

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ И ШТАМПОВКИ В ПРОГРАММЕ LS-DYNA

Илюшкин М.В.¹, Баранов А.С.²

1 – к.т.н., зам. генерального директора по науке АО “Ульяновский НИИТ”

2 – нач. НИО-110 “Ульяновский НИИТ”

Конечно-элементное моделирование (КЭМ) процессов давно используется инженерами для изучения технологических процессов изготовления различных деталей. КЭМ технологических процессов в сфере обработки листового материала и процессов изготовления гнутых профилей позволяет получить данные необходимые для создания новых высокоэффективных и экономичных технологических процессов.

Моделирование процессов формообразования широко используется на АО “Ульяновский НИИТ”. Для этого на предприятии имеется коммерческая версия программы LS-DYNA.

Для адекватного моделирования процесса, требуется ввод правильных параметров моделей материала, поэтому для определения этих данных были проведены серии механических испытаний на одноосное растяжение (рис. 1).

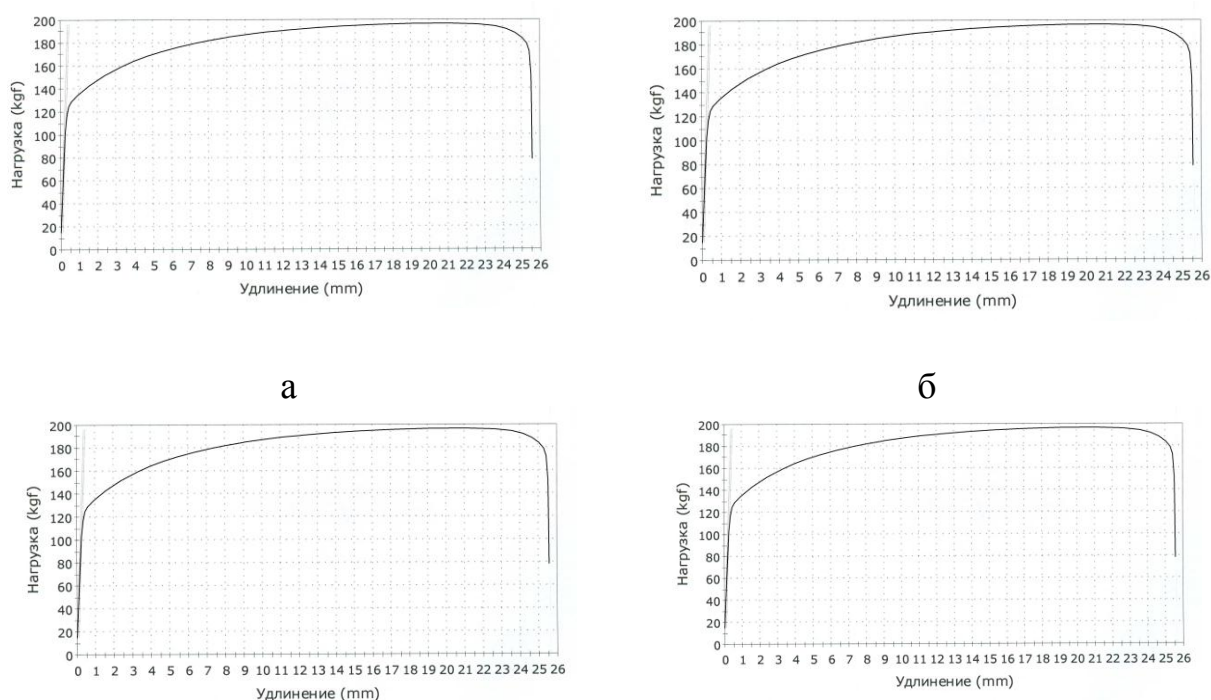


Рис. 1. Диаграммы после механических испытания на растяжение для металлов: а – Сталь 08, б – Сталь 08 (оцинкованная), в – Сталь 08 (оцинкованная с полимерным покрытием), г – В-95М

Информация после механического испытания обрабатывалась соответствующим образом, например, по методике, представленной в источнике [1], и использовалась при моделировании процессов.

В строительстве широко используются профили с покрытиями. Одной из основных причин возникновения нарушения покрытия является превышение допустимых контактных давлений на поверхности листа с покрытием, поэтому исследование контактных воздействий в процессе изготовления гнутых профилей является важной и актуальной задачей.

В качестве исследуемого профиля был выбран профиль швеллерного типа – $60 \times B \times S$, для которого были проведены исследования при варьировании высоты полки (B) и толщины исходной заготовки (S) (рис. 2).

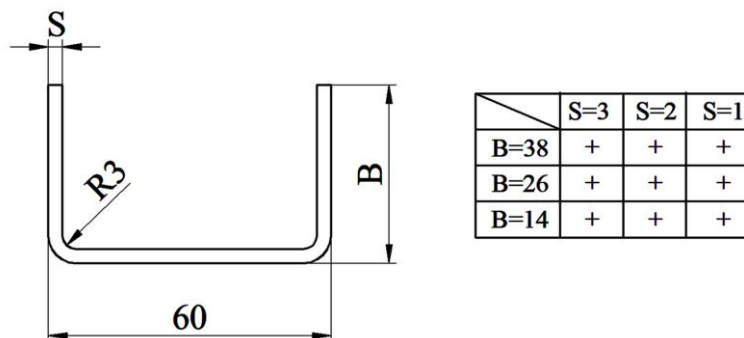


Рис. 2. Исследуемый профиль швеллерного типа $60 \times B \times S$ и варьирование его геометрических параметров

В качестве инструмента использовалась роликовая оснастка с вертикальными буртами применение которой характерно при интенсивных методах деформирования [2] (рис. 3). Профиль изготавливался за 4 технологических перехода и имел следующие углы подгибки (α): 1 – 20° , 2 – 45° , 3 – 75° , 4 – 90° .

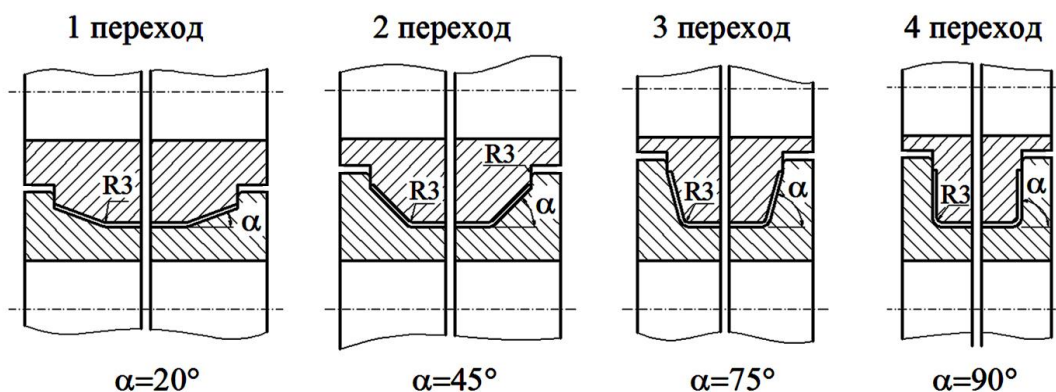


Рис. 3. Технологические роликовые калибры для изготовления профиля швеллер $60 \times B \times S$

Зазор в роликах соответствовал толщине исследуемого материала. Внутренний радиус профиля соответствовал величине 3 мм (использование постоянного внутреннего радиуса позволило выполнить расчет на одной модели без ее значительных перестроений).

Материал заготовки задавался пластической кинематической моделью (MAT 3), материал роликов задавался твердой моделью (RIGID 20). Пара-

метры модели заготовки соответствовали материалу 08кп, а роликового инструмента – 9ХС.

Для вывода контактных параметров в программе LS-Dyna задавался параметр INTFOR. На рис. 4 приведены характерные зоны контакта между инструментом и заготовкой. Результаты выводились по параметру Interface Pressure, что позволяет визуализировать процесс контакта (рис. 5).

В данных калибрах были исследованы все 9 вариантов геометрии профиля. Для получения необходимого зазора применялась разрезная конструкция роликового инструмента (см. рис.3), что позволило в программе LS-DYNA смещать части роликов как в вертикальной, так и горизонтальной плоскости. Использование номинальной ширины заготовки (при изготовлении профиля 60x38xS) соответствовало изготовлению методом интенсивного деформирования, поскольку происходил как контакт с буртом нижнего ролика, так и с его конической частью (см. рис. 4). Использование меньшей ширины заготовки при изготовлении профилей 60x26xS и 60x14xS соответствовал традиционному методу изготовления (контакт на первых 2-х, 3-х переходах происходил только с конической частью нижнего ролика).

На рис. 6 приведено усредненное контактное давления различных зон контакта исходя из которого, можно установить зоны с наибольшими контактными давлениями, требующими дальнейшего исследования.

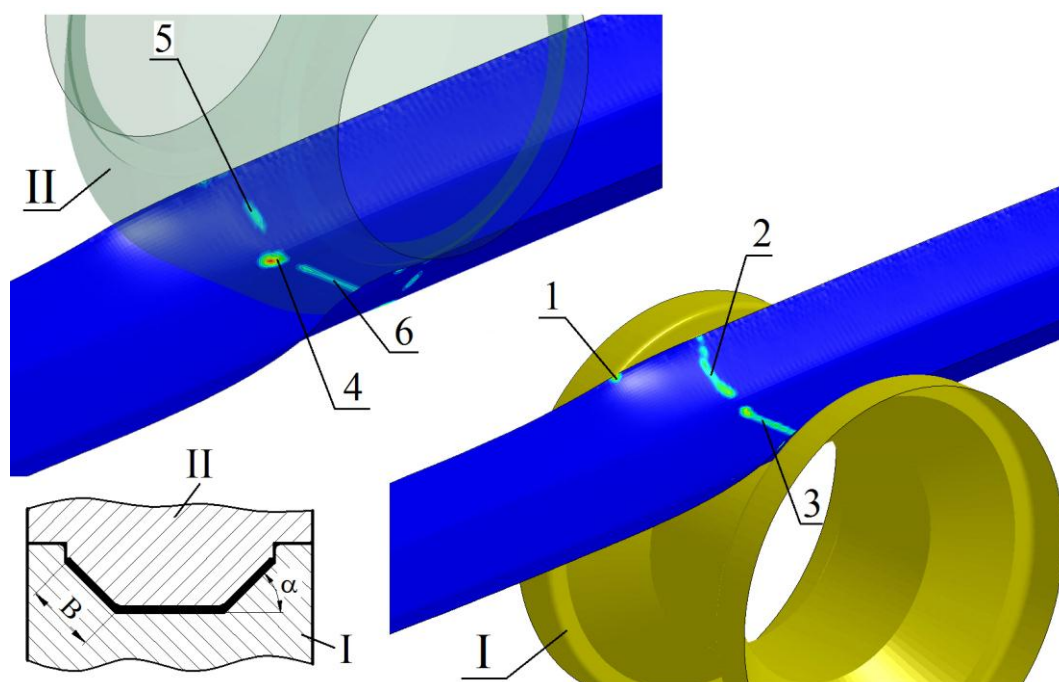


Рис. 4. Характерные контактные зоны заготовки и роликового инструмента между нижним (I) и верхним (II) роликом при изготовлении профиля швеллерного типа методом интенсивного деформирования: 1 – с буртом нижнего ролика, 2 – с конической частью нижнего ролика, 3 – с дном нижнего ролика, 4 – с формирующим радиусом верхнего ролика, 5 – с конической частью верхнего ролика, 6 – с цилиндрической частью верхнего ролика

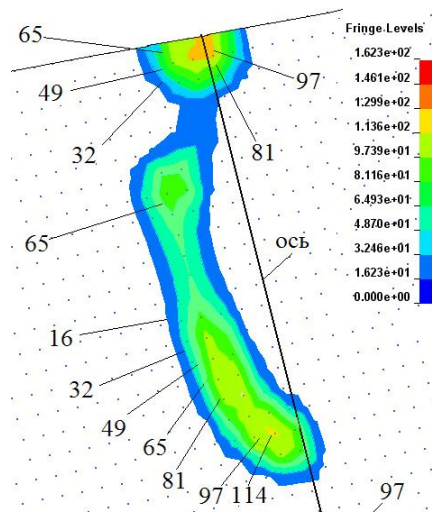


Рис. 5. Пример визуализации контакта между роликом и заготовкой на конической части 2-го перехода (зона 2, рис.4)

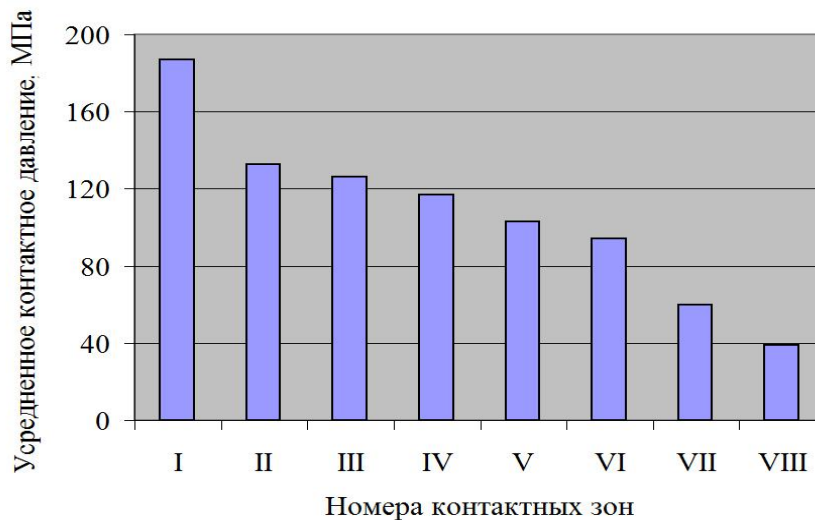
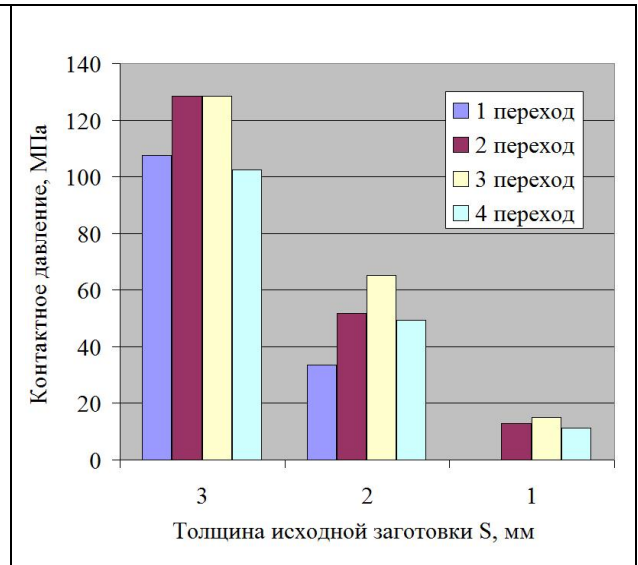
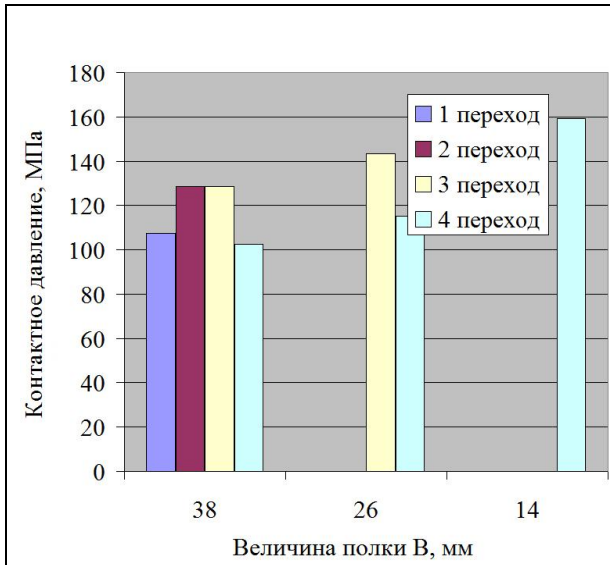
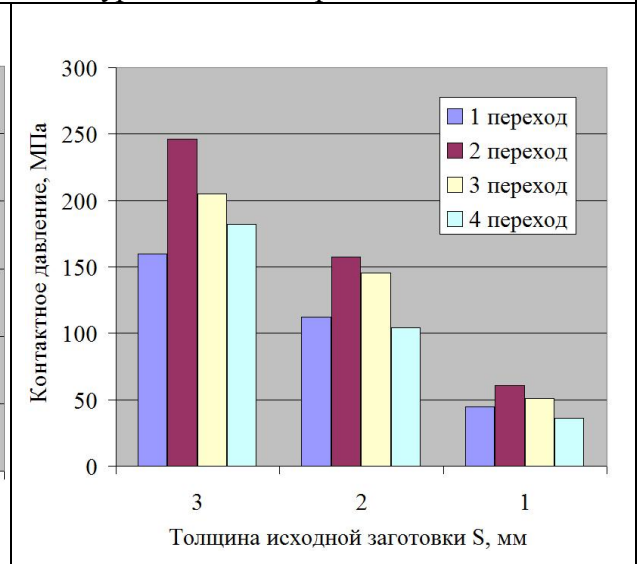
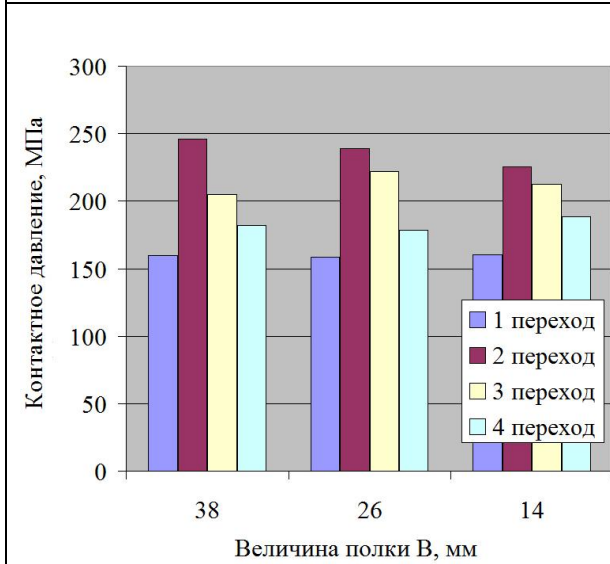


Рис. 6. Усредненное контактное давление для профиля 60x38x3 для следующих контактных зон (I – с формующим радиусом верхнего ролика, II – с конической частью нижнего ролика (предторцевая часть заготовки), III – с прямолинейной частью (дном нижнего ролика), IV – с буртом нижнего ролика, V – с конической частью верхнего ролика (предторцевая часть заготовки), VI – с конической частью нижнего ролика (предугловая часть заготовки), VII – с конической частью верхнего ролика (предугловая часть заготовки), VIII – с прямолинейной частью верхнего ролика)

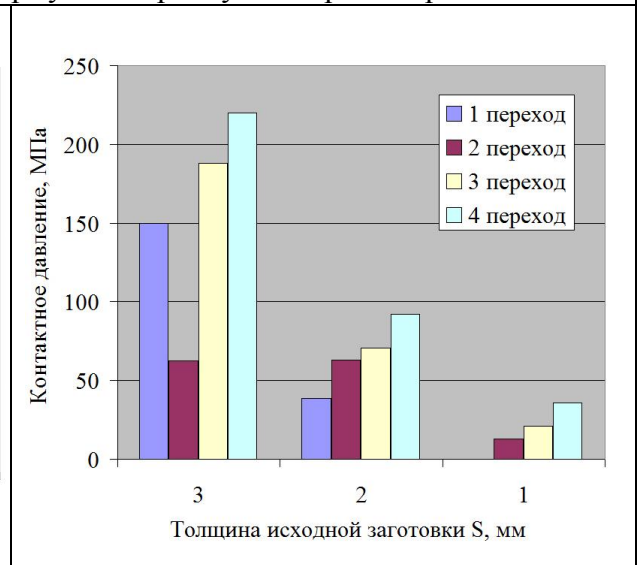
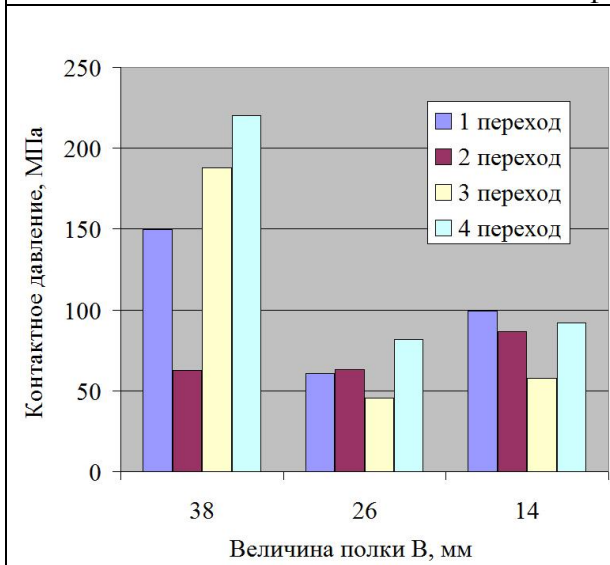
Анализ построенных диаграмм (рис. 7) показал предполагаемое уменьшение контактных давлений и усилий при уменьшении толщины заготовки, в тоже время, применяемый при интенсивном деформировании бурт приводит к увеличению контактных давлений при уменьшении высоты полки, а значительные контактные давления по формующим зонам верхнего ролика позволяют говорить о необходимости применения другого метода формования уголковых зон.



Контактное давление заготовки с буртом нижнего ролика



Контактное давление заготовки с формующим радиусом верхнего ролика



Контактное давление предторцевой части за-ки с конической частью нижнего ролика

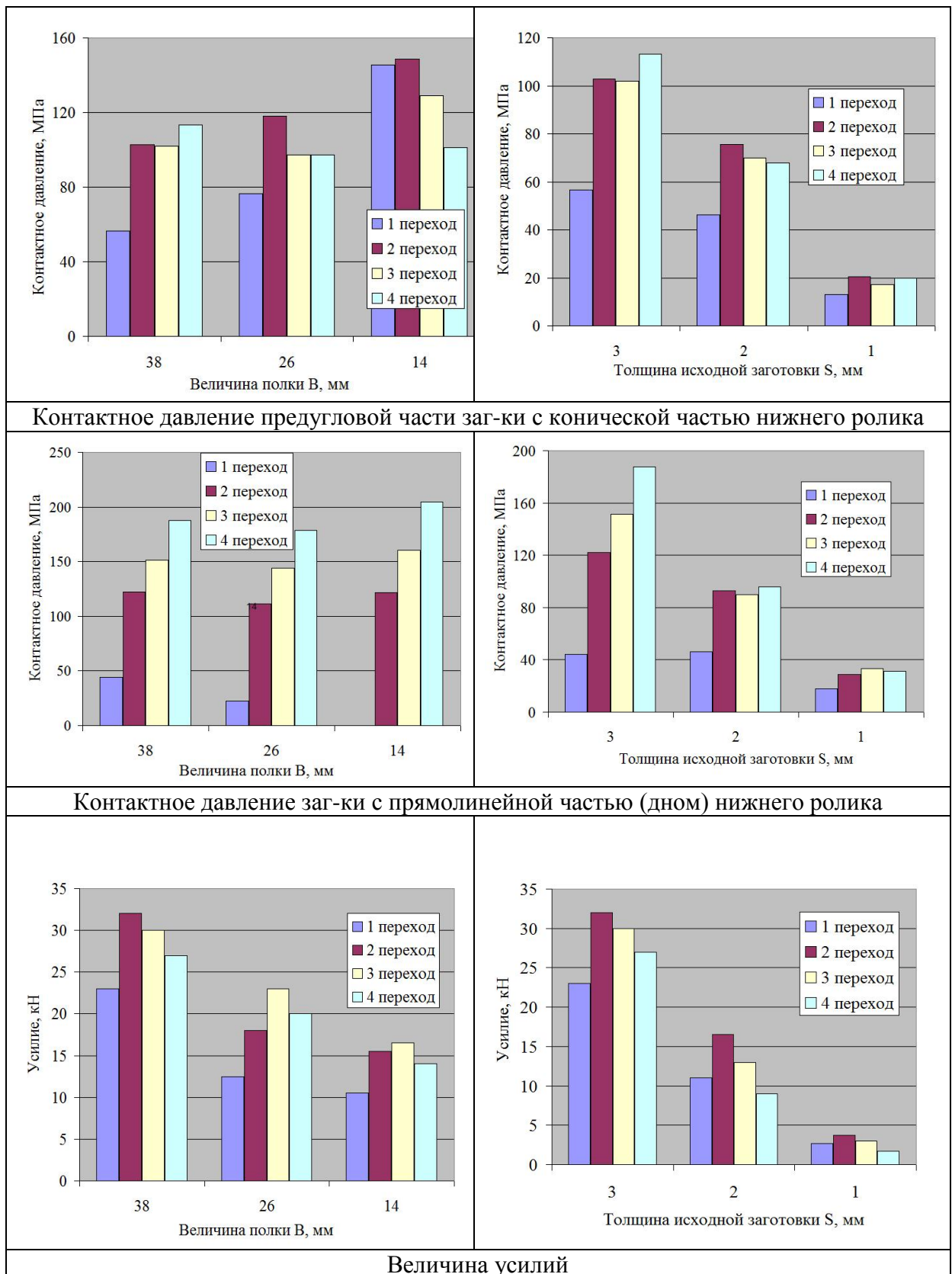


Рис. 7. Диаграммы по величинам контактного давления и усилию по переходам: слева при S=3 мм, справа при B=38 мм

Наличие контакта с буртом ролика от геометрических параметров рассматриваемого профиля представлена в таблице 1.

Таблица 1

Наличие контакта полки профиля с буртом нижнего ролика, величина контактного давления (МПа) и характерный вид контакта

	1 переход ($\alpha=20^{\circ}$)			2 переход ($\alpha=45^{\circ}$)			3 переход ($\alpha=75^{\circ}$)			4 переход ($\alpha=90^{\circ}$)		
	S=3	S=2	S=1	S=3	S=2	S=1	S=3	S=2	S=1	S=3	S=2	S=1
V=38	104	40	-	137	57	13	142	61	15	94	40	11
V=26	-	-	-	-	-	-	142	61	16	126	54	13
V=14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	153	91	22
Вид контакта										см. рис. 11		

На 1-м и 2-м переходах контакт с буртом имел место только для профилей с шириной полки $V=38$ мм, на 3-м переходе для профилей с полкой $V=38$ и $V=26$ мм, на 4-м переходе контакт с буртом происходит для всех ширин полок профиля.

Характерно, что при углах подгибки 20° и 45° контакт происходил с предторцевой зоной заготовки, а при углах 75° контакт смещался в сторону угловой зоны профиля, что было отмечено в наших более ранних работах [2].

Зоны контакта с конической частью нижнего ролика и максимальные значения контактного давления по переходам приведены на рис. 8-11. Направление движение заготовки слева-направо.

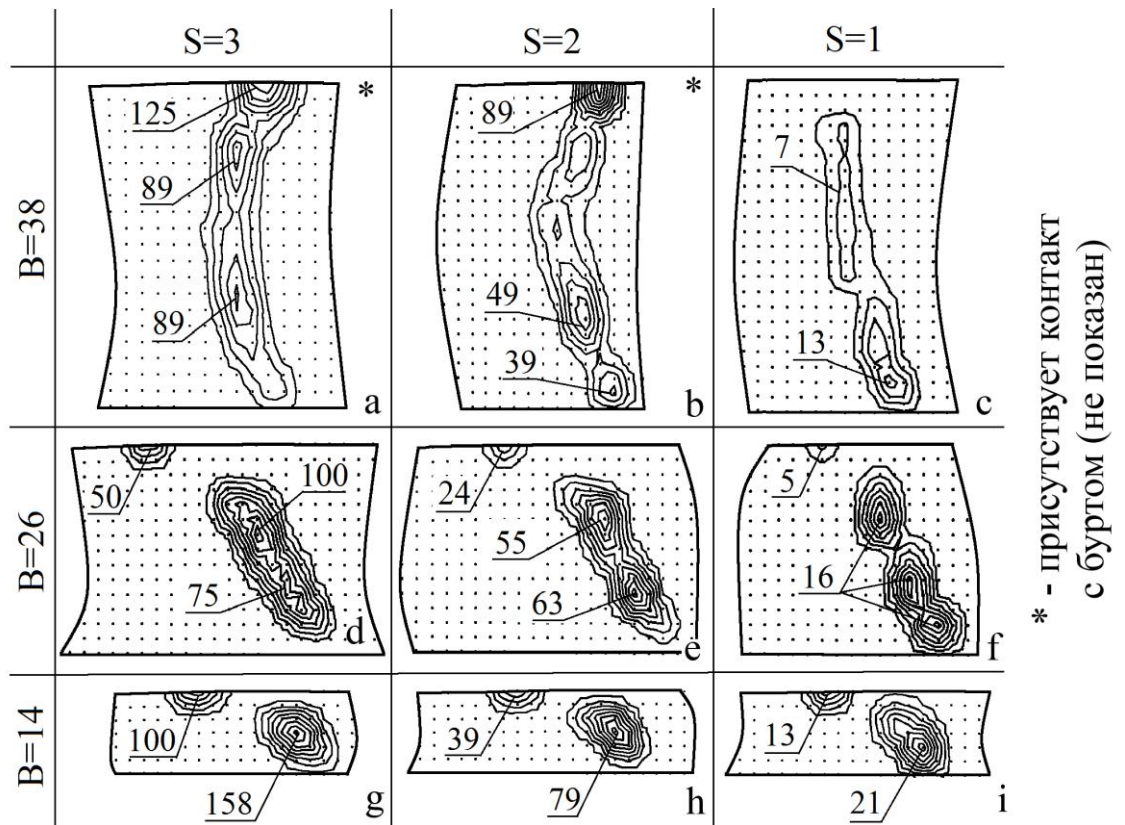


Рис. 8. Зоны контакта между конической частью нижнего ролика и заготовкой на первом переходе ($\alpha = 20^0$) и максимальные давления (МПа) для швеллера 60xBxS

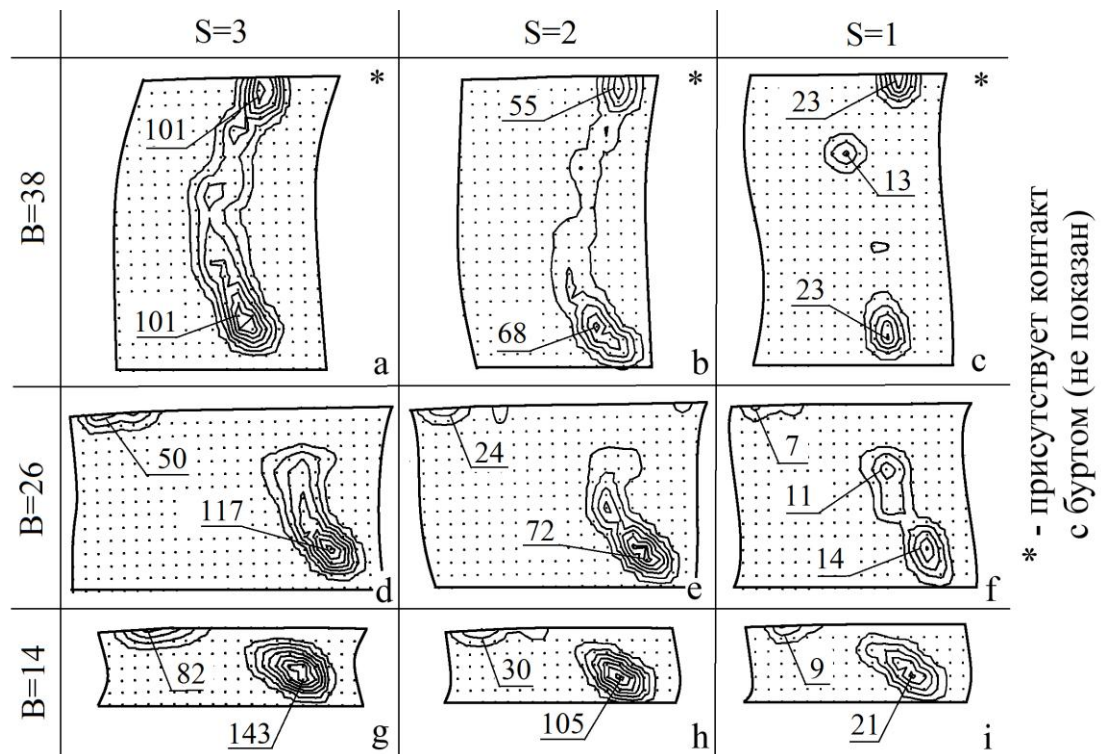


Рис. 9. Зоны контакта между конической частью нижнего ролика и заготовкой на втором переходе ($\alpha = 45^0$) и максимальные давления (МПа) для швеллера 60xBxS

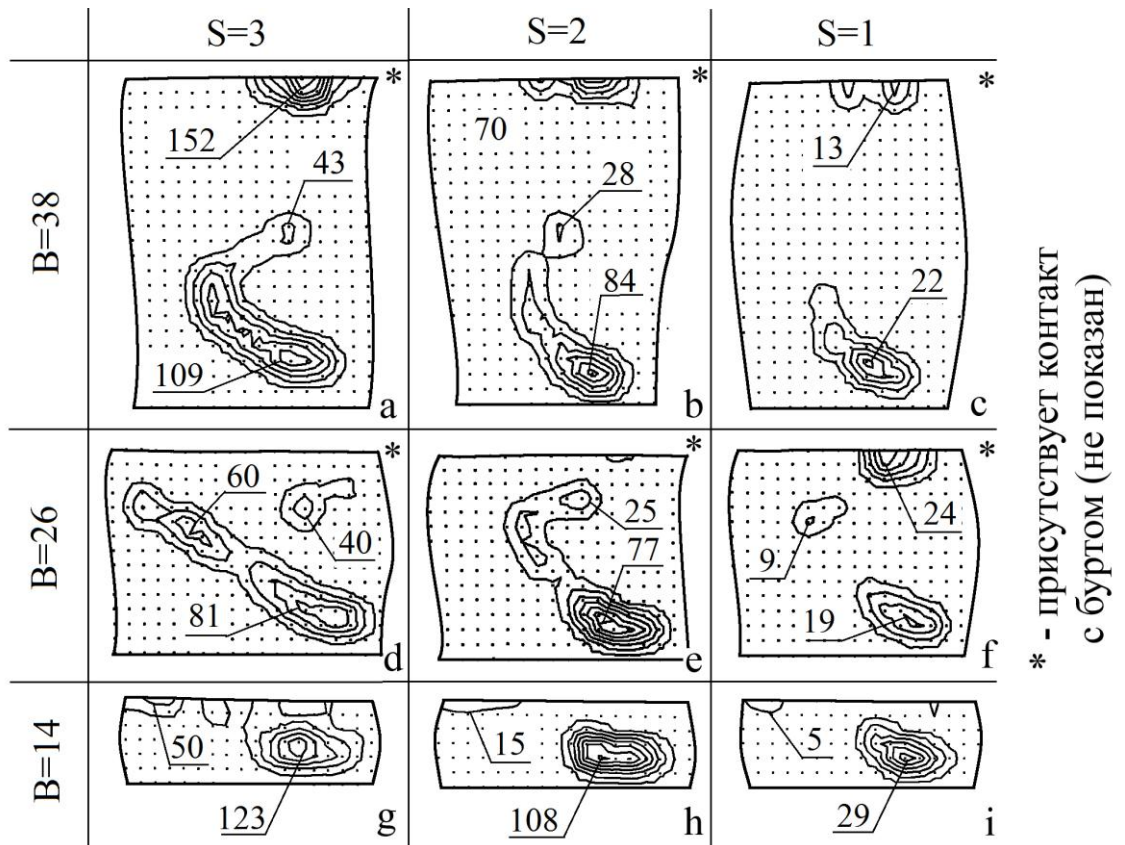


Рис. 10. Зоны контакта между конической частью нижнего ролика и заготовкой на третьем переходе ($\alpha = 75^0$) и максимальные давления (МПа) для швеллера 60xВxS

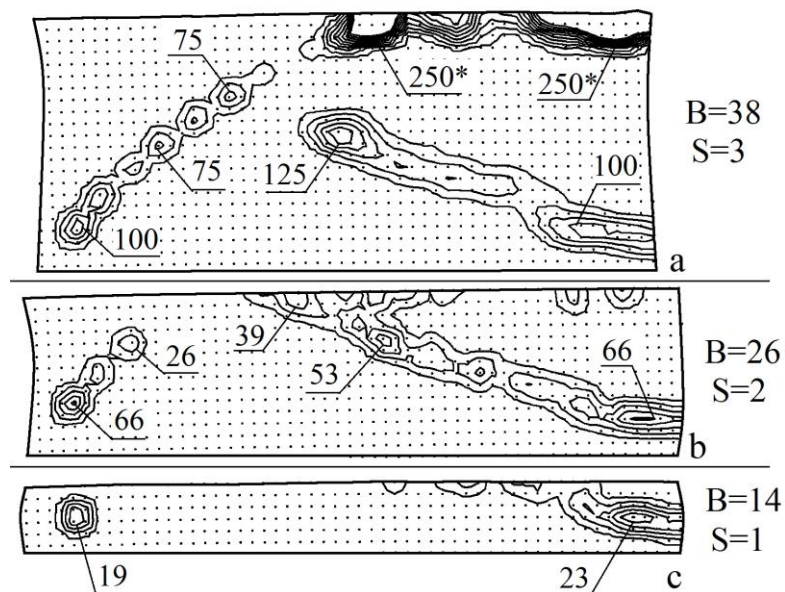


Рис. 11. Зоны контакта между цилиндрической частью нижнего ролика (включая бурт) и заготовкой на четвертом переходе ($\alpha = 90^0$) и максимальные давления (МПа) для швеллера 60xВxS

Моделирование позволило установить распределение и величины контактных усилий на заготовку со стороны инструмента, что позволит проанализировать способы их уменьшения

Также были исследованы другие процессы обработки металлов давлением с применением программы LS-DYNA. К таким исследованиям можно

относительно формирования изделия методом Incremental sheet forming (ISF), который представляет собой серию незначительных деформаций посредством наконечника, закрепленного в руке робота (ЧПУ). Использование данного метода позволяет получать как прямоугольные, так и конусные изделия из различных, в т.ч. и композиционных материалов. Моделирование позволяет выявить технологические режимы изготовления деталей методом ISF (рис. 12).

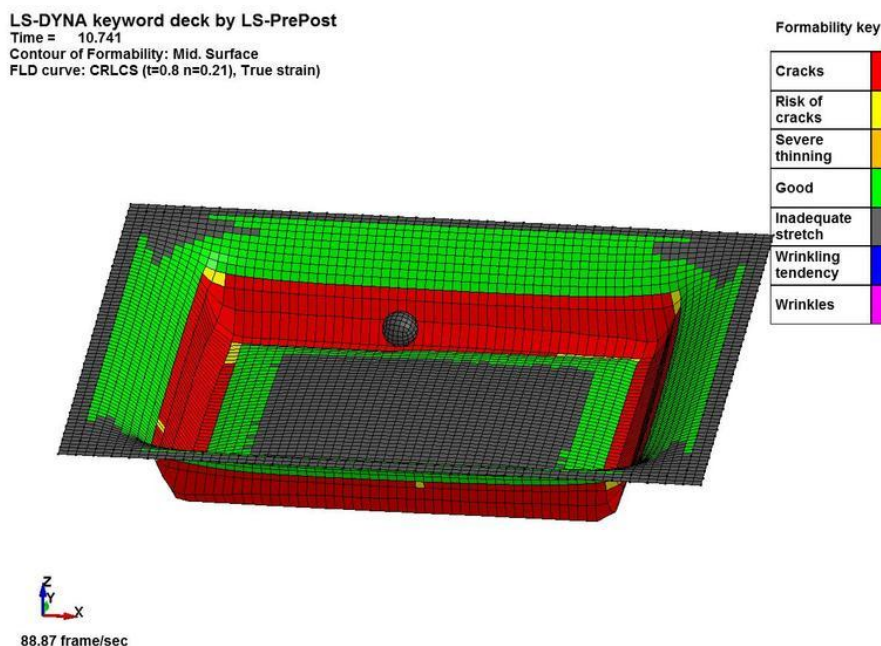


Рис. 12. Моделирование процесса изготовления детали методом ISF

Среди новых доступных для моделирования методов изготовления деталей из листового материала и изготовление гнутых профилей можно отметить метод электромагнитной формовки, активно развиваемый в программе LS-DYNA. Это может быть электромагнитная вырубка отверстий на деталях различной формы, элементы подштамповки на гнутых профилях и т.п. Преимущество данного метода является бесконтактное взаимодействие между инструментом и заготовкой, что позволит деформировать зоны, где отсутствует подвод инструмента.

Также является полезной использование отдельной программы LS-OPT, являющейся оптимизатором для LS-DYNA, что позволит оптимизировать технологические процессы, как листовой обработки материалов, так и изготовление гнутых профилей.

Эти два направления являются перспективными для АО “Ульяновский НИИТ”

Применение программы LS-DYNA, позволяет с большой точностью моделировать различные процессы ОМД: штамповки, изготовления гнутых профилей и др. Моделирование позволяет получить все необходимые данные по форме, НДС и энергосиловым параметрам процесса. При наличии дефектов на заготовке или инструменте моделирование позволит увидеть их еще

на стадии проектирования изделия. Все это позволяет на стадии проектирования устранить все дефекты и разработать высокоэффективную и прогрессивную схему, с минимальными затратами при запуске в производство.

Библиографический список

1. Моделирование процессов обработки металлов давлением в программе http://dynaomd.ru/images/Download/LSDYNA_book_metalforming.pdf
2. Илюшкин М.В. Интенсивная технология производства гнутых профилей из материалов с покрытием в роликах / М.В. Илюшкин, В.И. Филимонов. – Ульяновск: УлГТУ, 2006. – 200 с.