

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА КОВКИ КРУПНЫХ ВАЛОВ НА БАЗЕ **DEFORM-3D**

Марков О.Е., к.т.н., доцент

Кафедра «Обработка металлов давлением» Донбасская государственная машиностроительная академия (ДГМА), Краматорск, Украина

При проектировании технологических процессов обработки металлов давлением (ОМД) необходимо разрабатывать новые ресурсосберегающие технологические процессы, которые обеспечивают высокое качество продукции, для конкурентоспособности на рынках поковок. Особенно это касается тяжелого машиностроения, так как это направление является энерго- и ресурсоемким, при этом качество продукции этой отрасли остается низким, в частности крупные детали, которые изготавливаются из слитков ковкой на гидравлических прессах. Каждую поковку весом более 30 тонн можно считать уникальной и разработка технологического процесса ковки крупных поковок является одним из ответственных этапов, так как брак или низкие механические свойства поковок ответственного назначения не допускаются. Проведение экспериментальных исследований на крупных слитках экономически нерентабельно, поэтому теоретическое исследование этих процессов является оптимальным способом получения информации о тепловом и деформированном состоянии заготовки в процессе ковки. Использование программных продуктов на основе МКЭ позволяет исключить расходы, связанные с выполнением промышленных экспериментов.

На сегодняшний день известно большое разнообразие конечно - элементных (КЭ) программных продуктов для моделирования процессов ОМД, но не все они могут быть применимы для моделирования процессов ковки крупных слитков. Особенность этих технологических процессов – частые обжатия, кантовки, подачи с многократными сменами инструмента и подогревами. Наиболее мощным КЭ программным продуктом, который позволяет решать эти задачи и дает высокую сходимость с реальными процессами ковки крупных поковок по формоизменению, напряженно-деформированному и тепловому состоянию, является DEFORM-3D (временная лицензия для кафедры ОМД ДГМА).

Около 80 – 90% технологических процессов ковки крупных слитков предполагают применение операции осадки [1]. Она может применяться, как формообразующая для получения заданных размеров поковок и проработки структуры (обеспечение заданного укова). Операция осадка обладает рядом недостатков, которые ставят под сомнение, в некоторых случаях, ее применение: ее энергоемкость, дополнительный подогрев и смена кузнечного инструмента. При этом она приводит к неравномерному распределению деформаций в объеме заготовки и создаёт неблагоприятное напряженно-деформированное состояние в осевой дефектной зоне слитка. Все это повышает себестоимость поковок и не способствует повышению их качества.

Цель работы – тестирование программы DEFORM-3D на предмет возможности моделирования процессов ковки крупных поковок из слитков и совершенствование этих технологических процессов. Объект исследования – технологический процесс ковки рабочего прокатного вала. Предмет исследования – влияние операции биллетировки и осадки на накопление деформаций в теле поковки.

Температурный интервал ковки для расчёта 1200-800°C, масса поковки 20950 кг. Эскиз поковки представлен на рис. 1. Моделировались и сравнивались два технологических процесса ковки. По базовой технологии принимался обычный кузнечный слиток массой 32000 кг, с соотношением H/D=2,4, конусность на две стороны составляет 5%, коэффициент выхода годного 65,5%.

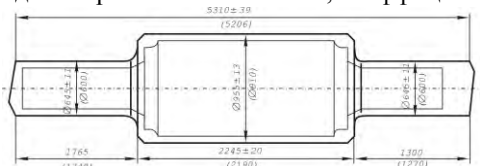


Рис. 1 – Чертеж поковки

Технологический процесс состоит из следующих основных операций: за первый нагрев производится биллетировка на диаметр 1170 мм при длине ≈2900 мм (рис. 2 а), осадка на 50% (рис. 2 б) до диаметра 1650 мм (уков 2), протяжка плоскими бойками на квадратное сечение 1200×1200 длина ≈2400 мм (рис. 2 в); за второй нагрев протяжка на круг диаметром 1010 мм через квадрат и восьмиугольник со сменой бойков на комбинированные длина ≈3700 мм (рис. 2 г), после чего подсекались и оттягивались донная и прибыльная шейки вала (рис. 2 д).

Проводились сравнения результатов моделирования процесса ковки слитков с реальной производственной технологией ковки рабочего прокатного вала из слитка массой 32 тонны. Полученные результаты по формоизменению и тепловому состоянию заготовки в процессе ковки соответствует реальным производственным данным. Размеры заготовки по переходам ковки совпадают с реальными данными карт фиксации с точностью 3-5%. Образование конусной бочки при осадке (рис. 2 б) полностью повторяет геометрию слитка массой 32 т после осадки. Полученные в результате конечно-элементного моделирования утяжины на переходе с бочки вала на шейки были отмечены на реальной поковке. Температура реальных поковок после ковки составляла ≈830°C, средняя по результатам численного моделирования ≈810°C. Поэтому можно сделать вывод о высокой степени достоверности результатов моделирования программой DEFORM-3D по формоизменению, прогнозированию поверхностных дефектов формы, получению информации о напряженно-деформированном и тепловом состоянии заготовки в процессе ковки. Возможности данного конечно-элементного программного продукта позволяют исследовать и совершенствовать сложные технологические процессы ковки слитков без проведения дорогостоящих экспериментов.

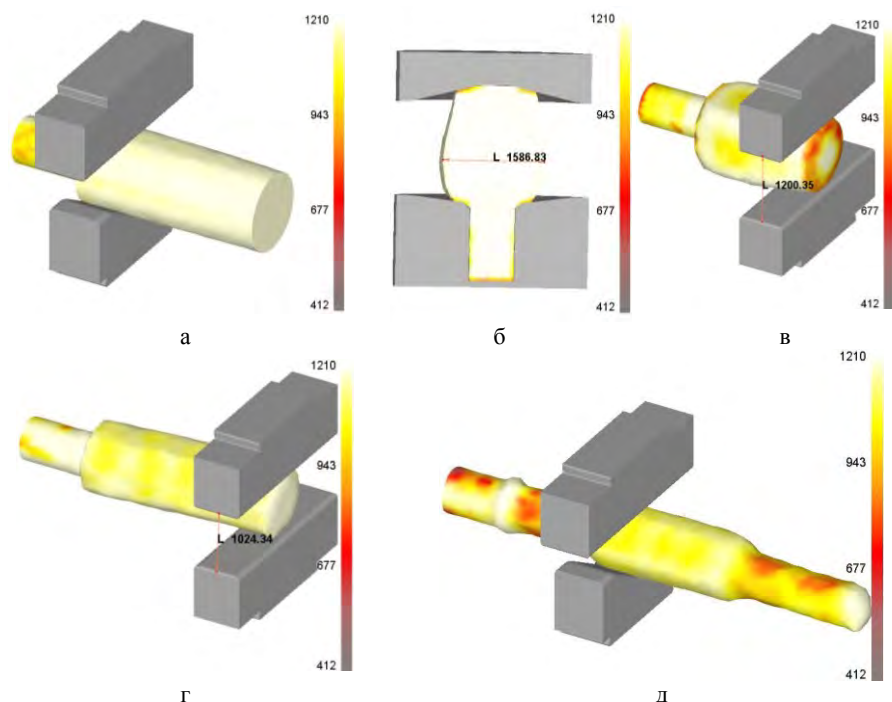


Рис. 2 – Технологические переходы ковки прокатного валка по базовой технологии

Новый исследуемый технологический процесс предполагает применение укороченного слитка массой 25000 кг с соотношением  $H/D=0,7$  конусностью на две стороны 20%, при этом коэффициент выхода годного 83% (рис. 3 а). Новый технологический процесс состоит из следующих операций: нагрев слитка, протяжка плоскими бойками на квадратное сечение  $1010 \times 1010$  (рис. 3 б), через восьмигранник переходим на круг диаметром 1010 мм (рис. 3 в) после чего засекали и протягивали донную и прибыльную шейки поковки (рис. 3 г).

Предлагаемый технологический процесс исключает применение таких операций, как: оттяжка цапфы и биллетировка, осадка слитка и связанный с этими операциями подогрев. Всё это снижает трудоёмкость и энергоёмкость процесса в среднем на 25-35%, повышается производительность процессов ковки.

Полученные результаты показывают, что реализация нового технологического процесса ковки укороченного слитка без осадки возможна за один нагрев. Средняя температура поковки по окончании ковки не снижается ниже минимальной границы температурного интервала ковки (рис. 3 г).

Исключение операции осадки и замена её протяжкой с применением укороченного слитка может привести к снижению качества поковок, за счет уменьшения укова и как результат - снижения проработки литой структуры слитка от меньшей степени деформации металла. Поэтому необходимо провести сравнение двух технологических процессов ковки по базовой и новой технологии на предмет получения заданной проработки структуры (качества поковки). Проработку структуры металла можно оценить на основании данных о величине накопленной степени деформации в теле поковки на момент окончания ковки (рис. 4).

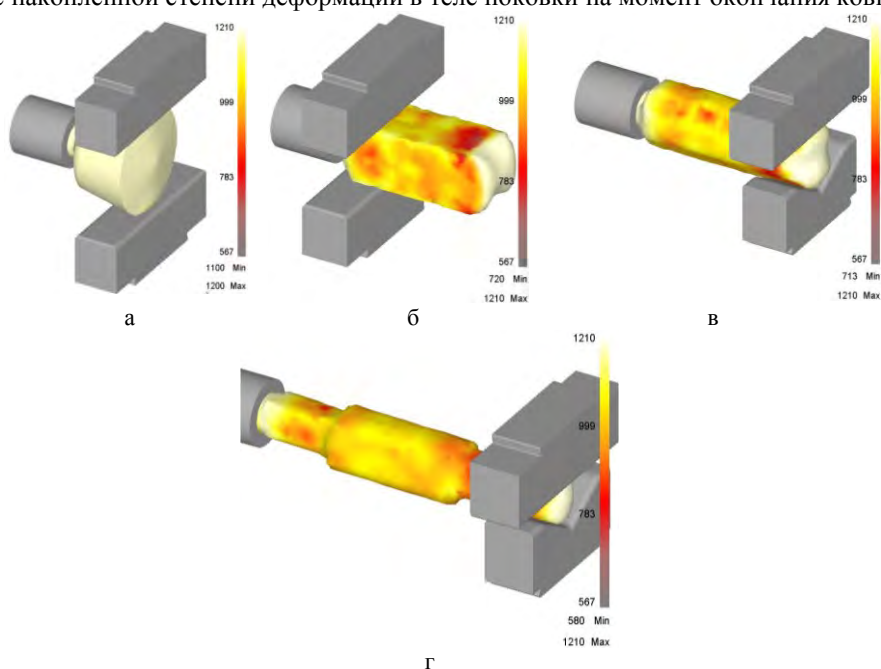


Рис. 3 – Технологические переходы ковки по новой технологии

Для нового технологического процесса величина степени деформации в менее прокованной части поковки (бочке) составляет  $\approx 2,7$  единиц (рис. 4 б), что соответствует уровню накопленной деформации базовой технологии (рис. 4 а). Шейки поковки для сравниваемых вариантов получают большую степень проработки в обоих случаях, чем бочка, с величиной деформации примерно 4,5 -5,3 единиц. Для нового технологического процесса характерна большая равномерность распределения деформаций в объёме поковки, чем для базового, что будет способствовать получению более равномерных механических свойств, в полученной поковке. Это позволяет сделать вывод, что обеспечить накопление высокого уровня степени деформации в теле поковки возможно без применения осадки, если применять укороченные заготовки. Биллетировка и осадка не способствуют значительному повышению накопления деформаций в поковке, поэтому решающее влияние оказывает операция протяжки на величину и равномерность распределения деформаций.

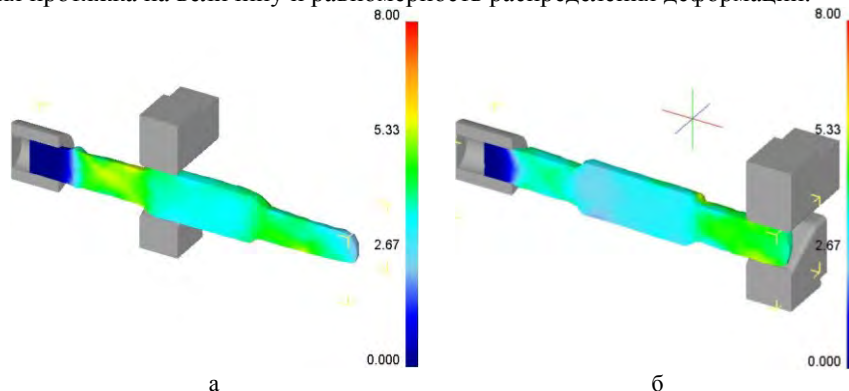


Рис. 4 – Сопоставление величин интенсивности распределения логарифмических деформаций для базового (а) и нового (б) технологического процессаковки

Сравнение полученных результатов численного моделирования с реальными производственными технологиями показало их высокую сходимость с точностью по формоизменению 3-5%. Результаты DEFORM-3D позволили промоделировать тепловое и напряженно-деформированное состояние заготовки в процессековки и усовершенствовать технологический процессковки прокатных валков. Моделирование позволило уточнить нормы времени на ковку и уменьшить количество нагревов с двух до одного, исключить энергоёмкую операцию осадку. Таким образом, на данный момент DEFORM-3D является эффективным программным продуктом для моделирования процессовковки крупных поковок из слитков и может быть рекомендованным для исследователей и технологов, работающих в областиковки крупных поковок.

#### ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. Алиев И.С., Марков О.Е., Олешко М.В., Злыгорев В.Н. Применение способа осадки слитков кольцами в процессахковки валов //Обработка материалов давлением: Сб. научн. трудов. – Краматорск: ДГМА, 2010. – № 2(23). – С. 94-98. ISSN 2076-2115.