

Таблица 4

Количественный анализ неметаллических включений

| Номер плавки | Объёмная доля НВ V_v , % | Число НВ N_A , 1/мм ² | Длина включений L , мкм | Площадь включений A , мкм ² | Расстояние между НВ, мкм | Средний диаметр по Ферету, мкм | Макс. диаметр по Ферету, мкм |
|--------------|----------------------------|------------------------------------|---------------------------|--|--------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Без добавок | 0,96 | 2216 | 3,5 | 4,3 | 120 | 3,4 | 4,4 |
| 30558 | 0,8 | 3941 | 1,27 | 2,2 | 393 | 1,35 | 1,58 |
| 30588-1 | 0,67 | 4569 | 1,15 | 2,0 | 204 | 1,26 | 1,47 |
| 30618 | 1,1 | 5536 | 1,52 | 4,2 | 149 | 1,62 | 1,9 |

Кальций способствует торможению роста кристаллов из-за адсорбции на их поверхности, при этом он измельчает и придает глобулярную форму неметаллическим включениям. В результате загрязненность и размер зерна уменьшаются по сравнению с не модифицированной сталью.

Применение раскисляюще-рафинирующе-модифицирующего комплекса на основе Ti

+ V + Ca позволило увеличить износостойкость стали 110Г13Л на 20%, снизить количество

неметаллических включений и уменьшить размер карбидов.

Библиографический список

1. Давыдов Н.Г., Житнов С.В., Братчиков С.Г. Высокомарганцевая сталь. М.: Металлургия, 1995. 302 с.
2. Колокольцев В.М., Сысоев А.М. Влияние химического состава на свойства стали 110Г13Л // Молодежь. Наука. Будущее: Сб. науч. тр. студентов. Вып. 6 / Под ред. Л.В. Радионовой. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2006. С. 39.

УДК 621.73

Андреев В.В., Гун Г.С., Рубин Г.Ш., Ульянов А.Г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫСАДКИ ДВУХФЛАНЦЕВЫХ ШИПОВ ПРОТИВОСКОЛЬЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В настоящее время в условиях жесткой рыночной конкуренции между производителями различной продукции серьёзно стоит вопрос о соотношении цены и качества изготавливаемого продукта. Большое влияние на это соотношение оказывает выбор технологической схемы производства продукта. Разработка технологии производства какого-либо нового изделия методом холодной объёмной штамповки (ХОШ) до последнего времени всегда было связано с большими материальными и временными затратами, которые включали в себя проектирование технологического процесса на основе справочной литературы и опыта предприятия, изготовление опытной инструментальной оснастки и промышленной апробации разработанной технологии [1]. При этом часто возникали проблемы с определением напряженно-деформированного состояния, характера течения, распределения нагрузок на инструмент, а также вероятностью появления различных дефектов.

В решении таких задач зачастую помогают современные пакеты программ, моделирующие процесс деформации, основанные на примене-

нии метода конечных элементов (МКЭ). В настоящее время при расчете процессов штамповки используется ряд иностранных и отечественных пакетов программ, основанных на конечно-элементарном моделировании, таких как ANSYS LS-DYNA, DEFORM, Super Form, QForm и т.д.

В данной работе использовался программный комплекс QForm, который предназначен для анализа поведения металла при различных процессах обработки металлов давлением и позволяет полу-



Рис. 1. Конструкция двухфланцевого шипа противоскольжения

чать важную информацию о пластическом течении материала и распределении деформаций, напряжений и температуры в очаге деформации на разных этапах процесса формообразования [2].

Исследуемый продукт в данной работе – стальной двухфланцевый шип противоскольжения (рис. 1) классической конструкции 8–10–2 (диаметр фланца, высота, количество фланцев), предназначенный для ошиповки шин легковых автомобилей. Применение шипов противосколь-

жения в России особенно актуально в связи с тем, что большая часть территории около полугода покрыта снегом. Шипы же особенно полезны на мокром льду при температуре, близкой к нулю, а также на заснеженных участках дорог, когда укатанный снег подтаивает от давления колес и превращается в каток. Преимущества ошипованных шин на дороге, покрытой льдом, очевидны. Коэффициент сцепления шин с дорогой на сухом асфальте летом достигает 0,8, а на

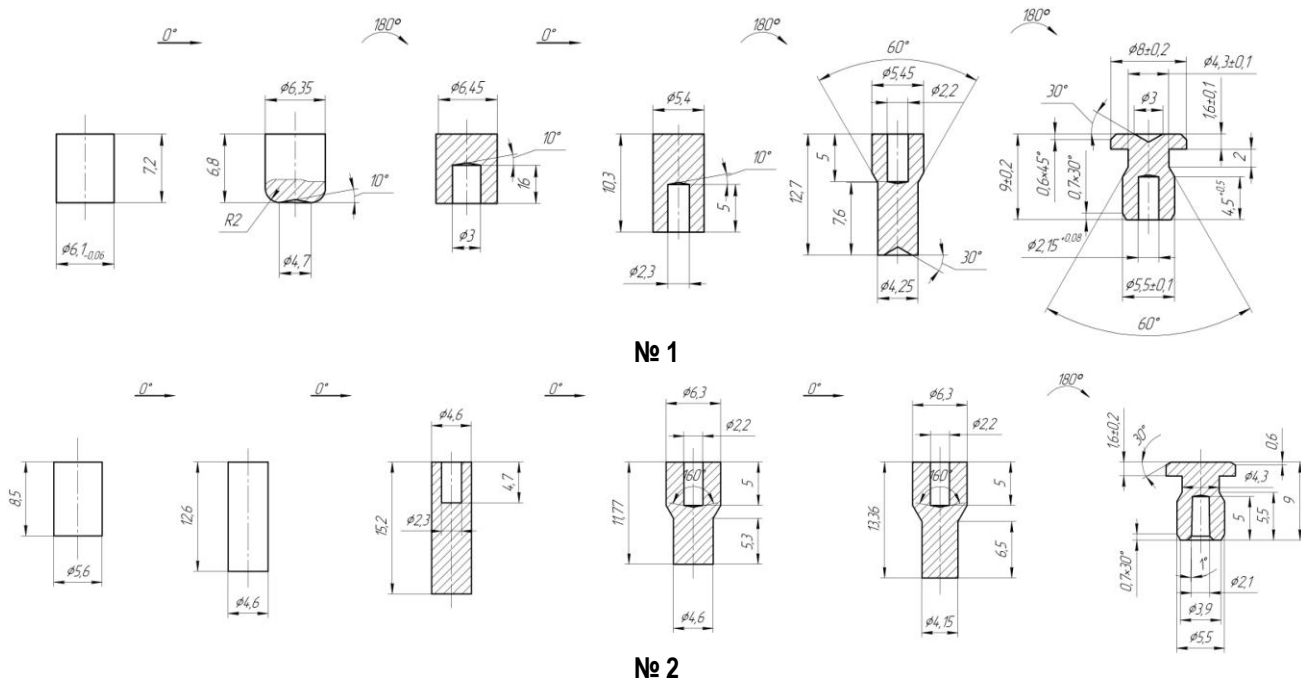


Рис. 2. Технологические схемы высадки двухфланцевого корпуса

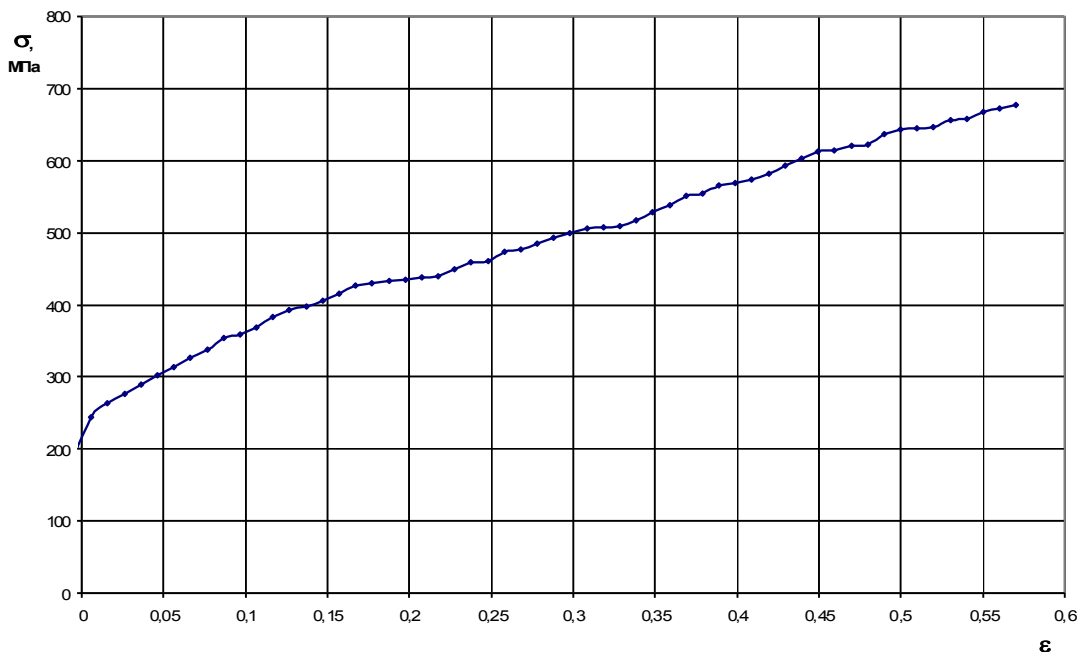


Рис. 3. Зависимость напряжения течения от степени деформации стали марки 06Ю при $T=20^\circ\text{C}$

мокрому покрытию уменьшается до 0,5–0,6. Зимой на льду этот коэффициент падает до 0,1–0,15 при использовании летней резины. Специальные зимние шины позволяют увеличить коэффициент

сцепления до 0,2–0,25, применение же шпоров противоскольжения – до 0,3–0,4.

Классическая конструкция шпора противоскольжения состоит из твердосплавной износо-

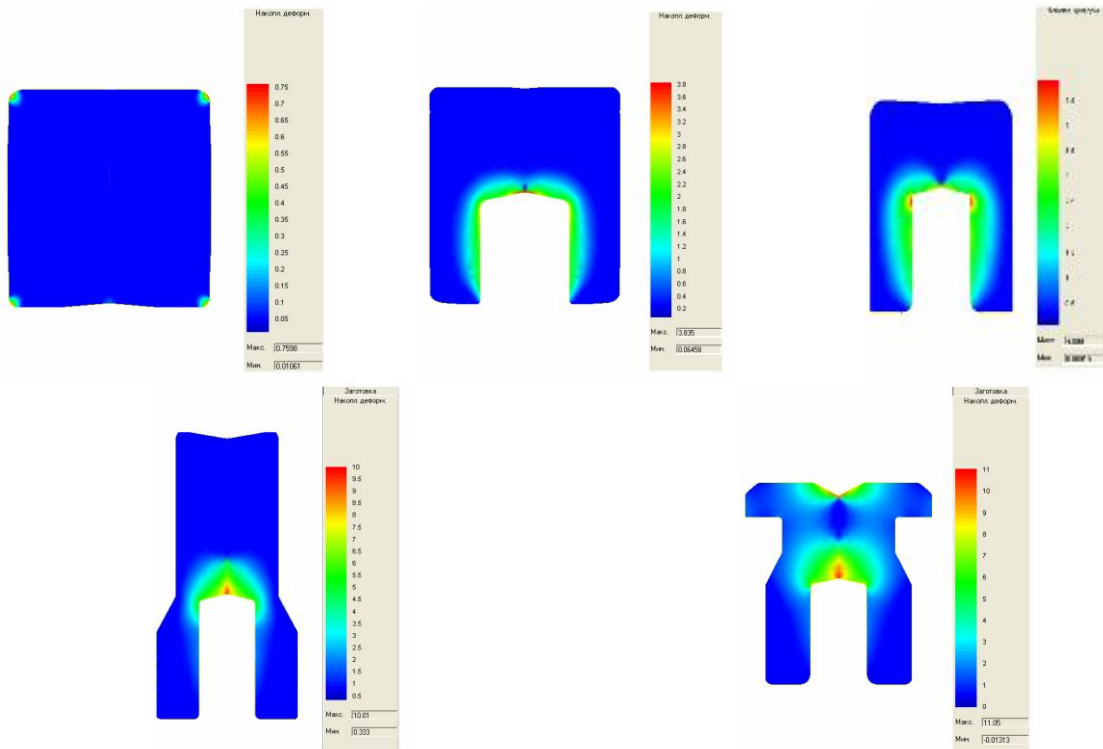


Схема высадки №1

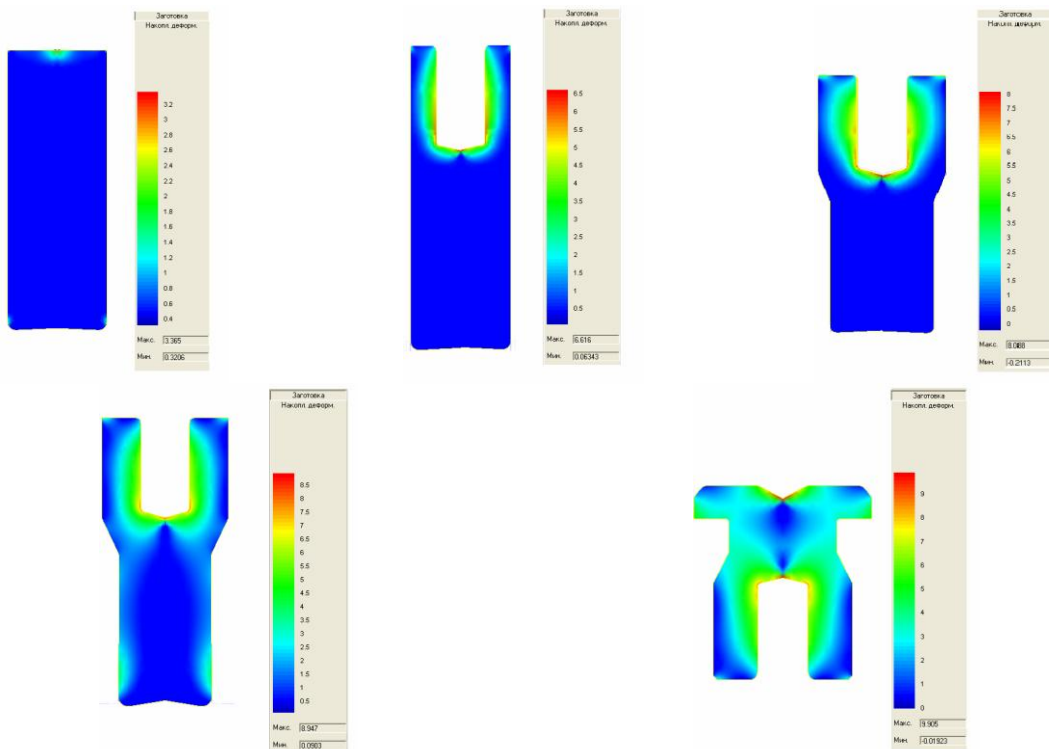


Схема высадки №2

Рис. 4. Результаты моделирования процесса высадки двухфланцевого корпуса

стойкой вставки ВК – 6, контактирующей с дорожным покрытием, и стального корпуса, удерживающего твердосплавную вставку в резине. Если конструкция вставки у всех шипов приблизительно одинаковая, то корпус зачастую имеет различную конфигурацию. Применение различных конструкций корпуса в основном мотивировано желанием производителя повысить стойкость удержания шипа в покрышке.

Предложенная двухфланцевая конструкция корпуса позволяет значительно повысить стойкость удержания и снизить угол отклонения шипа противоскольжения по сравнению с однофланцевыми конструкциями [3]. Для получения данного корпуса в рамках работы разработаны две технологические схемы производства (рис. 2).

В графическом редакторе программного комплекса QForm были спроектированы матрицы штампов, необходимые для производства шипов по данным технологическим схемам.

В качестве материала заготовки была выбрана высокопластичная горячекатаная сталь марки 06Ю, позволяющая максимально снизить нагрузки на высадочные матрицы. Определение реологических свойств материала, необходимых при моделировании, вели на основании испытаний на сжатие образцов с торцевыми выточками, исходя из преимущественно сжимающих схем деформации. В рамках была проведена серия испытаний, результатом которых стало построение усредненной зависимости напряжения течения от степени деформации (рис. 3).

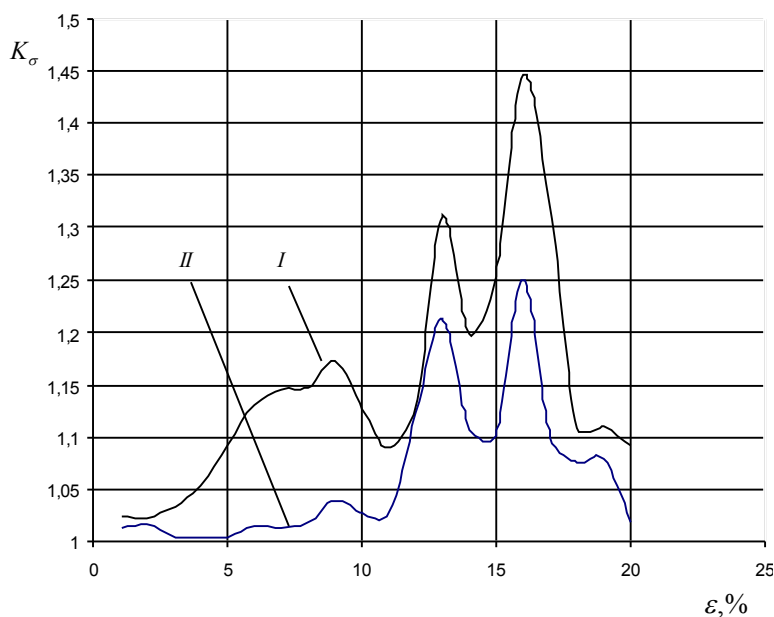


Рис. 5. Зависимость K_{σ} от относительной степени деформации по высоте:

I – технологическая схема № 1; II – технологическая схема № 2

После ввода всех исходных данных и параметров в предпроцессор программы был произведен расчет, в ходе которого были определены по всему объёму деформируемого тела такие параметры, как: накопленная деформация, интенсивность скорости деформации, сопротивление деформации и компоненты скорости перемещения частиц металла.

Результаты расчета накопленной деформации по переходам предложенных технологических схем представлены на рис. 4. Из сопоставления картин распределения накопленной деформации в сечениях видно, что накопленная деформация в готовом изделии более равномерно распределена в технологической схеме № 2. В схеме № 1 виден большой перепад накопленной деформации от внутренней поверхности фланца шипа противоскольжения к внешней боковой поверхности. Также наблюдается различное максимальное значение зональной накопленной деформации в готовом изделии, соответственно 11 ед. в схеме № 1 и 9 ед. в схеме № 2.

Помимо расчета распределения накопленной деформации, была проведена оценка неравномерности распределения эффективного напряжения по объёму образца, выраженная отношением максимального напряжения по объёму к минимальному $K_{\sigma} = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{\min}}$. Зависимость K_{σ} от относительной степени деформации по высоте шипа противоскольжения в последнем переходе представлена на рис. 5.

Из рис. 5 видно, что коэффициент K_{σ} распределен неравномерно и имеет явно выраженные экстремумы. Максимальные значения коэффициента неравномерности эффективных напряжений для обеих технологических схем наблюдаются в момент выпрессовки второго фланца шипа (для первой схемы $K_{\sigma}=1,45$; для второй $K_{\sigma}=1,25$), при этом видна значительная неравномерность распределения сопротивления деформации. Шипы противоскольжения, изготовленные по схеме № 1, отличаются более высокой анизотропией механических свойств по сравнению со схемой № 2, что, в свою очередь, приводит к увеличению неоднородности структуры и свойств по объёму готового корпуса шипа.

Сравнение предложенных технологических схем высадки корпуса шипа заключалось не только в анализе на-

пряженно-деформированного состояния процесса деформации и оценки свойств готового изделия, но и в расчете энергосиловых параметров процесса.

Посредством компьютерного моделирования для обеих схем получены зависимости работы деформирования от времени протекания процесса на последнем формообразующем переходе (рис. 6). Видно, что работа деформации, а соответственно и энергозатраты на производство, меньше при использовании схемы № 2.

Анализируя полученные результаты, основанные на компьютерном моделировании процесса высадки корпуса шипа противоскольжения в среде «Qform», можно отметить, что технологическая схема высадки № 2 является предпочтительной при производстве в связи с малым максимальным значением эффективного напряжения $K_{\sigma}=1,25$, однородностью механических свойств и минимальными энергозатратами.

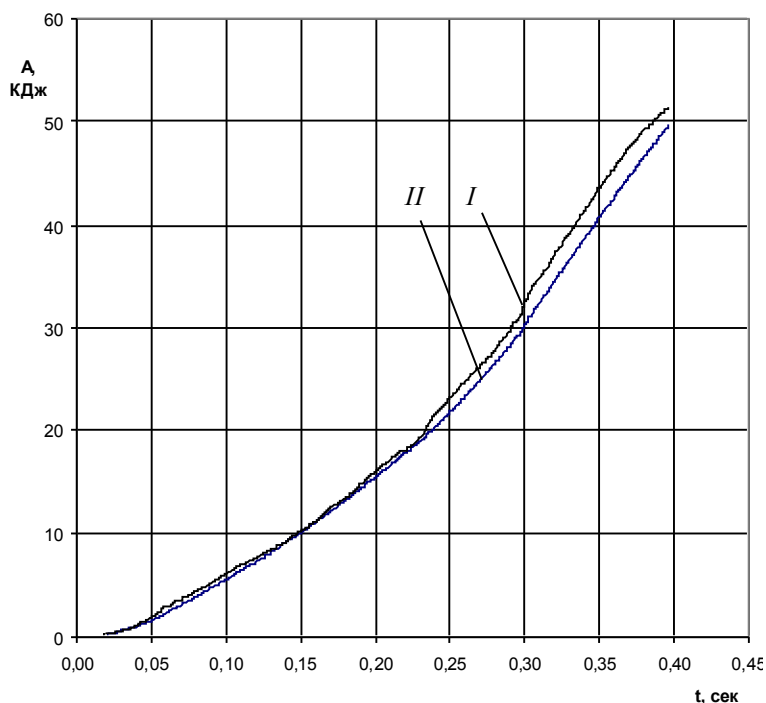


Рис. 6. Зависимость работы деформации от времени процесса:
I – технологическая схема № 1;
II – технологическая схема № 2

Библиографический список

1. Гун Г.С. Квалиметрические модели управления качеством металлопродукции // Вестник МГТУ. 2003. № 1. С. 102–108.
2. Исследование процесса осадки при однокомпонентном и комбинированном нагружении посредством компьютерного моделирования / Михаленко Ф.П., Шнейберг А.М., Пудов А.С., Кошелев О.С. // Кузнечно-штамповочное производство. 2007. № 8. С. 31–39.
3. К выбору технологии изготовления шпоров противоскольжения для автомобилей / Закиров Д.М., Сабадаш А.В., Галиахметов Т.Ш., Рубин Г.Ш., Андреев В.В. // Метиз. 2006. С. 42–47.

УДК 669.1

Букреев А.Е., Манашев И.Р., Никифоров Б.А., Бигеев В.А.

НОВЫЕ АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ ЛИГАТУРЫ СВС НА ОСНОВЕ НИТРИДА ХРОМА

Несмотря на существенное преимущество азотсодержащих сталей по сравнению с другими конструкционными материалами [1], в России их производство находится на низком уровне [2]. Связано это с технологическими трудностями получения заданного содержания азота в стали.

Среди множества различных способов легирования стали азотом наибольшее применение получили методы с использованием азотированных лигатур [3]. В основном отечественные предпри-

ятия используют азотированные марганец марки МрН4А или феррохром марки ФХН600А. Производят их в электропечах высокотемпературной обработкой исходных сплавов азотсодержащим газом. Технология получения характеризуется большой продолжительностью и расходом значительного количества электроэнергии, отсюда и высокая стоимость продукта [4]. Кроме того, в традиционных азотсодержащих материалах содержится не более 6–8% азота.