

# Применение MSC.Marc/AutoForge для анализа совместного процесса асимметричной прокатки и пластического изгиба

*А.М. Песин, В.М.Салганик, Е.Л.Трахтенгерц, Э.М.Дригун  
Магнитогорский государственный технический университет*

## Введение

В настоящее время возросла потребность металлургических предприятий в деталях, представляющих собой крупногабаритные тела вращения. Эти детали предназначены для использования в качестве кожухов различных технологических агрегатов (конвертер, миксер, скруббер, сталеразливочный ковш и т.п.). Традиционно эта продукция производится штамповочных или листоштамповочных агрегатах.

В работе анализируется возможность производства крупногабаритных тел вращения с помощью совместного процесса асимметричной прокатки и пластического изгиба, используя пакет MSC.Marc/AutoForge.

## Постановка задачи и технологические решения

Заготовка прокатывается в валках разного диаметра, вращающихся с одинаковой угловой скоростью, достигает отгибавшего ролика и дополнительно пластически деформируется (рис. 1). В результате совместного процесса асимметричной прокатки и пластического изгиба получается деталь тела вращения с заданным радиусом кривизны.

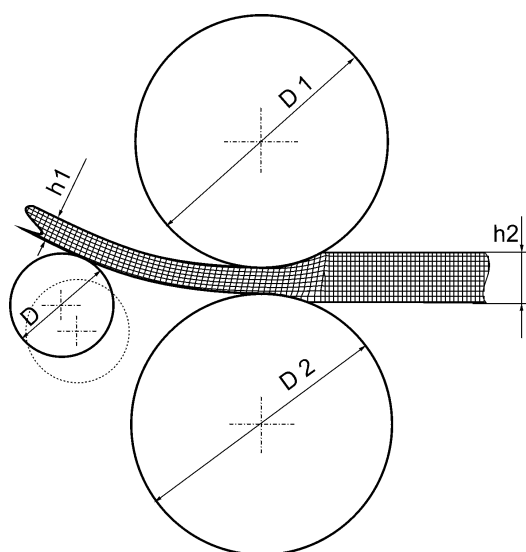


Рис. 1. Технологическая схема прокатки

В качестве входных параметров задавали:

- диаметры рабочих валков 1160...1250 мм;
- ширину листа – 4000 мм;
- толщину листа на входе в очаг деформации 0...108 мм;
- абсолютное обжатие 2...10 мм ;
- скорость вращения рабочих валков – 10 об/мин ;
- температуру заготовки – 850 °С ;
- материал листа 09Г2С .

В результате решения необходимо было получить:

- радиус кривизны проката;
- поле напряжений металла в очаге деформации;
- поле деформаций;
- поле скоростей;
- моменты на рабочих валках .

## Построение модели

Решаемая задача – задача плоского деформирования, среда – упруго пластическая. Рабочие валки, а также отгибавший ролик – абсолютно жесткие. Трение между заготовкой и валками берем по Зибелю, коэффициент трения принимаем равным 0.3. Тепловые эффекты не учитывались. Механические свойства задавались исходя из температуры 850 °С.

В качестве начального приближения лист разбивали на прямоугольные конечные элементы, однако для оптимизации расчета, а также для получения приемлемой точности, на первых шагах расчета сетка перестраивалась (рис.2,3)

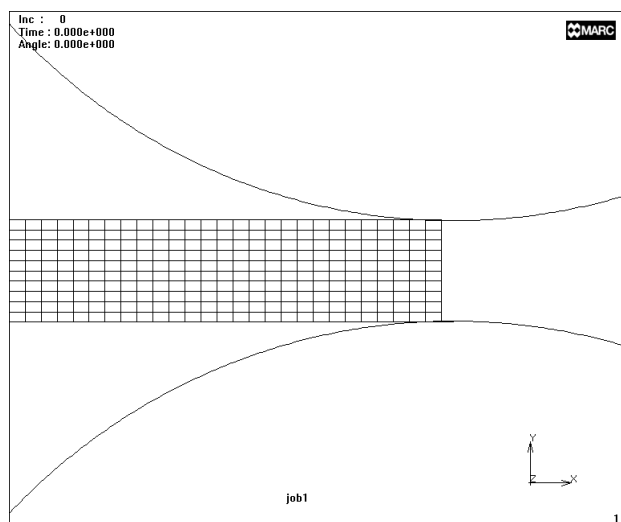


Рис. 2. Начальное разбиение сетки конечных элементов

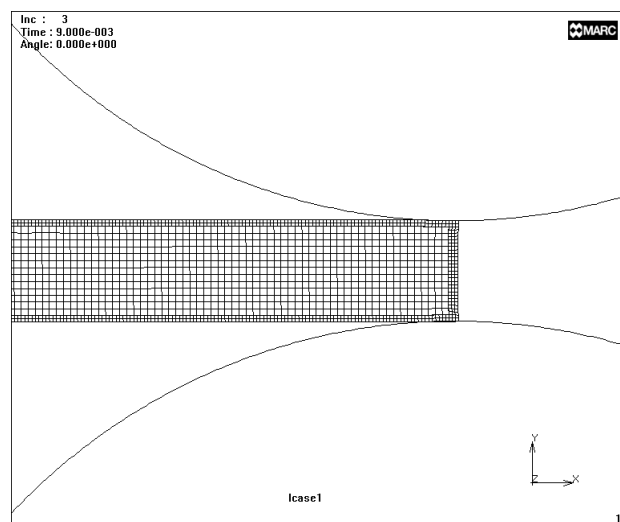


Рис. 3. Оптимизированная сетка конечных элементов

## Результаты анализа

Провели серию расчетов с различными диаметрами рабочих валков и степенями обжатия.

Геометрические параметры процесса.

Установили, что в при прокатки толстого листа в валках разного диаметра возможно придать заготовке форму сегмента тела вращения. Получаемый радиус кривизны заготовки вычислялся через вертикальное и горизонтальное смещение узловых точек конечно-элементной сетки (рис. 4,5). Влияние отношения диаметров валков и обжатия на получаемый радиус кривизны показано на рис. 6.

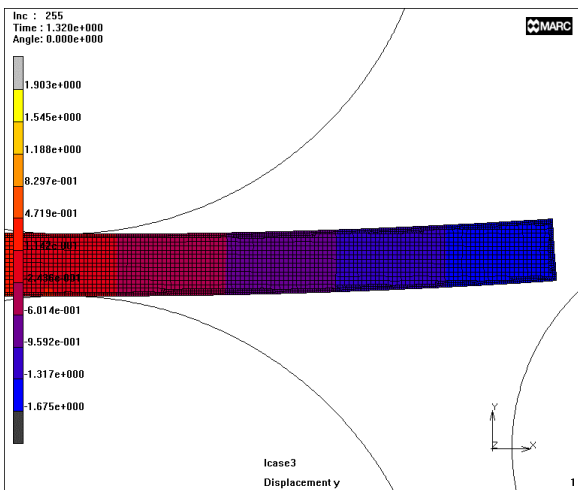


Рис. 4. Смещение в вертикальном направлении

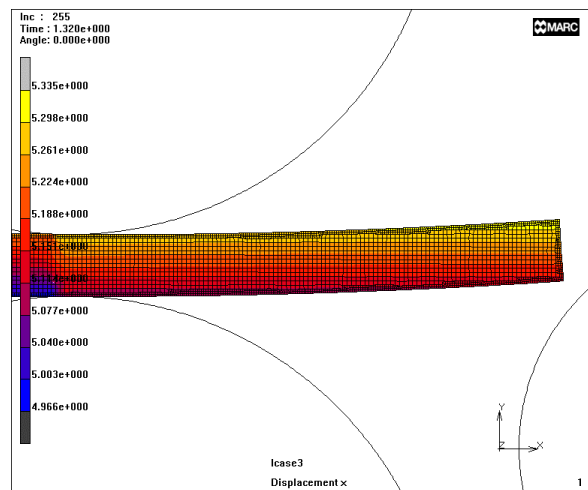


Рис. 5. Смещение в горизонтальном направлении

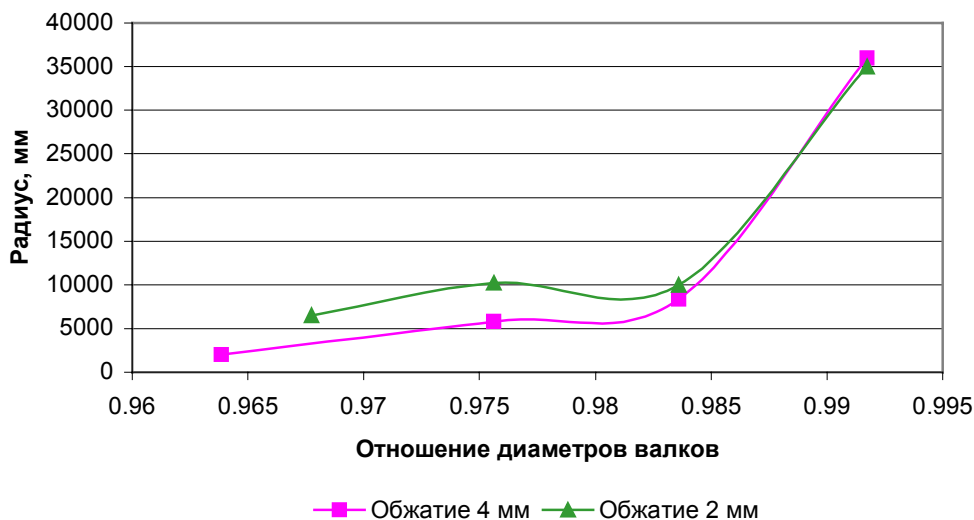


Рис.6. Влияние отношения диаметров валков и обжатия на радиус изгиба

## Моменты прокатки

Изменения моментов прокатки относительно симметричного процесса (прокатка в валках одинакового диаметра без отгибавшего ролика) на рабочих валках по ходу процесса показаны на рис. 7-9.

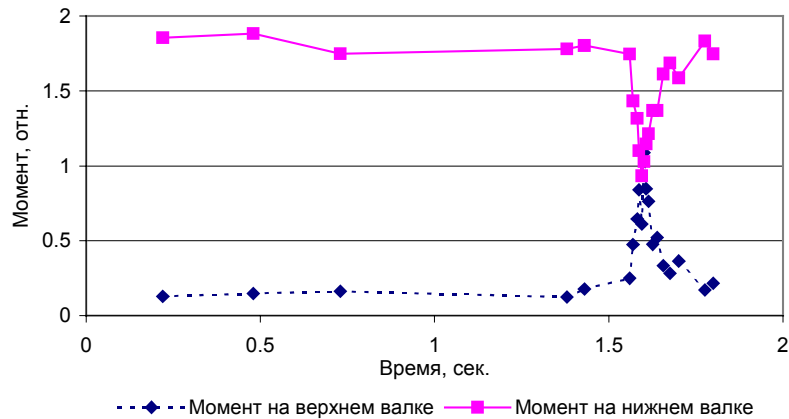


Рис. 7. Момент прокатки на валках с отношением диаметров 0.97

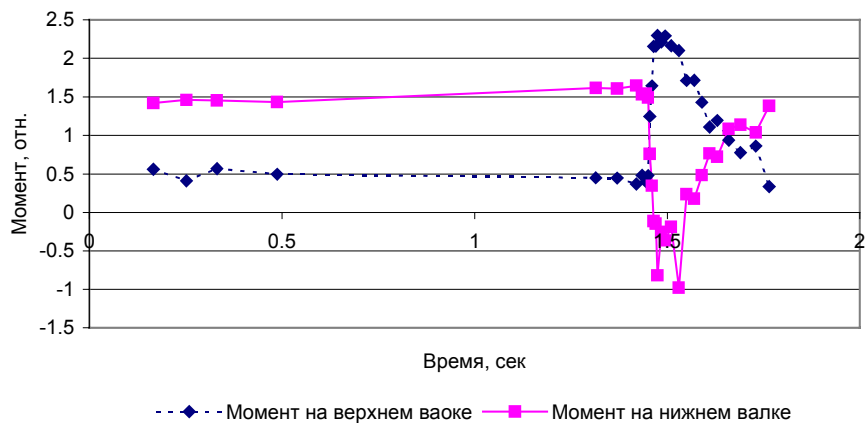


Рис. 8. Момент прокатки на валках с отношением диаметров 0.98

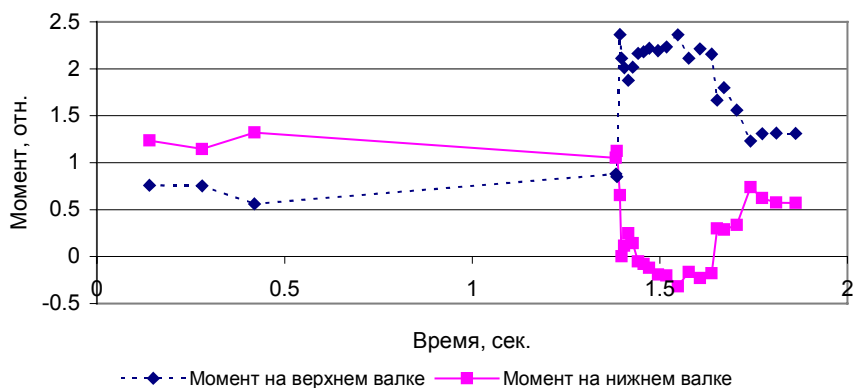


Рис. 9. Момент прокатки на валках с отношением диаметров 0.99

По ходу процесса происходит существенное перераспределение моментов прокатки между верхним и нижним рабочими валками. По характеру их изменения процесс можно разбить на три стадии.

На первой стадии распределение моментов прокатки на рабочих валках зависит от разности радиусов рабочих валков.

В начале второй стадии происходит скачкообразное увеличение момента на верхнем валке и уменьшение – на нижнем. Возникает динамический удар. По абсолютной величине момент на верхнем валке оказывается наибольшим, а на нижнем - наименьшим за все время процесса. Чем меньше разность радиусов валков, тем большим оказывается момент на верхнем валке во второй стадии. Вторая стадия характеризуется небольшим промежутком времени, который совпадает с касанием и наездом заготовки на ролик.

На третьей стадии происходит некоторое снижение момента на верхнем валке и увеличением – на нижнем. Причем изменение моментов зависит от разности радиусов рабочих валков. Чем меньше эта разность, тем меньше изменение моментов на третьей стадии по сравнению со второй.

### Поле напряжений металла в очаге деформации

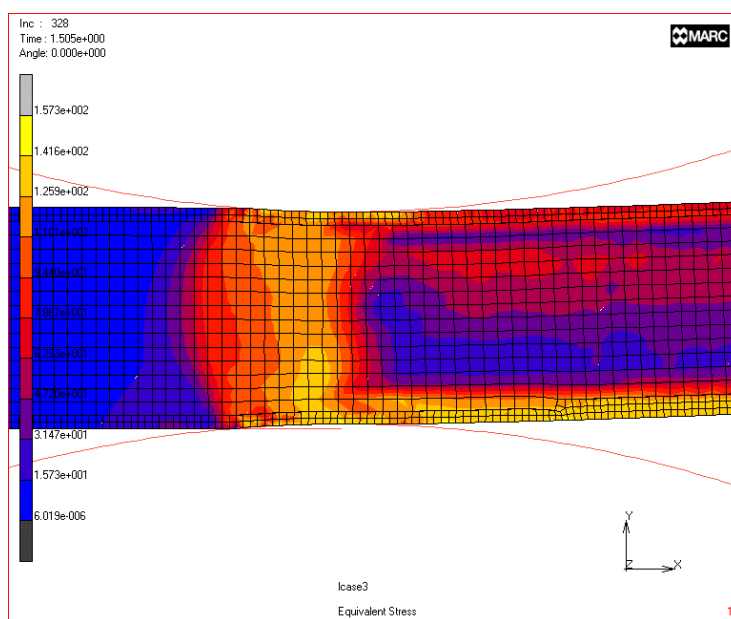


Рис. 10 Поле напряжений в очаге деформации

## Поле деформации

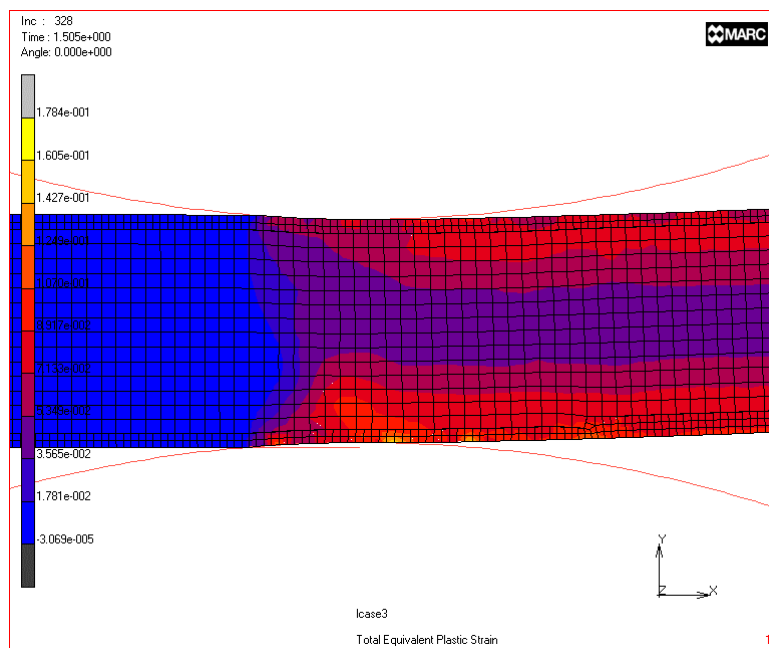


Рис. 11 Поле деформаций

## Поле скоростей

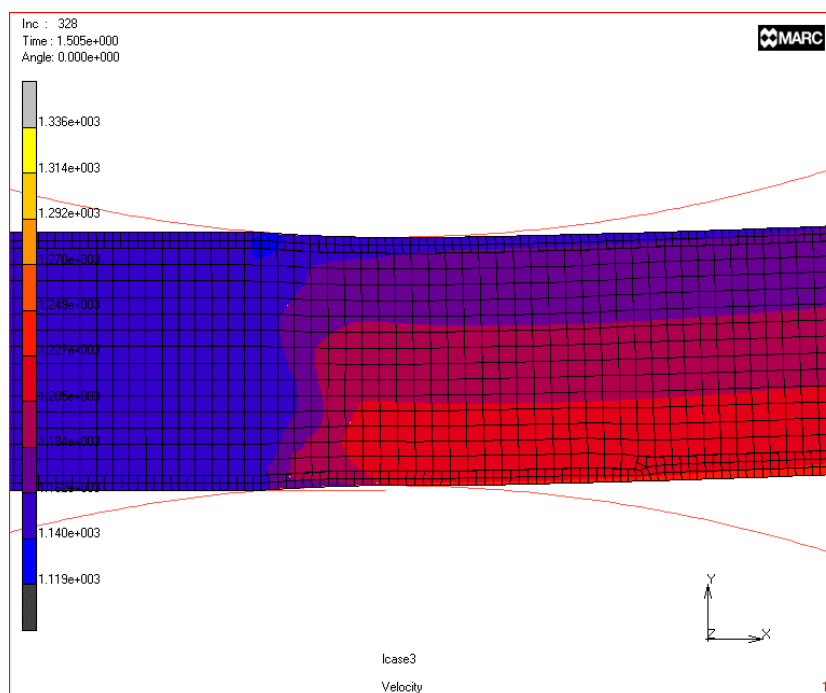


Рис. 12 Поле скоростей

## **Выводы**

В результате моделирования было показано, что с помощью совместного процесса асимметричной прокатки и пластического изгиба возможно получение крупногабаритных тел вращения. Была получена информация о полях напряжений, деформаций, скоростей, деформаций, моментах прокатки.

Изучение динамики изменения основных технологических параметров по ходу процесса позволило выявить три характерных стадии: асимметричную прокатку, начало пластического изгиба, совместный процесс асимметричной прокатки и пластического изгиба.

Показано, что наиболее опасной для оборудования является вторая стадия процесса, в которой происходит значительное возрастание момента прокатки на верхнем рабочем валке, что может являться причиной поломки.