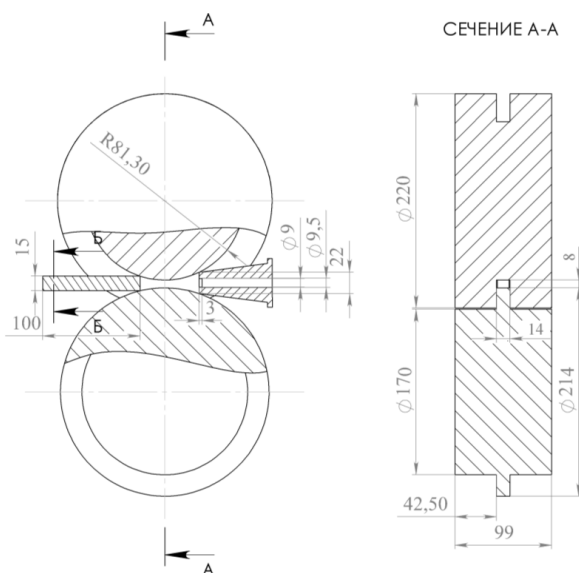


Рис. 1. Схема процесса и инструмент для моделирования

Среди особенностей моделируемого процесса следует отметить асимметричность очага деформации, что существенно усложняет решение аналитических задач расчета формоизменения металла и энергосиловых параметров.

Исходные условия и допущения, принятые при моделировании процесса СПП: начальная температура заготовки составляет 480°C; начальная температура валков

100°C; температура матрицы постоянна и равна 100°C; для проведения расчетов заготовку разбили на 72745 конечных элементов, а скорость вращения валков была постоянна и равна 0,3 рад/сек.

Изменения координатной сетки при моделировании процесса СПП в системе Deform 3d представлено на рисунке 2. Анализ изменения координатной сетки показывает, что особенности формоизменения металла в процессе совмещенной прокатки-прессования подтверждаются и при моделировании.

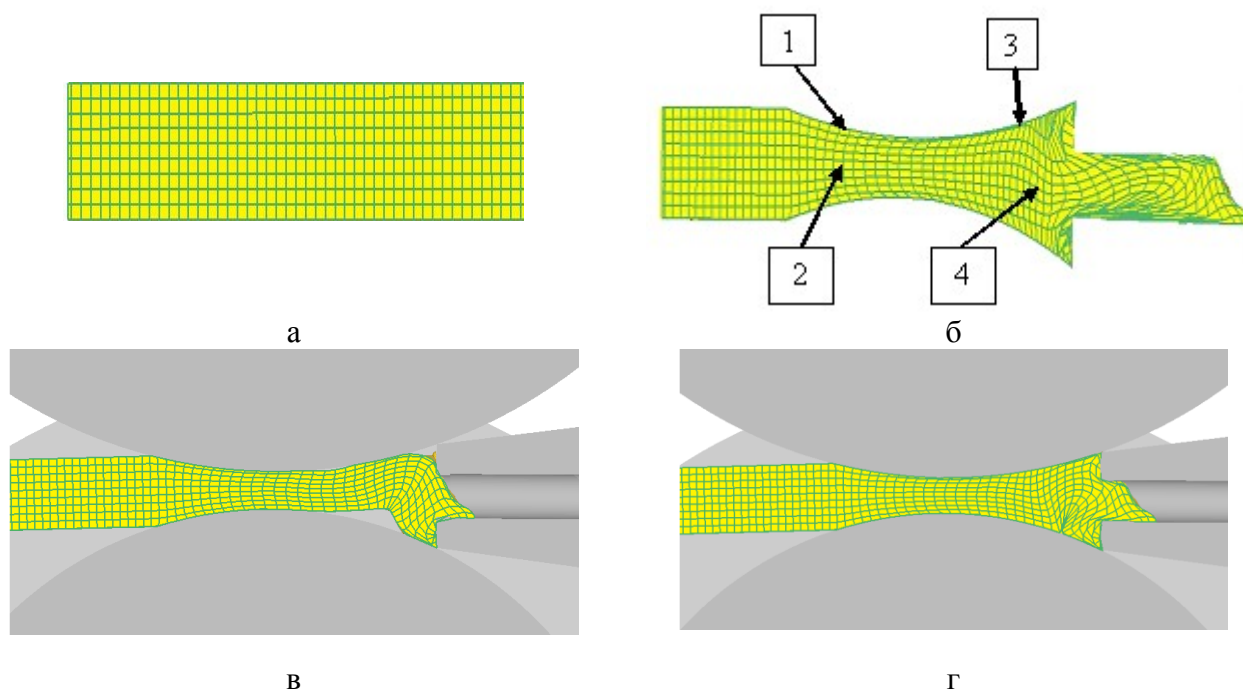


Рис. 2. Изменение координатной сетки на различных стадиях процесса:  
 а – исходная сетка на недеформированной заготовке; б – установившийся процесс;  
 в – начало распрессовки; г – распрессовка

Кинематика течения металла при СПП для сплава АК5 (рисунок 3), полученная в результате моделирования, подтверждает данные ранее проведенных экспериментальных исследований [1].

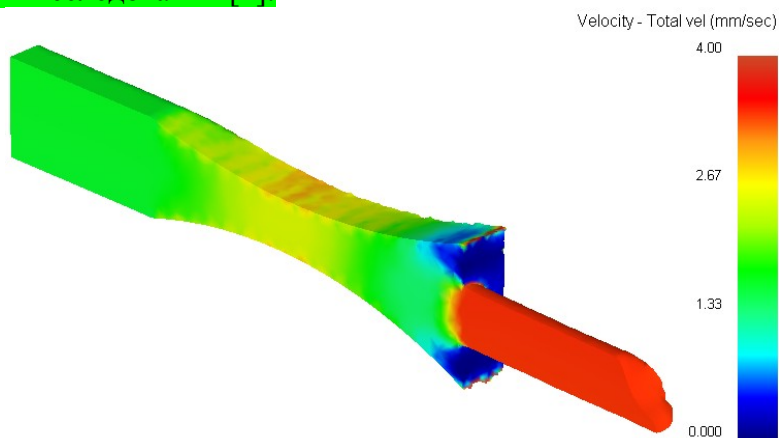


Рис. 3. Изменение скорости течения металла  
 Следует отметить, что в зоне прокатки узлы координатной сетки, располагающиеся на контактной поверхности с валками (рисунок 2 б, поз. 1), опережают цен-

тральные слои металла (рисунок 2 б, поз. 2), что характерно именно для случая прокатки. После прохождения вертикальной оси, соединяющей центры валков, скорости узлов сетки на периферии (рисунок 2 б, поз. 3) и в центре заготовки (рисунок 2 б, поз. 4) постепенно выравниваются и в конце зоны распрессовки становятся одинаковыми. Далее картина течения металла соответствует традиционному процессу прессования, т. е. узлы сетки центральных слоев металла вследствие сравнительно большой степени деформации при прессовании начинают значительно опережать приконтактные слои металла. Величина мертвых зон при этом незначительна. Результаты моделирования температурных условий СПП для сплава АК5 представлены на рисунке 4.

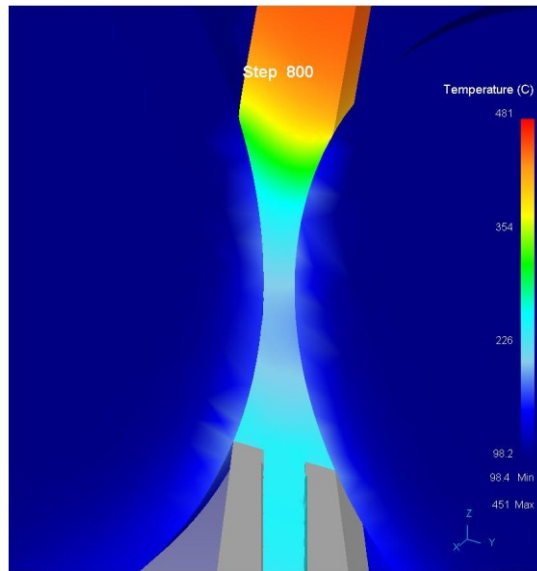


Рис. 4. Распределение температур по очагу деформации на стадии установившегося процесса СПП для сплава АК 5

В результате моделирования температурных условий асимметричного процесса СПП установлено, что на начальной стадии процесса заготовка охлаждается за счет контакта с валками, затем происходит ее разогрев за счет выделения деформационного тепла в зонах прокатки и прессования. Также установлено, что область наименьшей температуры заготовки ( $220\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) находится в районе плоскости наименьшего сечения калибра. Это связано с тем, что на начальной стадии процесса при контакте с валками заготовка интенсивно охлаждается за счет теплообмена с менее нагретыми валками. Далее температура деформируемого металла снова увеличивается за счет мощного выделения тепла при выдавливании прутка через канал матрицы.