

УДК 539.37

А. А. Ершов

ООО «ПЛИМ Урал», г.Екатеринбург

aaa@delcam-ural.ru

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ РАСЧЕТНЫХ МОДУЛЕЙ В ОБЛАСТИ ЛИТЬЯ И ДЕФОРМАЦИИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

АННОТАЦИЯ

В статье приводится пример сквозного моделирования процессов литья стального слитка в изложницы и кузнечной протяжки полученной заготовки с применением программных продуктов ProCAST (ESI Group, Франция) и QForm (QuantorForm, Россия). Рассматривается постановка и решение задач с передачей данных теплового поля и усадочных дефектов в заготовке, их влияния на процесс ОМД.

Ключевые слова: моделирование, литье, тепловое поле, усадочные дефекты

ABSTRACT

Example of end-to-end simulation of steel ingot casting and subsequent solid forging of the blank with ProCAST (ESI Group, France) and QForm (QuantorForm, Russia) software is presented. Task definition and solving are considered with transfer of temperature field and solidification shrinkage data taking into account their influence on metal forming process.

Keywords: modeling, molding, heat field, shrinkable defects

Все большее развитие во всем мире и в России получают специализированные CAE программы для численного моделирования технологических операций изготовления изделий (литье, сварка, термообработка, штамповка и пр.). Применительно к обработке металлов давлением примеры таких расчетов приведены в публикациях [1–3].

Результатом сотрудничества компаний ESI Group (Франция) и QuantorForm (Россия) стала разработка и внедрение инструментов интеграции продуктов ProCAST и QForm, что позволяет проводить сквозное моделирование процессов литья заготовок и их последующей обработки давлением, учитывая наследственность литейных дефектов (усадочная пористость, остаточные напряжения) в конечном изделии.

В качестве примера моделирования литья заготовки в ProCAST был использован слиток массой более 300 кг (учитывая прибыльную часть). Слиток изготавливается из углеродистой стали 20Л, заливка стали проходит в заранее разогретую чугунную изложницу сифонным подводом. Теплофизические характеристики материала 20Л были рассчитаны в термодинамической базе ProCAST [4].

На рис. 1, *а* изображены результаты моделирования при заливке формы с распределением температуры слитка. В последний момент центральная часть слитка затвердевает объемно за короткий промежуток, в результате чего в этой зоне затруднена подпитка металла из прибыли и образуется распределенная усадочная рыхлота (рис. 1, *б*) величиной 1,3–1,7 %.

Далее произведен импорт данных, полученных после моделирования процесса литья, в виде сетки конечных элементов, а также полей распределения пористости и температуры в программу QForm. Затем приступают к постановке задачи кузнечной протяжки с целью получения поковки квадратного поперечного сечения со стороной 180 мм. Поле пористости в заготовке показано на рис. 2.

В параметрах заготовки был указан материал – сталь 20. Из кривых упрочнения (получены из [5]) видно, что материал при всех измеренных скоростях деформации ведет себя как разупрочняющаяся среда: это окажет влияние на конечный вид распределения накопленной степени деформации по объему изделия согласно [6].

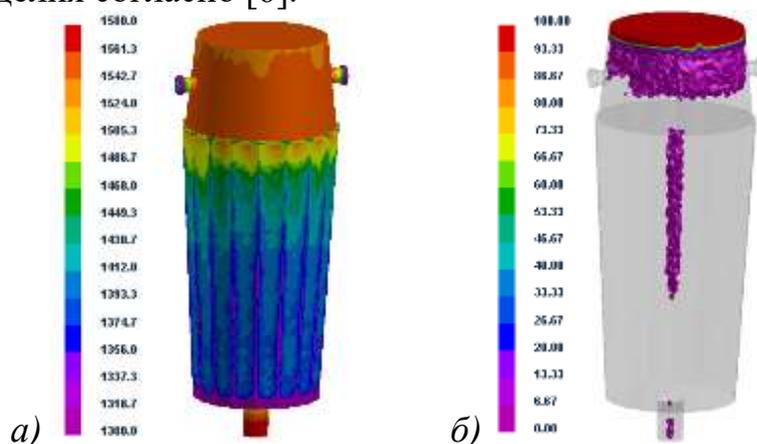


Рис.1. Результаты заполнения формы металлом: *а*) с распределением температуры потока; *б*) с распределением пористости в теле слитка

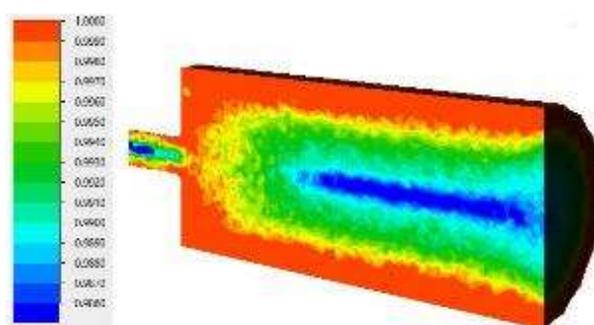


Рис. 2. Вид в разрезе: поле относительной плотности в заготовке под ковку

Операция кузнечной протяжки разделена на пять подопераций с конечным расстоянием между инструментами 260, 240, 220, 200 и 180 мм. В ходе каждой подоперации выполняется требуемое (исходя из увеличивающейся длины поковки) число ударов с кантовкой и вращением заготовки (вращение производилось на угол 90°, среднее перемещение за удар 70 мм).

Конечный вид изделия в разрезе показан на рис.3, б, а распределение пористости на первой подоперации – на рис. 3: видно характерное уменьшение пористости в ходе объемного деформирования изделия. На последнем шаге расчета относительная плотность практически равна 1 (среднее значение пористости по объему составляет 0,9994).

В данной публикации приведен пример междисциплинарного моделирования процессов литья и ОМД, однако в будущем появится возможность более расширенного расчета: на данный момент ведется работа по дальнейшей интеграции комплексов ProCAST и QForm с возможностью передачи остаточных напряжений, накопленных деформаций, среднего размера зерна, ликвации легирующих элементов в заготовке после операций литья и термообработки. Это даст больше возможностей в контроле наследственности дефектов заготовки на конечное качество изделия.



Рис. 3. Изменение относительной плотности (пористости) изделия: а) в конце первой подоперации; б) в конце пятой подоперации

ЛИТЕРАТУРА

1. Логинов Ю. Н., Ершов А. А. Моделирование в программном комплексе QFORM образования пресс-утяжины при прессовании. Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2013. № 7. С. 42–46.
2. Ершов А. А., Логинов Ю. Н. Изучение с помощью программы RAM-STAMP влияния состояния поставки материала на формуемость при штамповке. Metallurg. 2014. № 3. С. 38–41.
3. Логинов Ю. Н., Ершов А. А. Аналитическое исследование с использованием МКЭ прессования α-титановых сплавов и прогнозом ориентации текстуры. Технология легких сплавов. 2012. № 3. С. 79–87.
4. Абдуллин А. Д. Новые возможности программного комплекса для моделирования литейных процессов ProCAST 2011. Metallurg. 2012. № 5. С. 22–25.
5. Полухин П. И., Гун Г. Я., Галкин А. М. Сопротивление пластической деформации металлов и сплавов. М.: Metallurgiya. 1976. 488 с.
6. Логинов Ю. Н., Ершов А. А. Влияние вида кривой упрочнения на локализацию деформации при осадке титановых заготовок. Титан. 2012. №1. С. 22–28.