

УДК 621.73

Каргин Б. С.
Мкртчян Е. А.АНАЛИЗ НАПРЯЖЁННОГО СОСТОЯНИЯ ШТАМПОВ В ПРОЦЕССЕ ШТАМПОВКИ
КОРНЯ «ОСТРЯКОВОГО» РЕЛЬСА

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 работы 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 10 с. Штампы предварительно подогреваются до температуры 250 °С; 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.

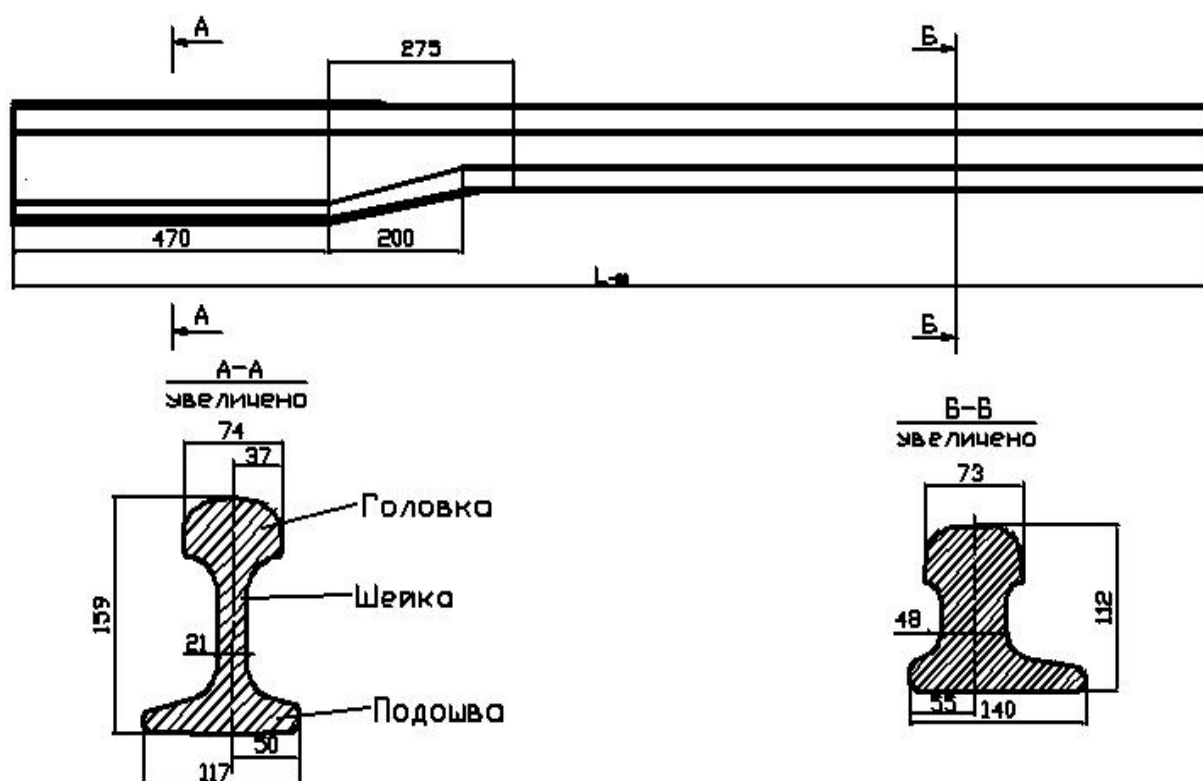


Рис. 1. Рельс «остряковый» ОР50 с впрессованным корнем

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

Исследования процессов штамповки на гидравлических прессах показывают [2], что для получения изделий с тонким полотном необходимо приложить удельное усилие, в 30–40 раз превосходящее напряжение текучести материала при температуре обработки, при этом резко снижается стойкость штампов.

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 распределение интенсивности деформации, а также распределение скоростей в теле поковки.

В работе [4] показано моделирование в Deform-3D формоизменения металла при прокатке рельсового профиля в универсальном калибре, одновременно исследованы деформированное и напряженное состояние металла в очаге деформирования. Результаты решения отображали на цветовых полях (эпюрах) распределения расчетных параметров (деформаций, напряжений, сил и т.п.) в поперечных и продольных сечениях раската.

Попытки решить вопрос повышения стойкости штампов при изготовлении поковки «остряк» были изложены в работе [5], где сообщается о предложении заменить заводскую маслографитовую ТС на воднографитовую. В результате замены смазки дым, копоть, горение смазки полностью отсутствовало, однако на повышение стойкости штампов применение указанных ТС существенно не повлияло.

В работе [6] предлагается заменить процесс штамповки изготовлением данной поковки на ковочных вальцах. Приведены соответствующие расчеты, составлены чертежи переходов вальцовки, а также подобрано необходимое оборудование.

Целью настоящей работы является анализ напряженного состояния в инструменте при штамповке корня «острякового» рельса, необходимого для разработки мероприятий по повышению стойкости штампов.

Компьютерное моделирование процесса штамповки корня острякового рельса проводили с использованием метода конечных элементов в программном комплексе QForm.

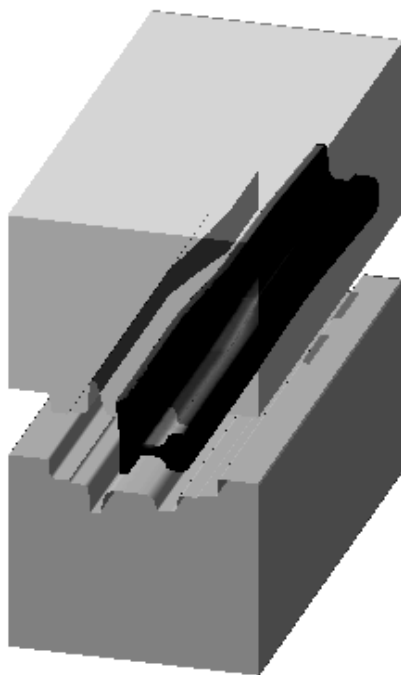


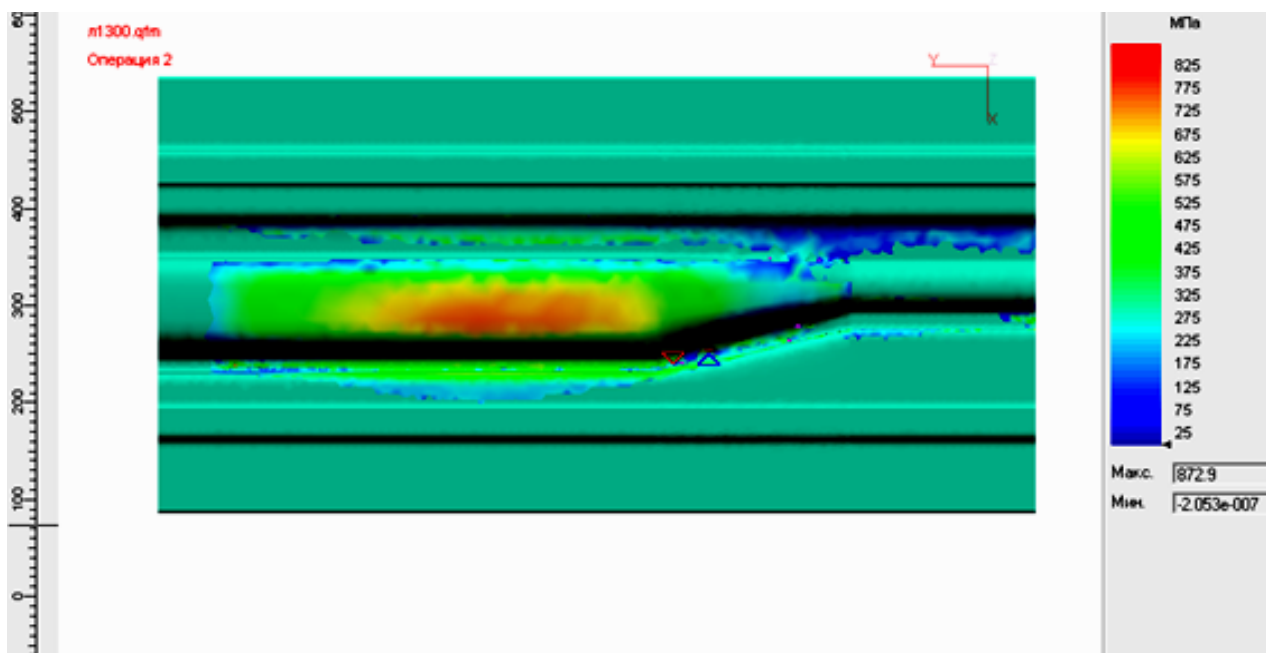
Рис. 2. Трехмерная модель штампов и заготовки второго перехода

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.

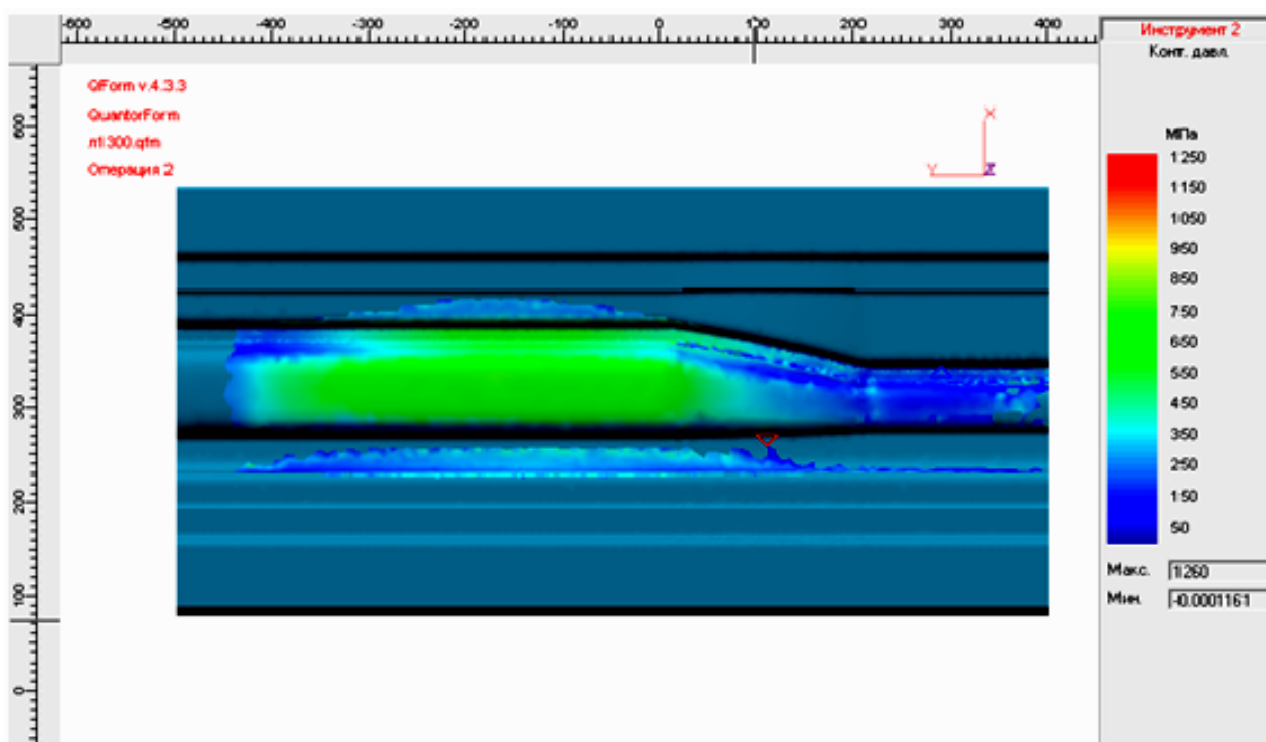
Ввиду сложной геометрической формы заготовки и инструмента задачу решали в пространственной постановке. Конфигурация заготовки и ручья штампов были спроектированы в виде трехмерных твердотельных моделей в системе автоматизаций проектных работ SolidWorks 2010, затем полученная геометрия была импортирована в программный комплекс QForm (рис. 2).

Свойства материалов заготовки и штампа согласно справочнику [7]. Соппротивление деформации стали М73 в интервале температур штамповки составляет: при $t = 1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\sigma_{\theta} = 55\text{ МПа}$, $t = 1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\sigma_{\theta} = 80\text{ МПа}$, $t = 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\sigma_{\theta} = 110\text{ МПа}$, $t = 900\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\sigma_{\theta} = 130\text{ МПа}$. Характеристики гидравлического пресса из источника [8]: номинальная скорость – 50 мм/с, максимальное усилие 100 МН.

На рис. 3 представлено распределение контактных давлений по контактной поверхности верхнего и нижнего штампов второго перехода. Как и предполагалось, наибольшие давления наблюдаются на центральной части гравюры, в зоне шейки рельса.



а



б

Рис. 3. Распределение контактного давления на поверхности штампа второго перехода: а – верхний штамп; б – нижний штамп

Величины давлений здесь достигают критических значений 800–850 МПа для данного материала штампа. Следует отметить, что в процессе штамповки штампы разогреваются до температуры близкой 300–400 °С, а с ростом температуры сопротивление деформации стали 5ХНМ падает до $\sigma_{\text{в}} = 600$ МПа. При таких высоких давлениях происходит разрушение штамповой оснастки. Этим и объясняется низкая стойкость штамповой оснастки.

Поэтому, применение «сырой», т. е. без термообработки, стали 5ХНМ для штамповки поковки «остряк» недопустимо. Для стали 5ХНМ рекомендуем проводить следующую термическую обработку: закалка в масле при температуре 850 °С, с последующим отпуском при температуре 550–600 °С, что позволит повысить предел прочности до 1280 МПа, при значении твердости 42HRC [9], что положительно скажется на стойкости штампов.

Кроме того, считаем, что необходимо заменить материал штампов на более высоко стойкую марку стали, например ДИ-41 (4Х3М2ВФГС) предел прочности которой при температуре 20 °С составляет 2100 МПа, а при температуре 650 °С – 900 МПа. Оптимальный режим её термической обработки: закалка с 1030–1080 °С в масле, отпуск двукратный при 620 и 580 °С на твердость 48–53 HRC.

ВЫВОДЫ

Установлено, что максимальная величина контактных напряжений в штамповой оснастке приходится на зону шейки корня «острякового» рельса, что приводит к разрушению штампов именно в этом месте.

Показано, что в данном случае применять сталь 5ХНМ недопустимо, рекомендуется проводить её термическую обработку: закалка в масле при температуре 850 °С с последующим отпуском при температуре 550–600 °С.

Дополнительным резервом повышения стойкости штампов может служить замена применяемой штамповой стали 5ХНМ на сталь ДИ-41.

ЛИТЕРАТУРА

1. Симон А. А. *Современные стрелочные переводы*. – М. : Транспорт, 1977. – 510 с.
2. Белов А. Ф. *Объемная штамповка на гидравлических прессах* / А. Ф. Белов, Б. В. Розанов, В. П. Линц. – М. : Машиностроение, 1971. – 215 с.
3. Маковецкий А. В. *Анализ напряженно-деформированного состояния поволоки из титановых сплавов при горячей штамповке* / А. В. Маковецкий, В. В. Маковецкий // *Вісник ДДМА : зб. наук. праць*. – Краматорськ : ДДМА, 2007. – № 2Е (10). – С. 121–128.
4. Литвинов Р. А. *Исследование напряженно-деформированного состояния металла при прокатке рельсов в универсальных калибрах [Электронный ресурс]* / Р. А. Литвинов, В. А. Шило, Д. Л. Шварц. – Режим доступа до журн.: http://www.thesis.com.ru/software/deform/deform_exp.php.
5. Каргин Б. С. *Исследование эффективности технологических смазок при штамповке поволоки «остряк»* / Б. С. Каргин и др. // *XIII региональная научно-техническая конференция : сб. тезисов докладов в 2 т.* – Мариуполь : ПГТУ, 2006. – 335 с.
6. Каргин Б. С. *Совершенствование технологии изготовления поволоки «Остряк»* / Б. С. Каргин, Е. А. Мкртчян // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ» : збірник наукових праць. Тематичний випуск : Нові рішення в сучасних технологіях*. – Харків : НТУ «ХПІ», 2010. – № 43. – С. 120–125.
7. *Пластичность стали при высоких температурах* / М. И. Зуев, В. С. Култыгин, М. И. Винограл, А. В. Остапенко, М. А. Любинская, М. Я. Дзугутов. – М. : Металлургиздат, 1954. – 250 с.
8. Банкетов А. Н. *Кузнечно-штамповочное оборудование* / А. Н. Банкетов и др. – М. : Машиностроение, 1970. – 602 с.
9. Владимирова В. М. *Справочник молодого слесаря по штампам и пресс-формам* / В. М. Владимирова, К. В. Высоцкий. – М. : Высшая школа, 1979. – 248 с.

Каргин Б. С. – канд. техн. наук, проф. ПГТУ;

Мкртчян Е. А. – аспирант, ассистент ПГТУ.

ПГТУ – Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь.

E-mail: egorkabest@gmail.com