



Бакалаврская работа
по направлению 150300 «Прикладная механика»

Конечно-элементное моделирование и исследование
процесса штамповки
для случая высокопрочных сталей



Выполнил студент гр. 4055/2
Руководитель, к.т.н., проф.
Соруководитель, асс.

М. В. Шарков
А. И. Боровков
О. И. Клявин

Санкт-Петербург
2012

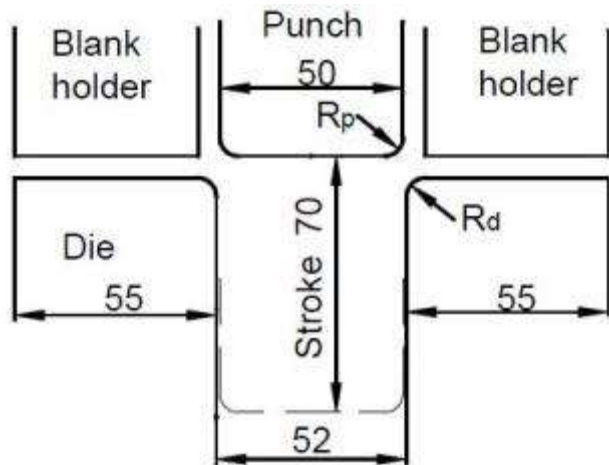


Содержание работы

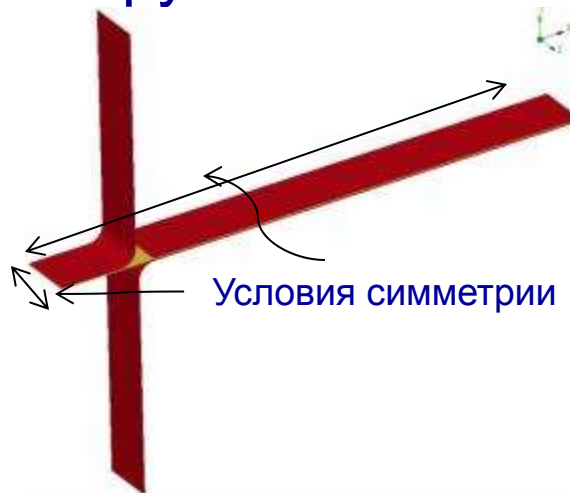
- Введение
- Постановка и КЭ решение задачи об обратном пружинении U-образного профиля
- Исследование параметров процесса штамповки
- Штамповка элемента усиления туннеля для случая высокопрочных сталей
- Заключение



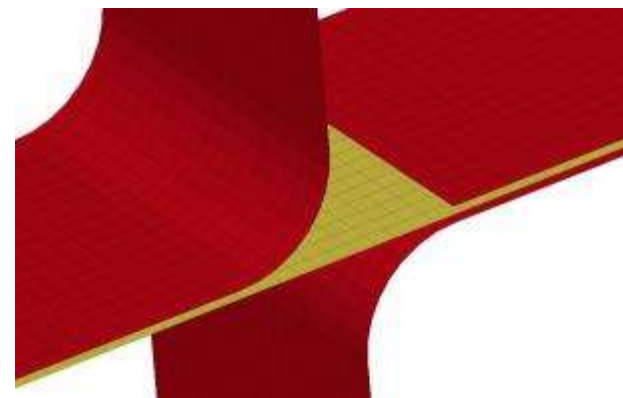
Задача об обратном пружинении U-образного профиля



Геометрия инструмента



КЭ модель задачи с учетом симметрии, размер элемента-1мм



Граничные условия:

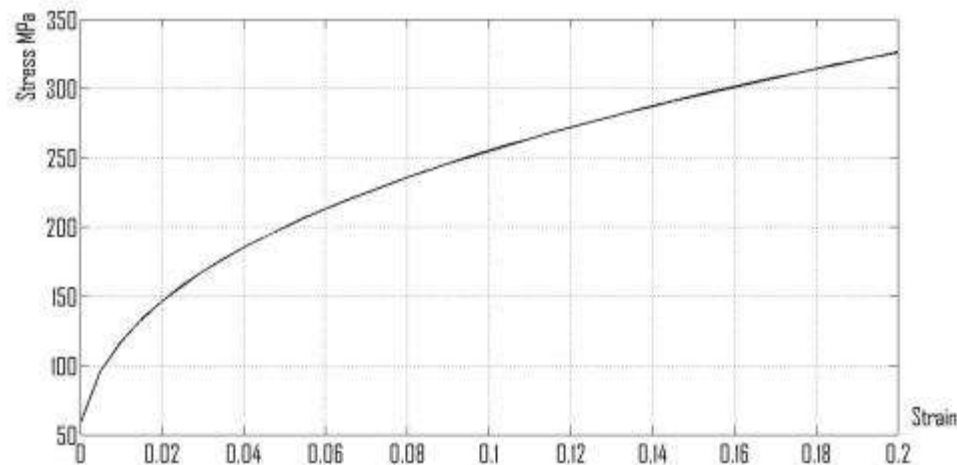
- узлы матрицы: $u_x = u_y = u_z = \text{rot}_x = \text{rot}_y = \text{rot}_z = 0$,
- узлы прижима: $u_x = u_z = \text{rot}_x = \text{rot}_y = \text{rot}_z = 0$,
- узлы пуансона и листа: $x = 0: u_x = \text{rot}_y = \text{rot}_{zx} = 0$,
 $z = 0: u_z = \text{rot}_x = \text{rot}_y = 0$

Движение:

Предписанное перемещение для элементов пуансона. 70мм за 0.005 с

Сила прижатия- 612.5 Н

Коэффициент трения- 0.162



Кривая пластического деформирования материала- алюминия



Анализ обратного пружинения

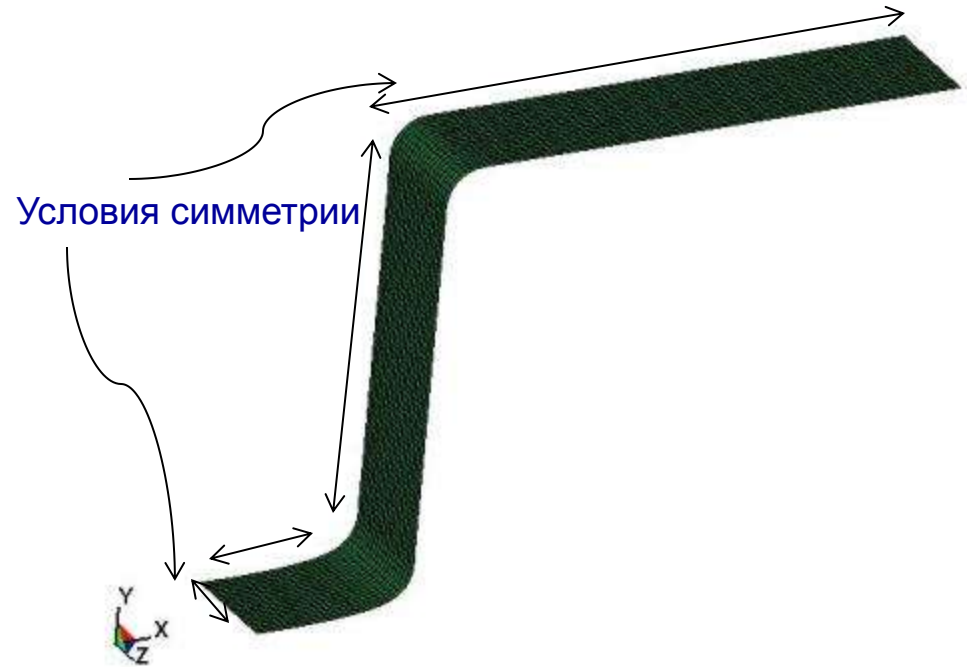
Метод решения задачи-неявный
Рассматривается только лист материала,
Используется функция LS-DYNA
SEAMLESS SPINGBACK ANALYSIS

Граничные условия:

$$x = 0: u_x = \text{rot}_y = \text{rot}_{zx} = 0,$$
$$z = 0: u_z = \text{rot}_x = \text{rot}_y = 0$$

Начальные условия:

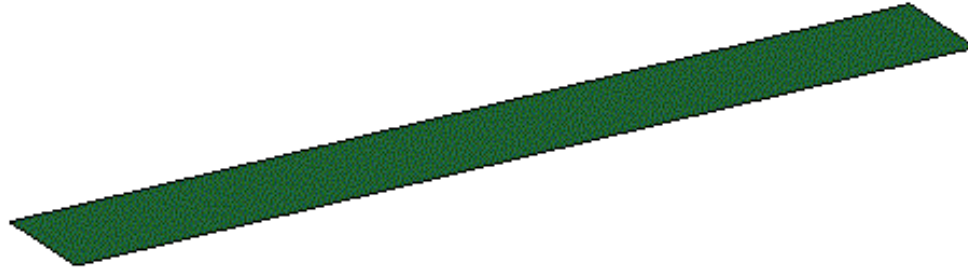
поля перемещений, напряжений и деформаций,
полученные на этапе штамповки



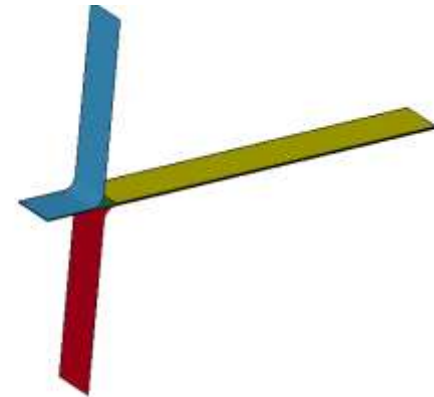


Конечно-элементное решение задачи об обратном пружинении U-образного профиля

Time = 0

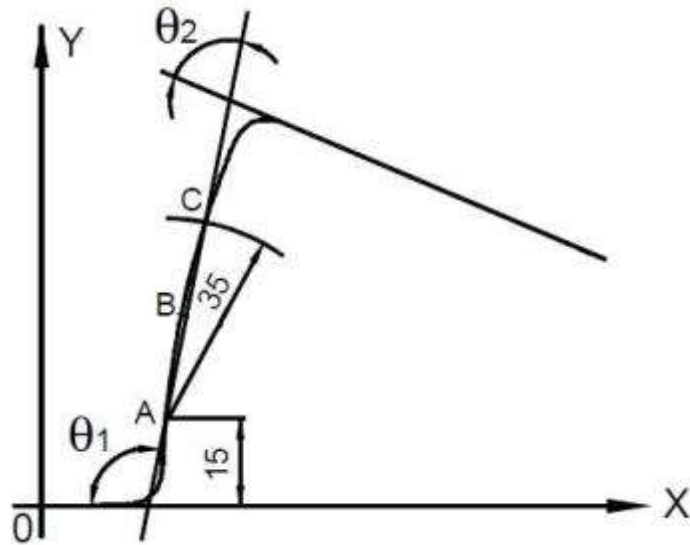


Time = 0

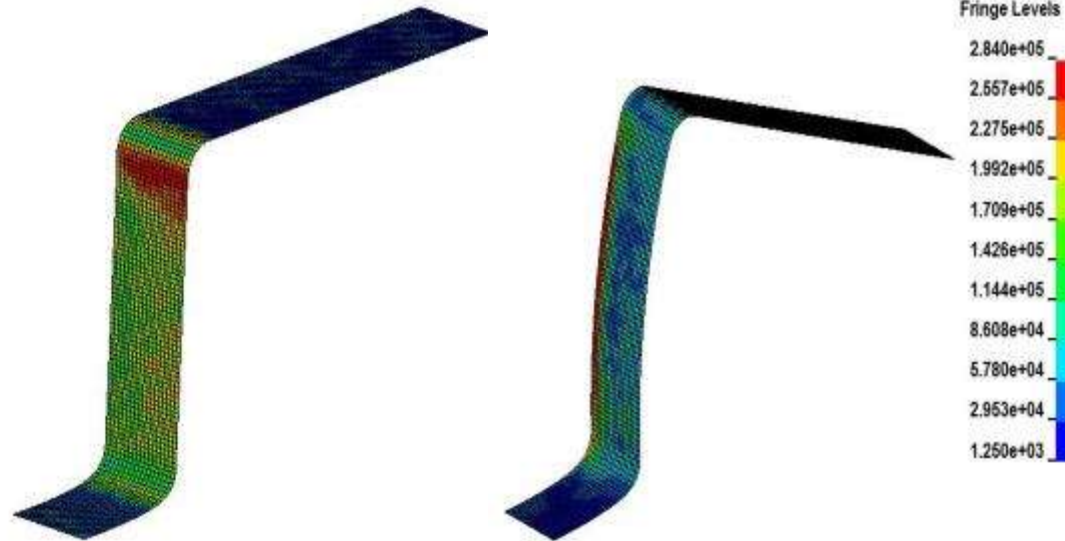




Конечно-элементное решение и Сравнение с экспериментом



Методика измерения углов



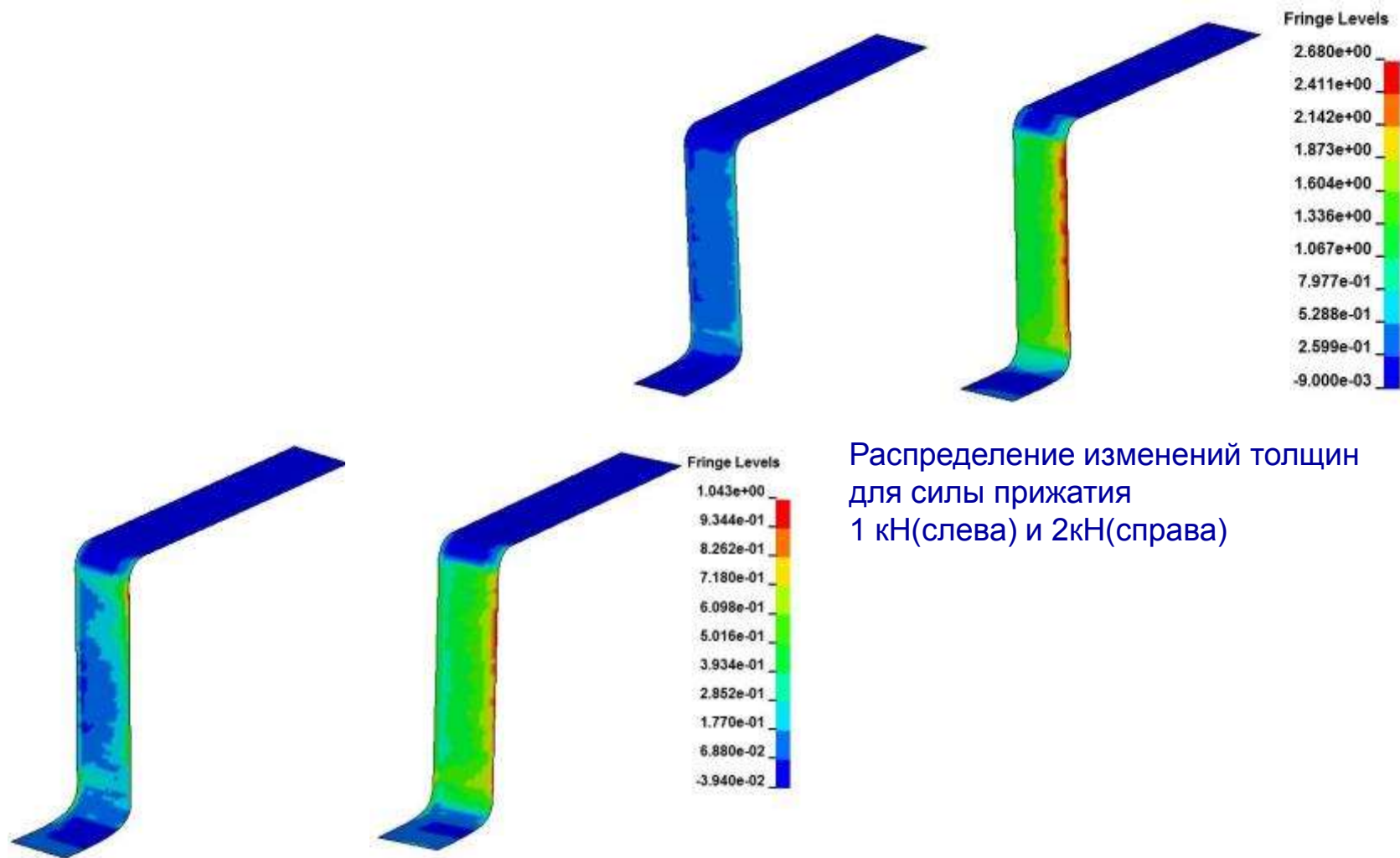
Релаксация напряжений:
напряжения по Мизесу до разгрузки и после

	ϑ_1	ϑ_2
Эксперимент*	112.4	72.8
КЭ	106.4	74.8

* Источник экспериментальных данных-Numisheet '08 conference proceedings.



Влияние на решение силы прижатия и коэффициента трения



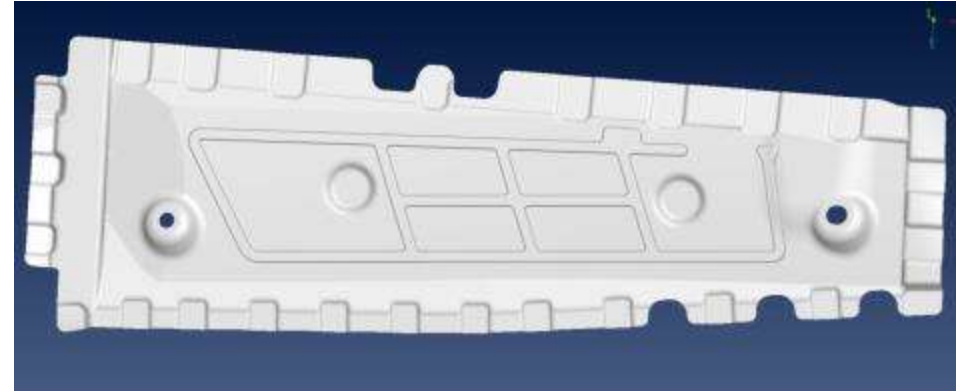
Распределение изменений толщин
для силы прижатия
1 кН(слева) и 2кН(справа)

Распределение изменений толщин
для коэффициентов трения

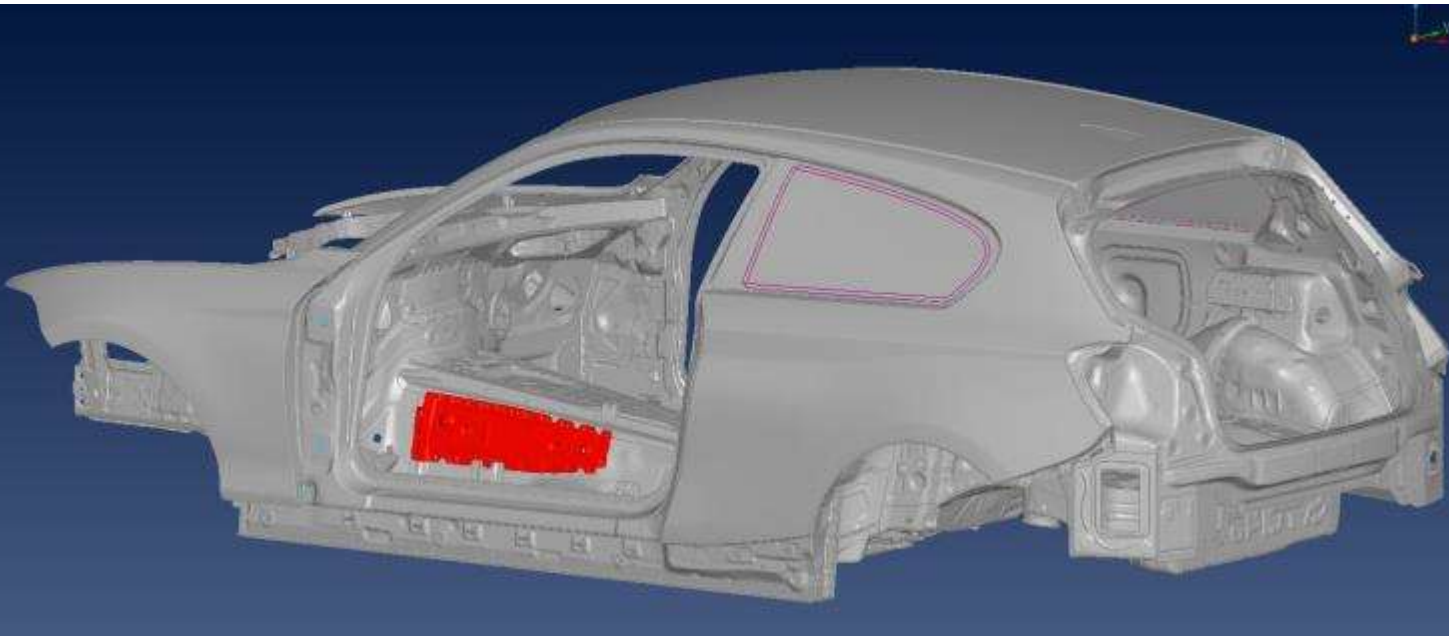
0.05(слева) и 0.25(справа)



Штамповка детали автомобиля



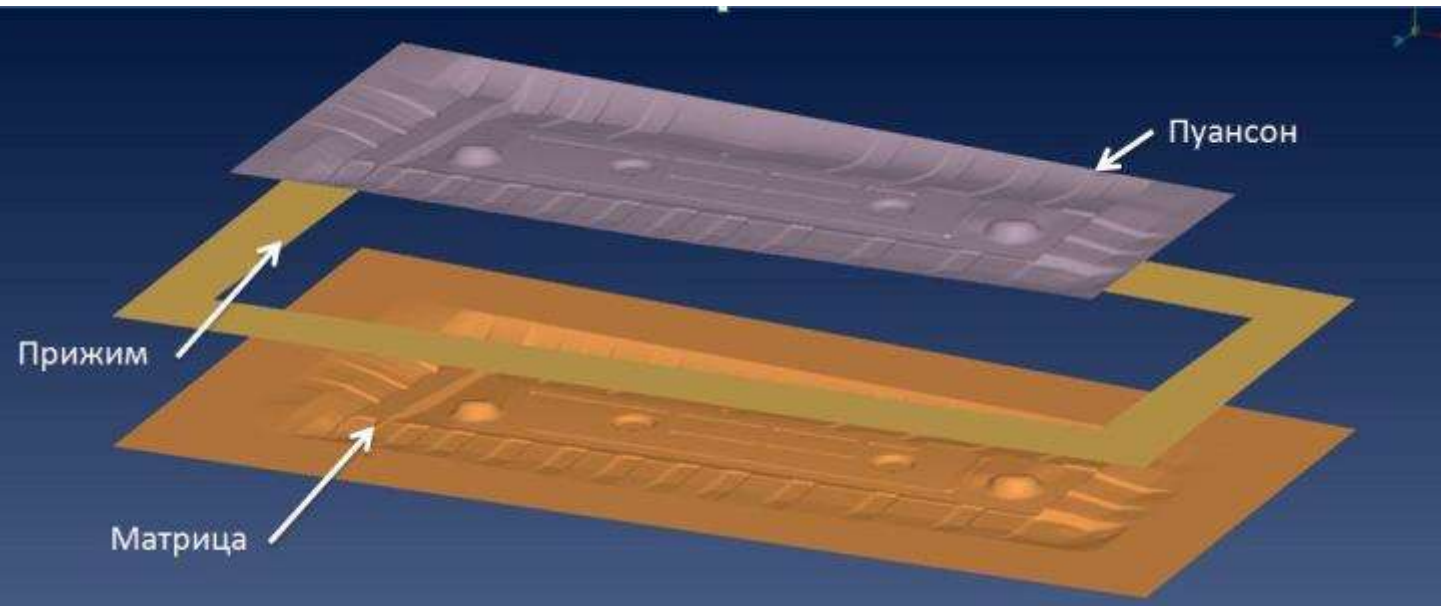
Геометрия детали



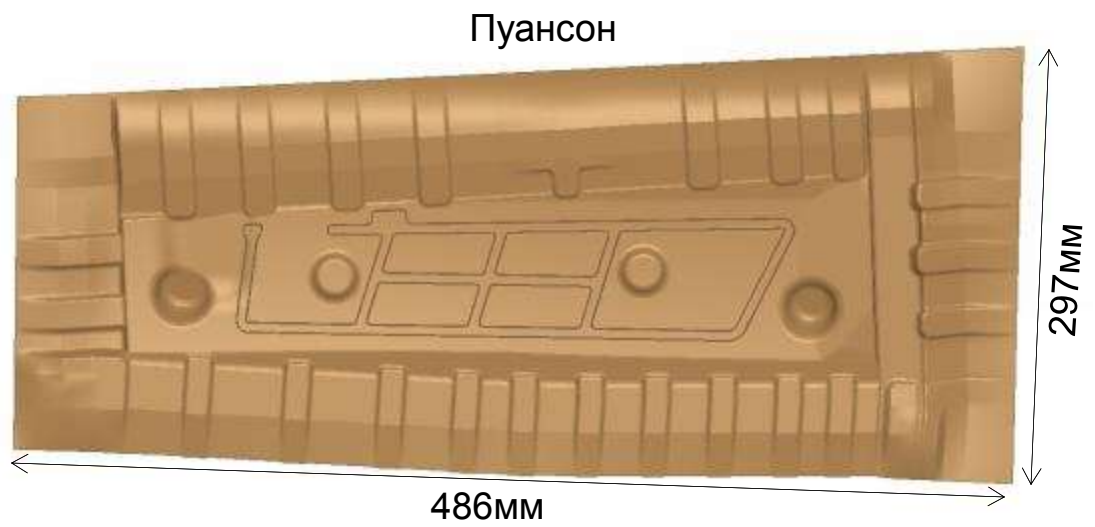
Расположение детали в автомобиле



КЭ модель инструментов для штамповки



Размер элемента: 0.5-2 мм
Количество элементов в модели: 292982



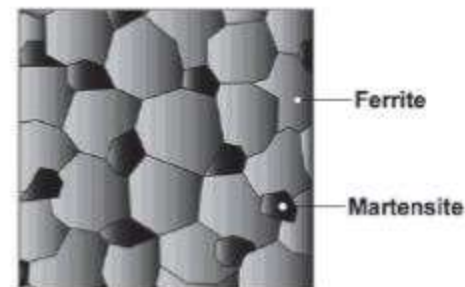


Рассматриваемые стали, модель материала, характеристики листа.

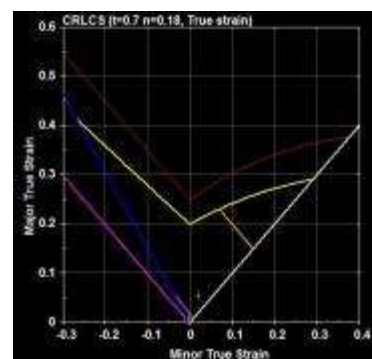
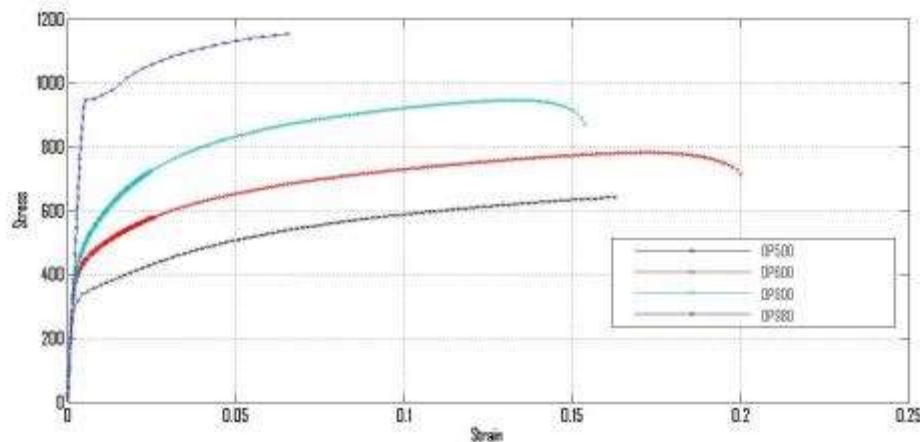
Стали DP500, DP600, DP800, DP 980-двухфазные стали ,
содержащие фазы феррита и мартенсита

Модель материала- `PIECEWISE_LINEAR_PLASTICITY`
упругопластический материал с кусочно-линейным упрочнением

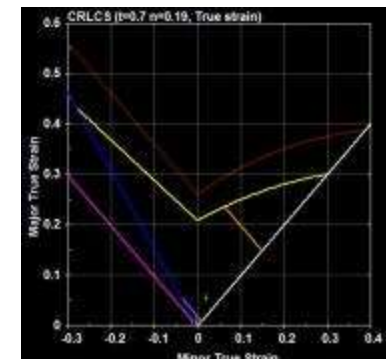
Толщина листа- 0.7мм



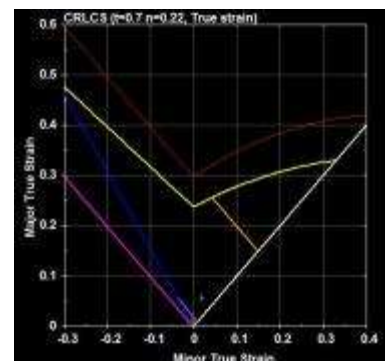
Кривые пределов штампуемости



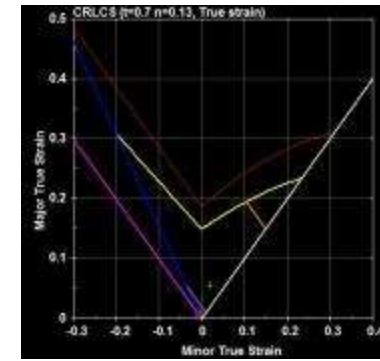
DP500



DP600



DP800



DP980

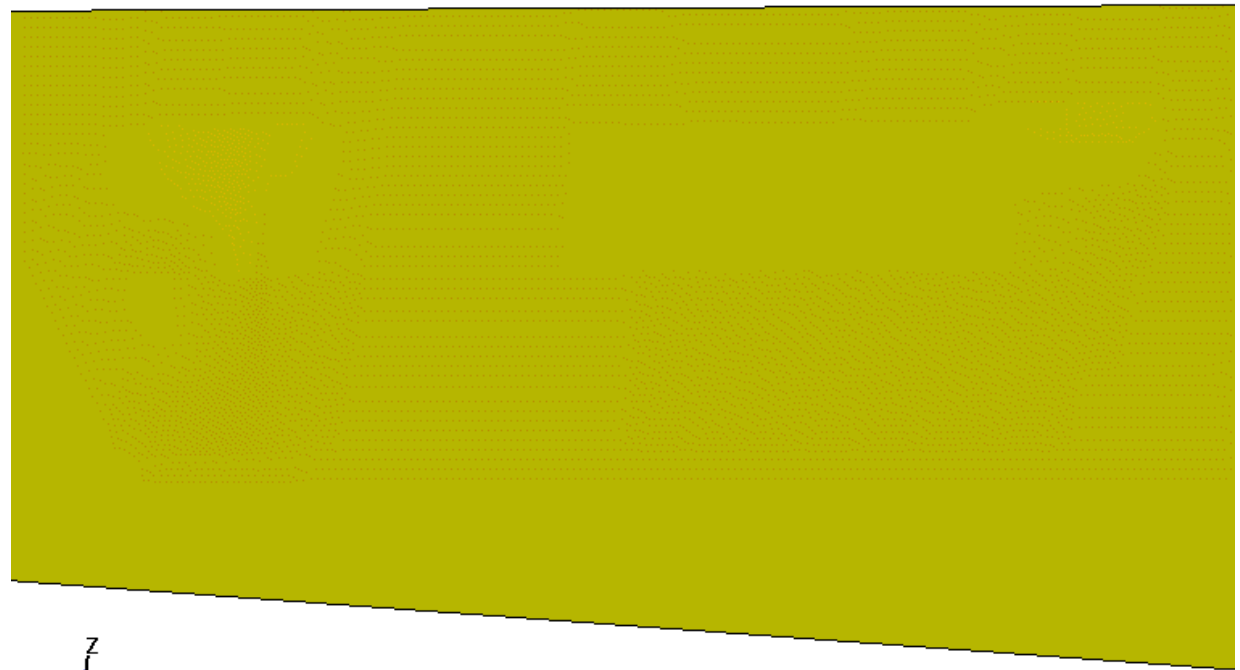
Кривые деформации для рассматриваемых сталей*

* Источник данных- autosteel.org

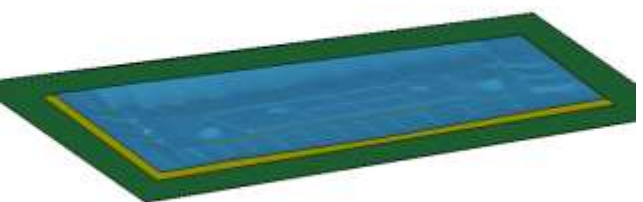


Моделирование процесса штамповки

Time = 0, #nodes=295024, #elem=292982

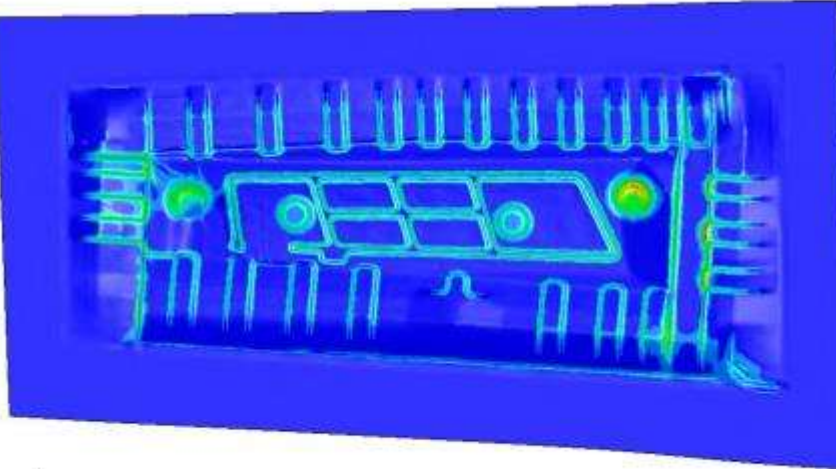
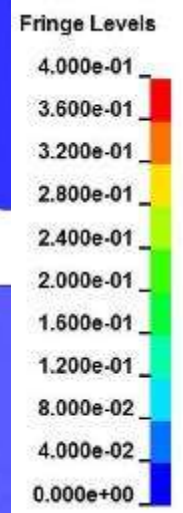


Time = 0.0017995, #nodes=255024, #elem=252982

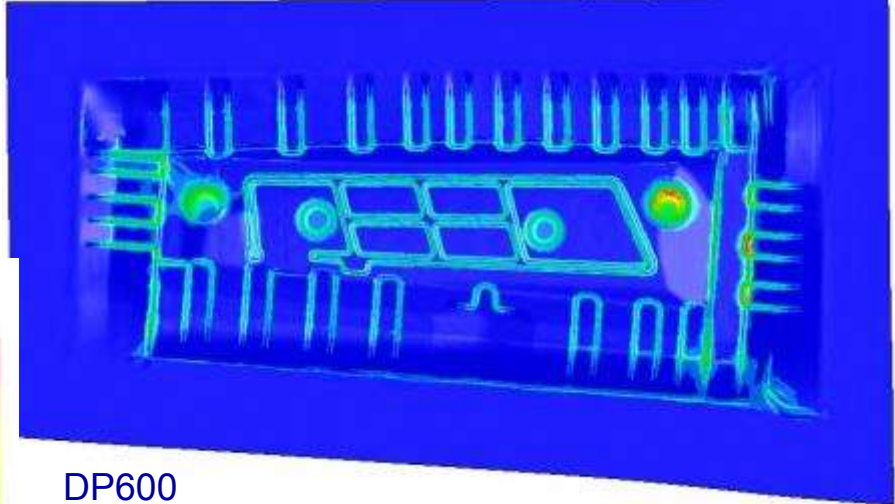




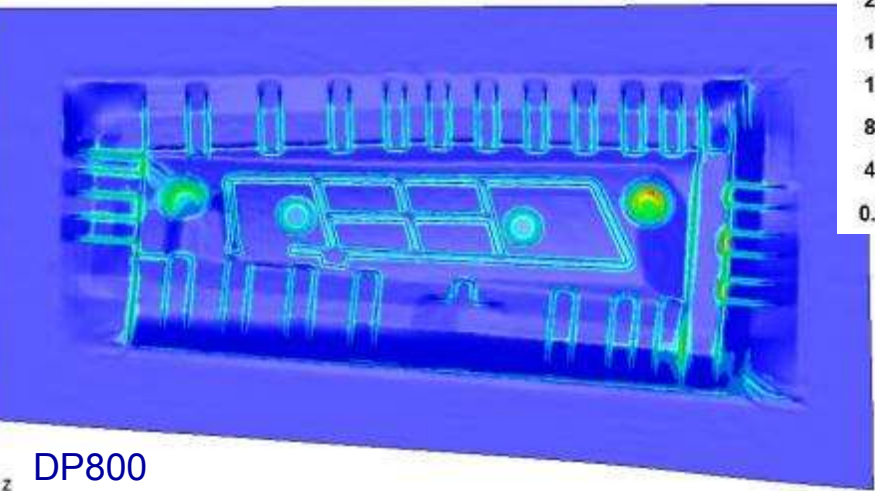
Пластические деформации



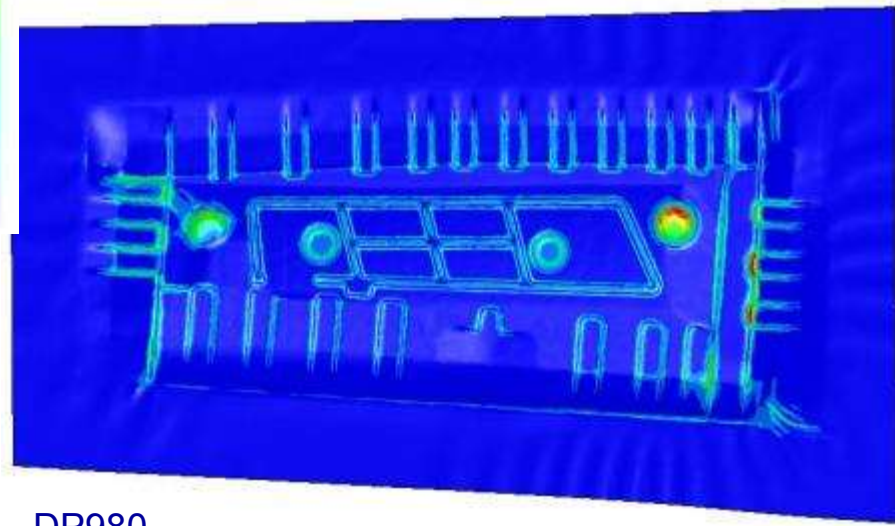
DP500



DP600



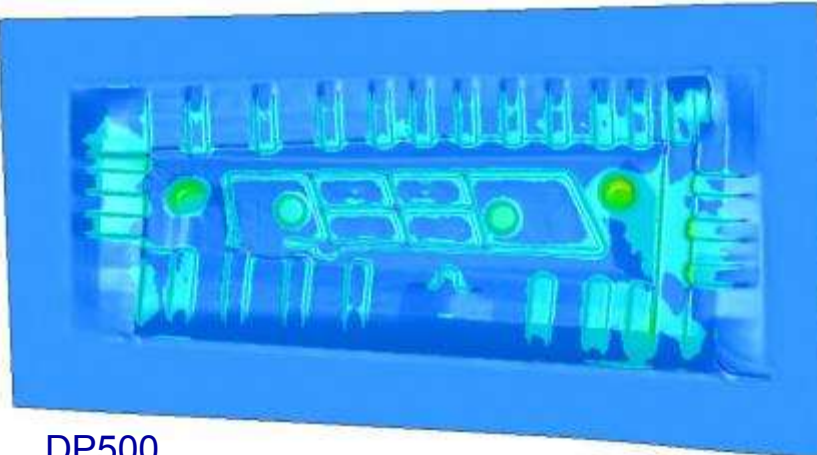
DP800



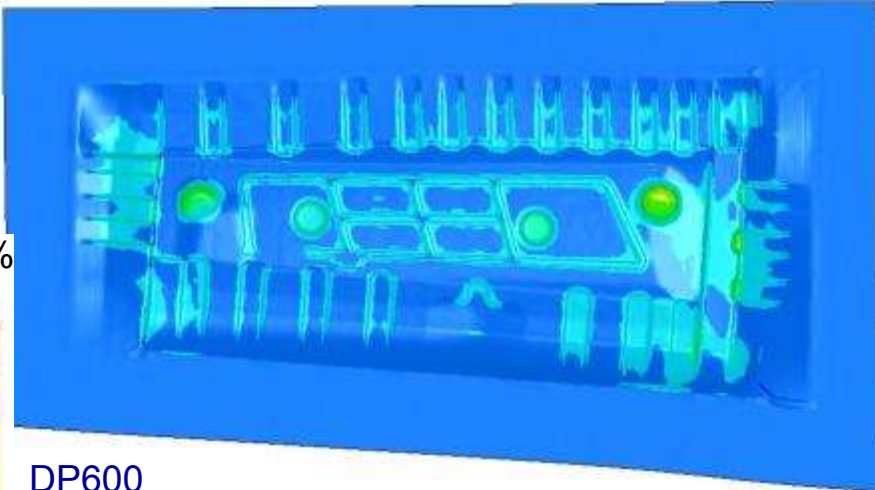
DP980



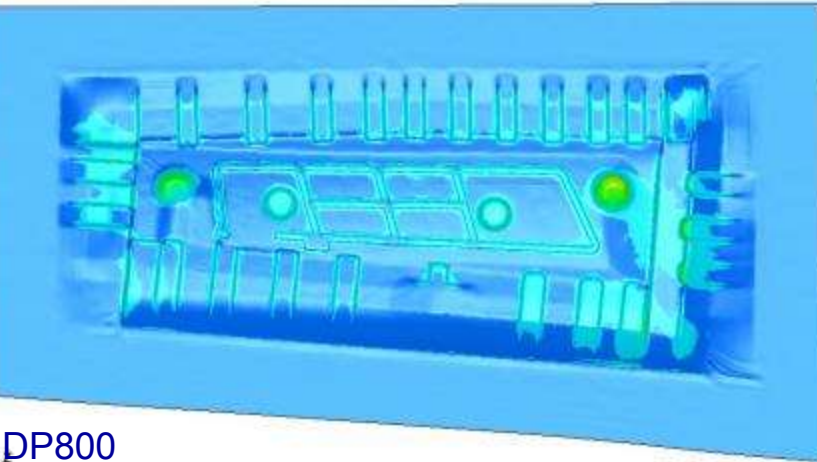
Поля утончений



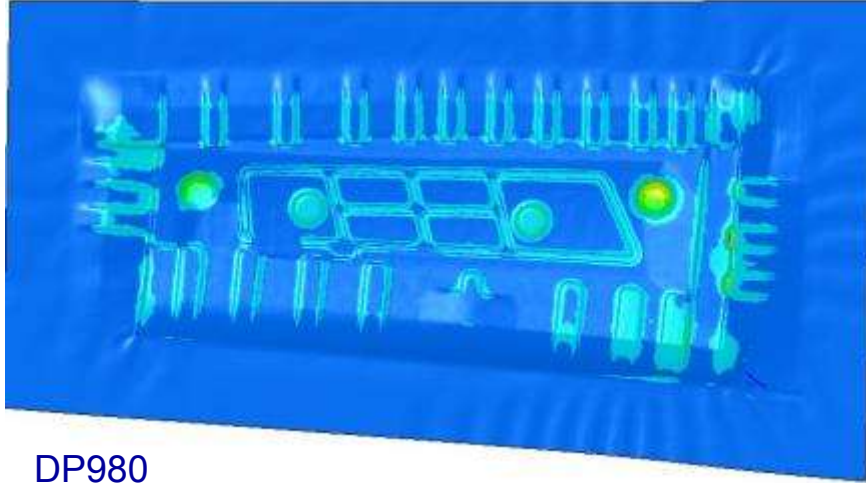
DP500



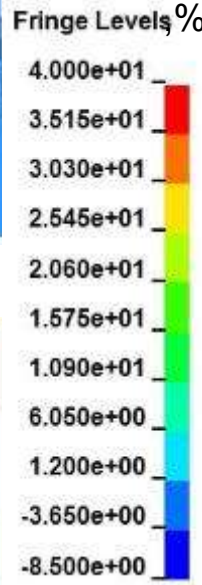
DP600



DP800

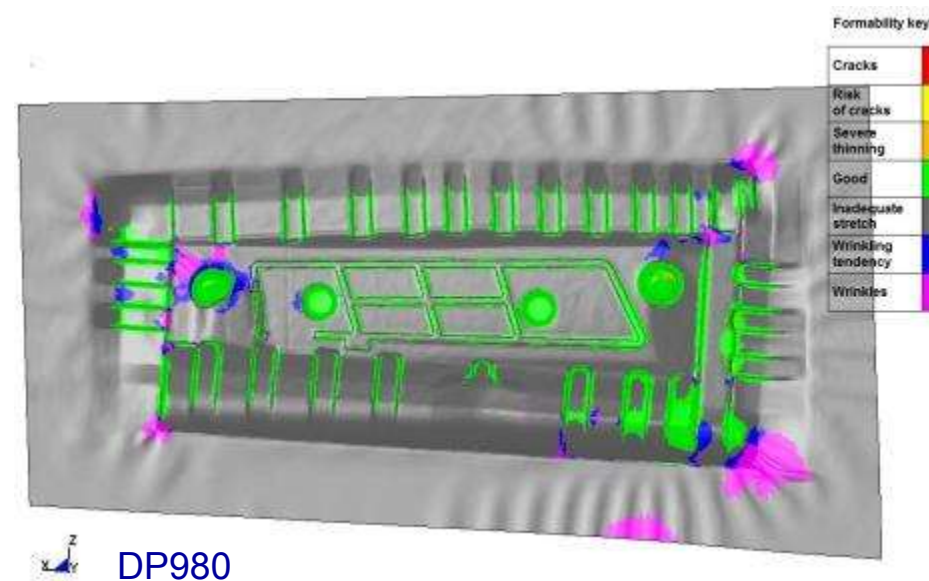
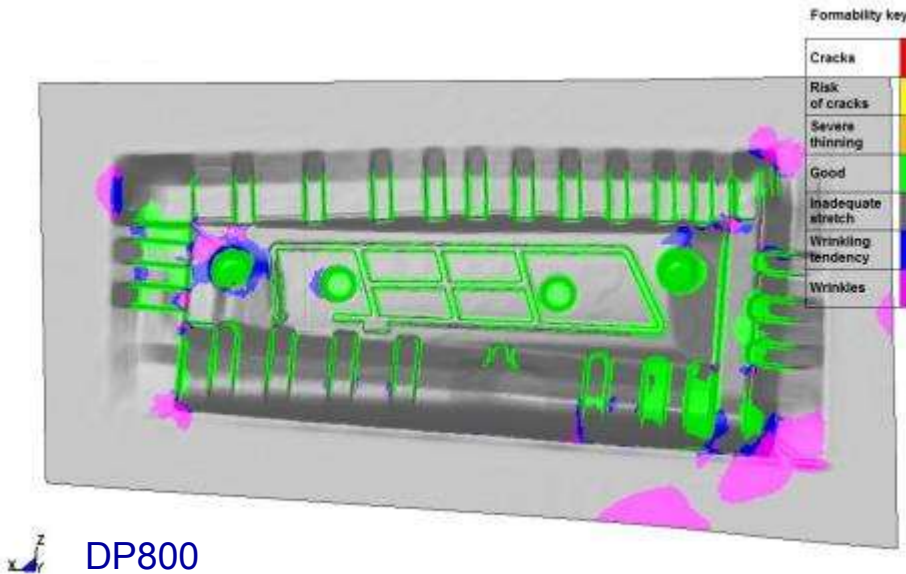
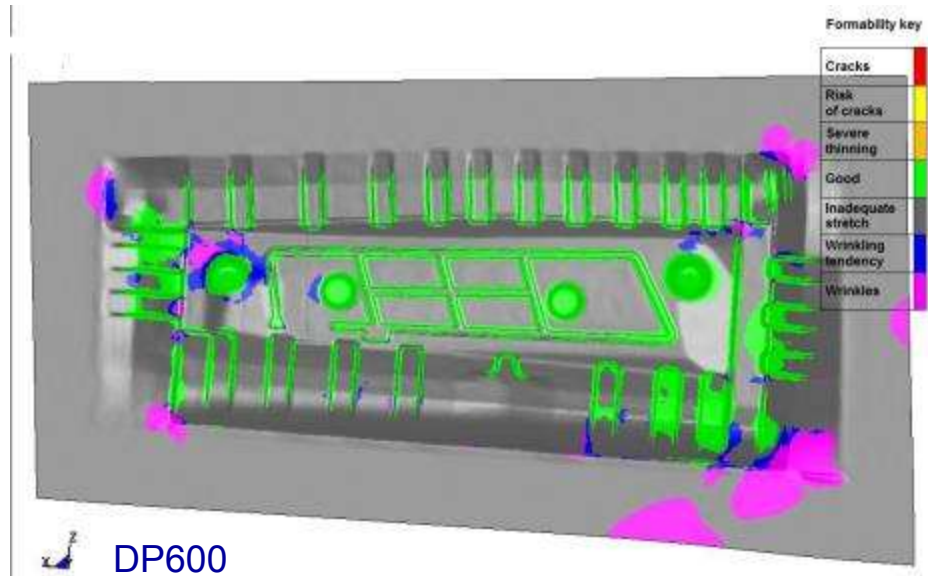
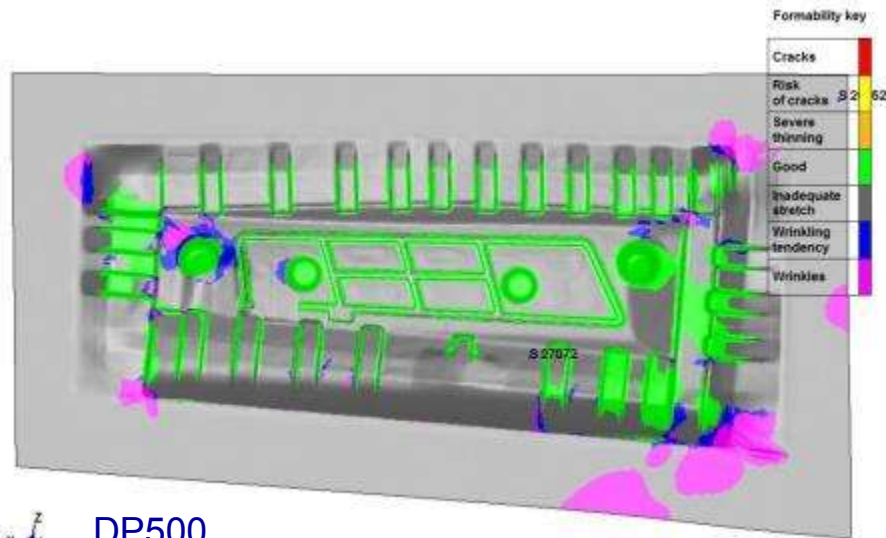


DP980





Диаграммы штампуемости





Заключение

- В работе была решена задача об обратном пружинении U-образного профиля. Получено хорошее соответствие результатов численного моделирования и эксперимента.
- Проанализировано влияние на результаты обработки листового металла таких параметров процесса, как коэффициент трения и сила прижатия. На основе полученных данных можно сделать вывод, что для качественного предсказания оценки остаточных напряжений, обратного пружинения и полей толщин необходимо иметь полную информацию о процессе.
- Проведено конечно-элементное моделирование процесса штамповки для элемента усиления туннеля для случая четырех разных марок высокопрочных сталей. Получены поля толщин, пластических деформаций и диаграммы штампуемости. Из полученных результатов видно, что при повышении прочности стали, падает ее штампуемость. Для сталей DP500, DP600, DP800 определены критические зоны и предложены возможности устранения дефектов. Сталь DP980 для данной детали оказалась неприменима
- Из отсутствия однозначных тенденций и зависимостей от прочности можно сделать вывод, что при введении новых материалов в производство следует проводить тщательный анализ возможности его применения.
- Полученные в задаче поля толщин могут быть учтены в работе автомобиля в целом. Предполагается продолжить исследования на эту тему



Спасибо за внимание!