

УДК 621.73.001.57

Каргин Б.С.<sup>1</sup> Мкртчян Е.А.<sup>2</sup>

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ШТАМПОВКИ КОРНЯ «ОСТРЯКОВОГО» РЕЛЬСА**

*В статье рассмотрено моделирование процесса штамповки корня «острякового» рельса, дан анализ течения металла, напряженно деформированного и температурного состояния процесса.*

**Ключевые слова:** напряжения, деформации, сила, штамповка, головка, подошва, шейка

**Каргин Б.С., Мкртчян Е.А. Моделивання процесу штампування кореня «Острякової» рейки.** У статті розглянуто моделювання процесу штампування кореня «Острякова» рейки, дано аналіз перебігу металу, напружено деформованого і температурного стану процесу.

**Ключові слова:** напруги, деформації, сила, штампування, головка, подошва, шийка.

**B.S.Kargin, E.A. Mkrtychyan. Simulation of the forming root "Ostryakov" rail.** In the article the simulation of forming root "Ostryakov" rail, the analysis of metal flow, stress and temperature state of the process.

**Key words:** stress, strain, force, punching, head, foot, neck.

**Постановка проблемы.** Деталь «остряк» является основной деталью стрелочного перевода и служит для стыковки острякового рельса и железнодорожного (рис. 1). К ней предъявляются высокие прочностные требования, т.к. условия эксплуатации связаны с перевозкой пассажиров и грузов. Данная поковка относится к поковкам, удлинённым в плане, штампуемый материал сталь М73. В настоящее время поковка «остряк» изготавливается по следующей технологии [1]: нагрев концевой части острякового рельса длиной 670 мм. в камерной печи до температуры 1100 °С, затем происходит штамповка за два перехода на прессе силой 100 МН с последующей обрезкой обля. Задержка между переходами составляет 10с.

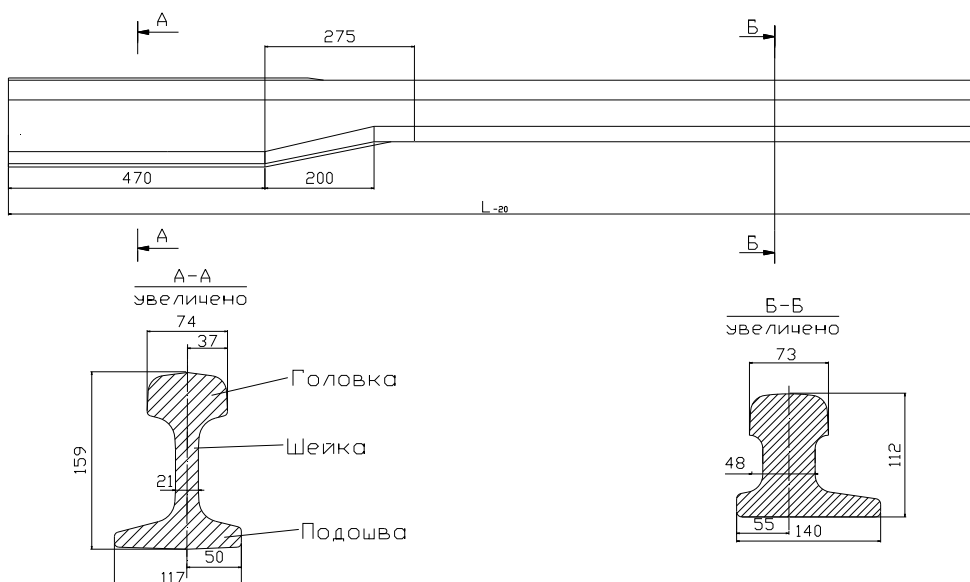


Рис. 1- Рельс остряковый ОР50 с выпресованным корнем

<sup>1</sup> канд. техн. наук, профессор, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь  
<sup>2</sup> аспирант, ассистент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

Штампы подогреваются до температуры 250°C, в качестве смазки применяется масло-графитовая смазка (40% графита + 60% масла). Материал штампов - сталь 5ХНМ в состоянии поставки без термообработки. Стойкость штампов составляет 40-50 штамповок.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Исследования процессов штамповки на гидравлических прессах показывают, что для получения изделий с тонким полотном необходимо приложить удельное усилие, в 30-40 раз превосходящее напряжение текучести материала при температуре обработки [2]. При этом резко снижается стойкость штампов и экономичность штампованных изделий.

В работе [3] представлены результаты компьютерного моделирования технологии штамповки П - образных изделий, удлиненных в плане с помощью конечно элементной системы DEFORM. Показаны распределения напряжений и интенсивности деформации в поковке.

Попытки решить вопрос повышения стойкости штампов при изготовлении поковки «остряк» были изложены в работе [4], где сообщается о предложении заменить заводскую масло-графитовую ТС. Были испытаны 3 состава бездымных воднографитовых смазок с содержанием: 1) графита 10-12%; 2) графита 10-12% и 20% сульфидноспиртовой барды; 3) графита 10%, триполифосфата натрия 2%, триэтанолamina 0,2%, этноса 3%, сульфидно-спиртовой барды – 10%. После изготовления 25 поволок штампы были сняты для изучения их состояния. Анализ показал, что при использовании ТС-2 и ТС-3 на нижней половине штампа имеется налипание зольных остатков с частичками металла. При использовании ТС-1 наблюдается залипание поволок в верхнем штампе. В то же время дым, копоть, горение смазки полностью отсутствуют. На повышение стойкости штампов применение указанных ТС существенно не повлияло.

Недостатком существующей технологии производства поковки «остряк» является низкая стойкость штампов, низкая производительность и большая трудоёмкость процесса.

**Цель работы.** Целью работы является анализ напряженно деформированного и температурного состояния при штамповке поковки «остряк» для выработки мероприятий, повышающих стойкость штампов при их изготовлении.

**Изложение основного материала.** В работе проводили анализ компьютерного моделирование процесса штамповки корня «острякового» рельса с выявлением формоизменения, температурного и напряженного состояния поволоки.

1. Математическая модель и условия конечно-элементного моделирования. Компьютерное моделирование процесса штамповки корня острякового рельса проводили с использованием метода конечных элементов в программном комплексе Qform.

Исходными данными для моделирования являлись: действующая технология штамповки, параметры процесса, постоянные величины, конфигурация заготовки и ручья штампов, характеристики оборудования, данные о материале заготовки, штампа и смазки.

Ввиду сложной геометрической формы детали задачу решали в пространственной постановке. Конфигурация заготовки и ручья штампов были спроектированы в виде трехмерных твердотельных моделей в системе автоматизаций проектных работ SolidWorks 2010.

Свойства, материал заготовки были взяты из справочников. В основу выбора характеристик положена температура штамповки и скорость деформирования [5,6], сопротивление деформации стали М73 в интервале температур штамповки составляет: при  $t=1200^{\circ}\text{C}$   $\sigma_{\text{в}}=55$  МПа,  $t=1100^{\circ}\text{C}$   $\sigma_{\text{в}}=80$  МПа,  $t=1000^{\circ}\text{C}$   $\sigma_{\text{в}}=110$  МПа,  $t=900^{\circ}\text{C}$   $\sigma_{\text{в}}=130$  МПа

2. Штамповка первого перехода. Параметры первого перехода: начальная температура заготовки - 1100°C, время охлаждения заготовки на воздухе - 15с. и в инструменте - 10с. , температура окружающей среды - 20°C, температура штампов - 250°C, другие параметры задавали в соответствии с техническими инструкции на выпрессовку корня остряка ОР50, 1988г. инв. N 252.

Для исследования перемещения металла в процессе деформации заготовка была разбита координатной сеткой по 10 линий в каждом направлении. На рисунке 2-а представлена деформированная сетка в конце первого перехода в направлении XOZ. Анализ деформированной сетки показал, что наибольшая деформация приходится на шейку рельса, в частности в 7 слое сетки координат YOZ видна наибольшая деформация по высоте. Степень деформации шейки по высоте в этом участке более 50% ( рисунок 2-б).

Распределение температур первого перехода представлено на рисунке 3-а. Как видно из рисунка, наибольшая температура составила 1090°C. Наименьшая же температура составила

920°C на участку в зоні шейки рельса. Також следует отметить, что наиболее холодными деформированными частями рельса являются подошва и шейка, температура здесь на 50-70°C градусов ниже, чем в головке и на переходном участке.

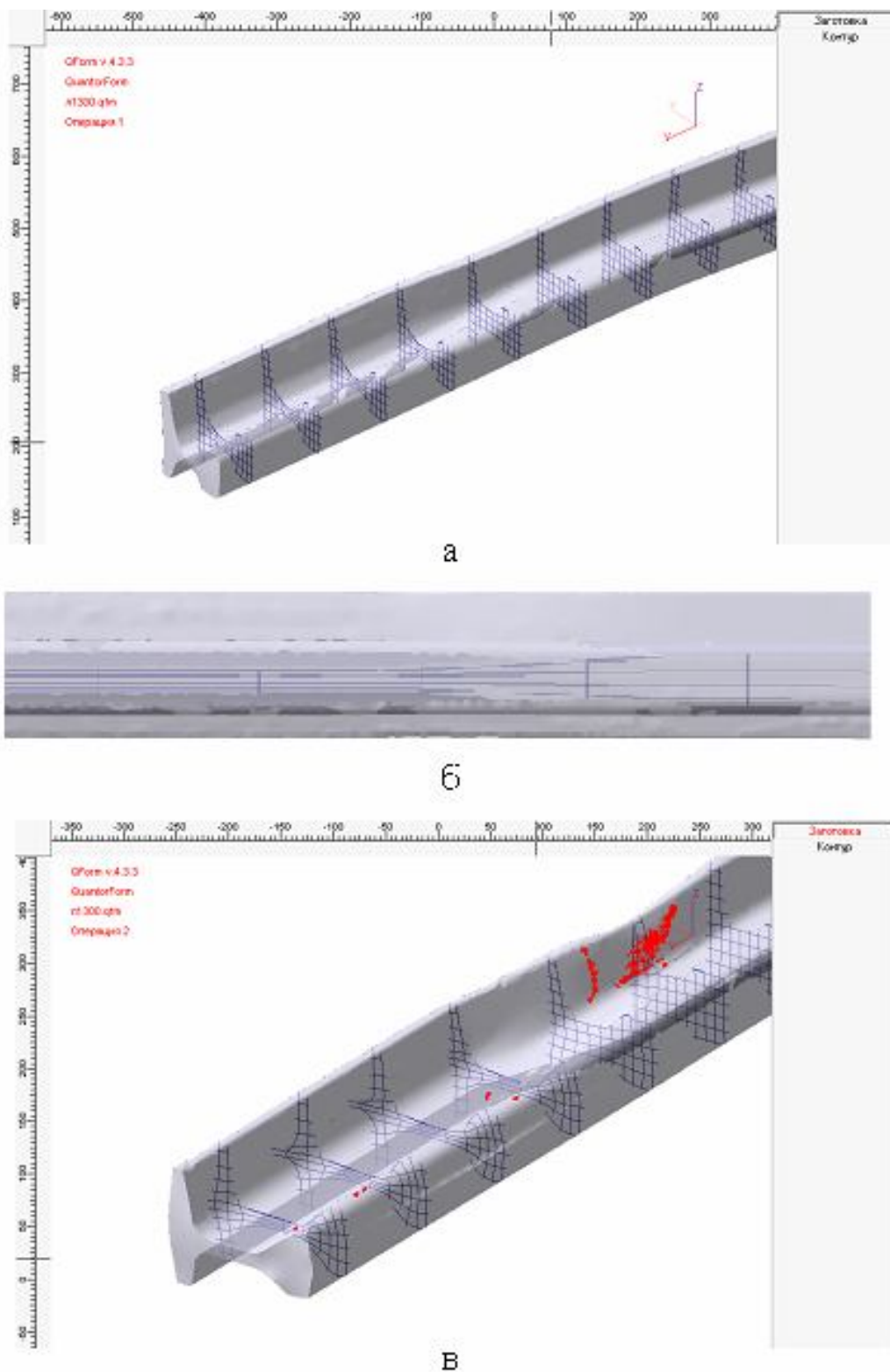


Рис. 2 - Контур штамповки: а - первого перехода с нанесенной координатной сеткой в координатах XOZ; б- первого перехода с нанесенной координатной сеткой в 7 слое в направлении YOZ; в- второго перехода с нанесенной координатной сеткой в координатах XOZ

3. Штамповка второго перехода. Параметры второго перехода: начальной температурой заготовки является конечная температура первого перехода, с учётом времени охлаждения на воздухе - 10с. и в инструменте - 10с. , температура штампов - 250°C другие параметры задавали соответствии с техническими инструкции на выпрессовку корня остряка OP50, 1988г. инв. N 252.

На рисунке 2-в представлен деформированный концевой участок острякового рельса с нанесенной координатной сеткой. Координатная сетка шейки рельса показывает, что на данном участке по оси Z наблюдается наибольшее сгущение сетки, а по оси X наибольшие её растяжения. Это свидетельствует об интенсивном боковом течении металла от центра к периферии. Торцевая часть имеет не плоскую форму, а вытянутую в зоне шейки, что также свидетельствует об интенсивном течении металла в этой зоне по сравнению с головкой и подошвой «острякового» рельса. По техническим требованиям на изготовления поковки, торцевая часть может иметь произвольную форму на длине до 70 мм.

Распределение температур второго перехода представлено на рисунке 3-б. Как видно из рисунка наибольшая температура составила - 1050°C. Наименьшая же температура составила – 817°C. Также видно, что температура подошвы рельса и прилегающая к ней часть шейки в среднем на 100°C ниже головки.

Необходимое усилие для деформирования данной поковки, по результатам моделирования, составило 38 МН. Удельное усилие в области шейки рельса превышает напряжение

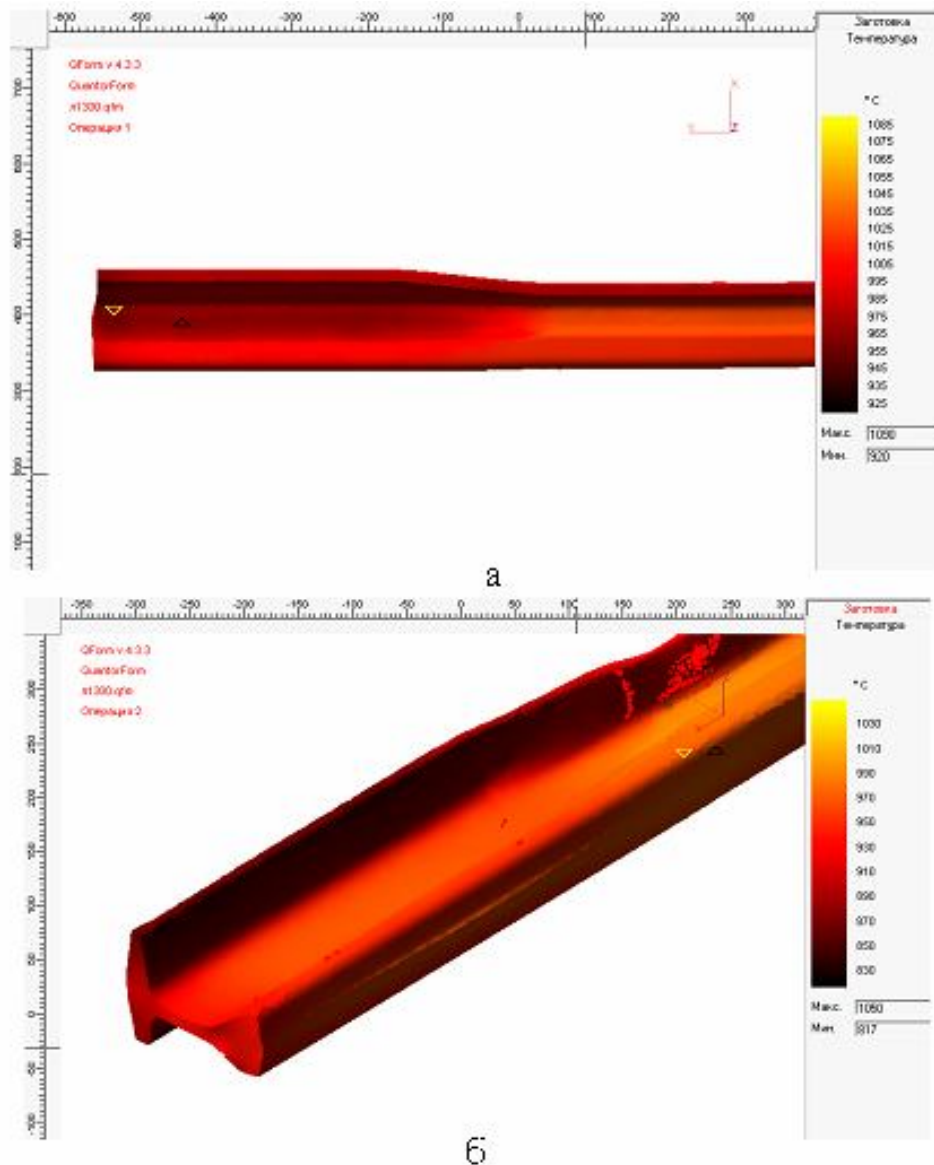


Рис. 3 - Распределение температурного поля: а) - в конце первого перехода; б) - в конце второго перехода

текучести материала рельса при температуре обработке в 16 раз. Материалом для штампов, удовлетворяющим этим требованиям, является ДИ-42 (5Х2ГСВМ), прочностные характеристики которой выше базовой (5ХНМ) в полтора раза, что повысит стойкость штамповой оснастки в 3-5 раз по сравнению с базовым вариантом.

Распределение напряжений второго перехода представлены на рисунке 4. Напряжения, возникающие в данной поковке при деформации сжимающие, и растягивающиеся. Максимальные значения растягивающих напряжений достигает значения 713 МПа. Растягивающие напряжения в основном сконцентрированы в зоне шейки рельса, что подтверждается значительными растяжениями координатной сетки в этой зоне. Такая неоднородность и концентрация напряжений подтверждается практикой. На Керченском стрелочном заводе при штамповке поковки «остряк» авторы анализировали причины вывода штампов из строя и установили, что именно в этой зоне шейки корня возникают значительные разгарные трещины. Настоящие теоретические исследования позволили подтвердить тот факт, что использование штампов из стали 5ХНМ в сыром состоянии (без термообработки) не целесообразно.

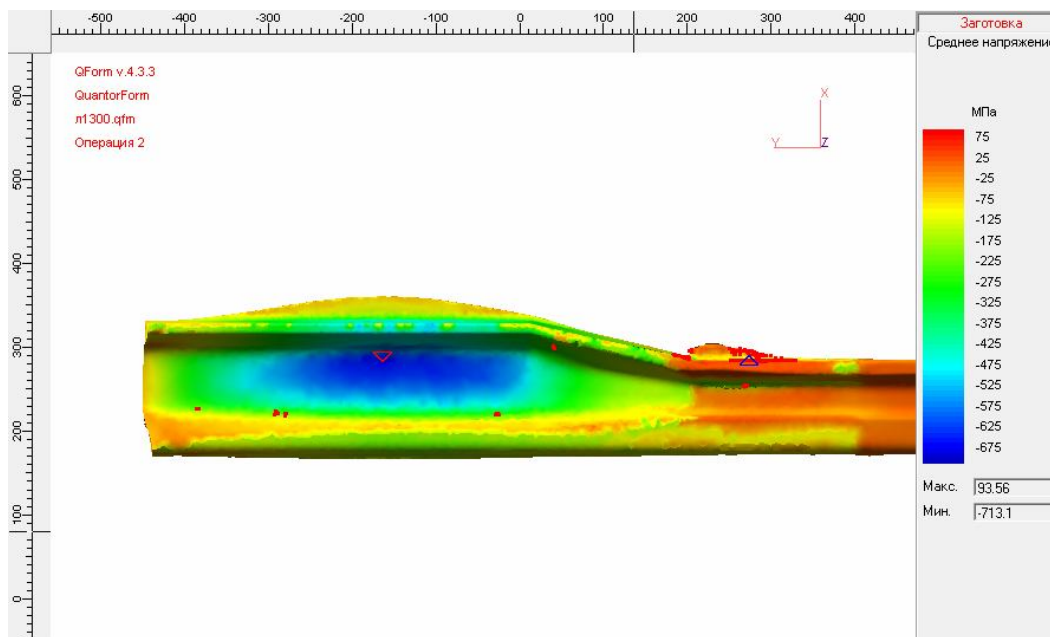


Рис. 4 - Распределение напряжений в конце второго перехода. Вид сверху

### Выводы

1. Установлено, что интенсивность течения металла по объему поковки неоднородна, максимальное течение наблюдается в зоне шейки корня «острякового» рельса.
2. Показано, что наибольшие напряжения наблюдаются также в зоне шейки рельса и достигают значения 713 МПа. Распределение температур неравномерно по всему сечению: в подошве рельса наблюдается снижение температуры на 100°С по сравнению с шейкой и головкой, что приводит к изменению значения сопротивления деформации по сечению поковки.
3. Результаты моделирования дают основание предположить, что для штампового инструмента необходимо применять сталь с более высокими показателями прочности, например сталь ДИ-42 (5Х2ГСВМ).

### Список используемых источников:

1. Симон А.А. Современные стрелочные переводы. - М.: Транспорт, 1977. -510 с.
2. Белов А.Ф. Объемная штамповка на гидравлических пресах/ А.Ф. Белов, Б.В. Розанов, В.П. Линц - М.: Машиностроение, 1971.- 215 с.
- 3.Маковецкий А.В. Анализ напряженно-деформированного состояния поволок из титановых сплавов при горячей штамповки/ А. В. Маковецкий, В.В. Маковецкий // Вісник донбаської державної машинобудівної академії: Зб. наук. праць. –Краматорськ: ДДМА, 2007. – № 2Е(10). – С. 121–128.

4. Каргин Б.С. Исследование эффективности технологических смазок при штамповке поковок «остряк» / Б.С. Каргин и др.// –XIII региональная научно-техническая конференция: сб. тезисов докладов в 2 т. Мариуполь: ПГТУ, 2006-С.335.
5. Зуев М.И. Пластичность стали при высоких температурах/ М.И. Зуев, В.С. Култыгин, М.И. Винограл, А.В. Остапенко, М.А. Любинская и М.Я. Дзугутов - М.: Металлургиздат, 1954. 457 с.
6. Банкетов А.Н. Кузнечно-штамповочное оборудование/ А.Н. Банкетов и др.-М.: Машиностроение, 1970.- 602 с.

Рецензент: В. И. Капланов  
д-р техн. наук, проф., ПГТУ

Статья поступила 26.11.2010