

УДК 621.986

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПЕРЕТЯЖНОГО РЕБРА ДЛЯ ШТАМПОВКИ АВТОМОБИЛЬНОГО КАПОТА

*Ми Синьхун<sup>(1)</sup>, Гу Цзявэй<sup>(2)</sup>**Магистр 2 года<sup>(1)</sup>, аспирант 2 года<sup>(2)</sup>,  
кафедра. «Технологии обработки давлением»  
Московский государственный технический университет**Научный руководитель: С.А. Евсюков,  
доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии обработки давлением»*

*Путем регулировки параметров перетяжных ребер можно уменьшить силу ограничения на единичную длину, контролировать направление течения металла и уменьшить недостаточной деформации на поверхности.*

*Ключевые слова: капот, моделирование AUTOFORM, перетяжное ребро.*

В статье исследуются параметры перетяжного ребра на качество штампуемого автомобильного капота посредством моделирование в программном комплексе AUTOFORM.

В процессе вытяжки-формовки автомобильных кузовных панелей проектирование перетяжных ребер играет очень важную роль [1]. Это связано с тем, что при сложной вытяжке-формовке, возможно появление сжимающих напряжений и как следствие складок металла.

Для устранения этого необходимы перетяжные ребра, которые создают значительное сопротивление течению металла заготовки [2]. Одновременно использование ребер позволяет предотвратить появление волнистости и повысить качество штампованного изделия. Схематическое изображение принципа работы перетяжного ребра показано на Рис. 1.

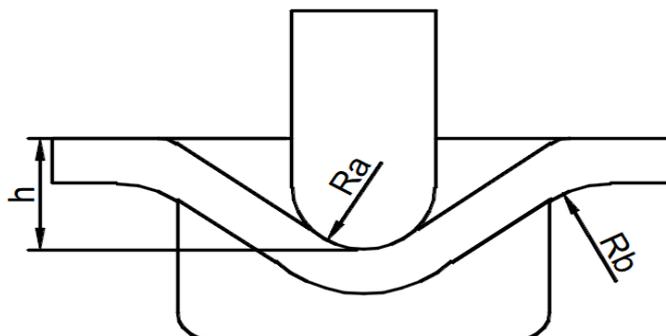


Рис. 1. Схематическое изображение принципа работы перетяжного ребра  
 $h$  - высота перетяжного ребра,  $Ra$  - радиус закругления перетяжного ребра,  
 $Rb$  - радиус закругления матрицы

Сила перетяжного ребра обычно зависит от высоты перетяжного ребра  $h$ , радиуса закругления перетяжного ребра  $Ra$ , радиуса закругления матрицы  $Rb$ , коэффициенты трения  $\mu$  и силы прижим  $Q$ . Капот автомобиля деталь достаточно сложная, поэтому протяженность перетяжных ребер разбивалась на участки Рис.2. Для каждого участка задавалась своя геометрия перетяжного ребра (таблица 1). Всего анализировалось 4 возможных сочетаний параметров перетяжного ребра.

Сила прижима задавалась равной 3 МПа. Для смазки использовалась базовая модель кулоновского трения с коэффициентом трения 0,15. Материал сталь DC04. Толщина заготовки составляет 1,2 мм.

Результаты моделирования в программе AUTOFORM показаны на Рис. 3-6.

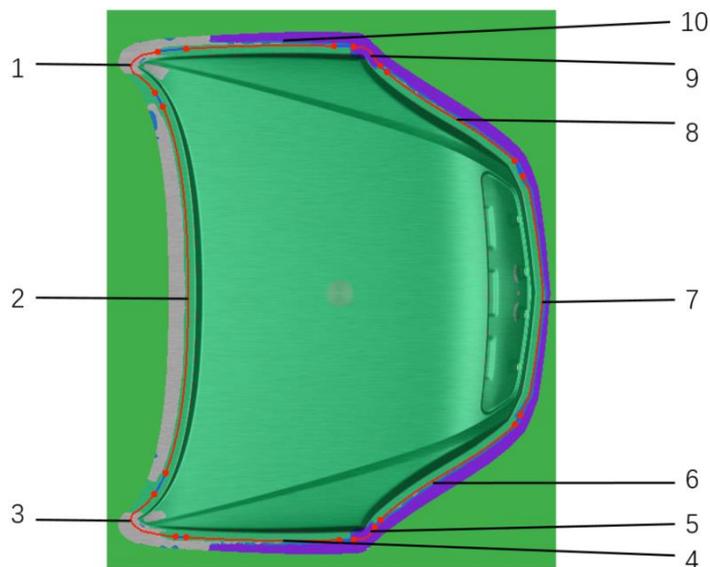


Рис. 2. Схема сегментированного перетяжного ребра

Таблица 1. Параметры перетяжного ребра

№	Участок перетяжного ребра (рис.3)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	высоты перетяжного ребра h/мм	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	радиуса закругления перетяжного ребра Ra/мм	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	радиус закругления матрицы Rb/мм	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	сила ограничения на единичную длину перетяжного ребра Н/мм <sup>2</sup>	285	285	285	285	285	285	285	285	285	285
2	высоты перетяжного ребра h/мм	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	радиуса закругления перетяжного ребра Ra/мм	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	радиус закругления матрицы Rb/мм	3	5	3	5	5	5	5	5	5	5
	сила ограничения на единичную длину перетяжного ребра Н/мм <sup>2</sup>	285	223	285	223	223	223	223	223	223	223
3	высоты перетяжного ребра h/мм	5	5	5	5	0	5	5	5	0	5
	радиуса закругления перетяжного ребра Ra/мм	5	5	5	5	0	5	5	5	0	5
	радиус закругления матрицы Rb/мм	3	5	3	7	0	7	7	7	0	7

	сила ограничения на единичную длину перетяжного ребра Н/мм <sup>2</sup>	285	223	285	184	0	184	184	184	0	184
4	высоты перетяжного ребра h/мм	5	5	5	5	0	5	6	5	0	5
	радиуса закругления перетяжного ребра Ra/мм	5	5	5	5	0	5	5	5	0	5
	радиус закругления матрицы Rb/мм	3	5	3	7	0	7	10	7	0	7
	сила ограничения на единичную длину перетяжного ребра Н/мм <sup>2</sup>	285	223	285	184	0	184	153	184	0	184

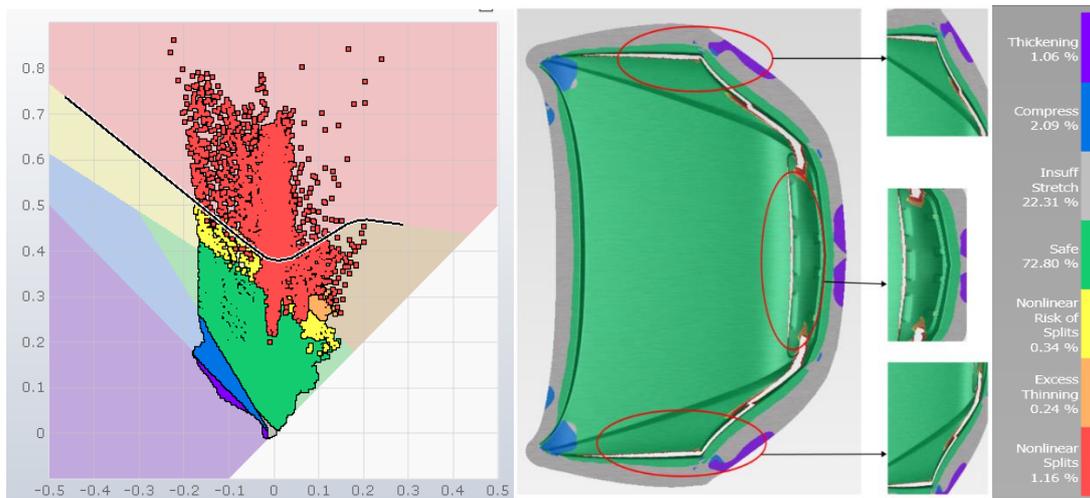


Рис. 3. Результаты моделирования вариант 1

Результаты моделирования в AUTOFORM варианта 1 показаны на Рис. 3. По результатам моделирования видно, что позиции перетяжных ребер 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 имеют явные трещины.

Диаграмма предельных деформаций (FLD) показывает, что на поверхности капота возникают трещины из-за чрезмерной силы ограничения на единичную длину перетяжного ребра, поэтому далее перетяжное ребро сегментируется (рис.2 и таблица1).

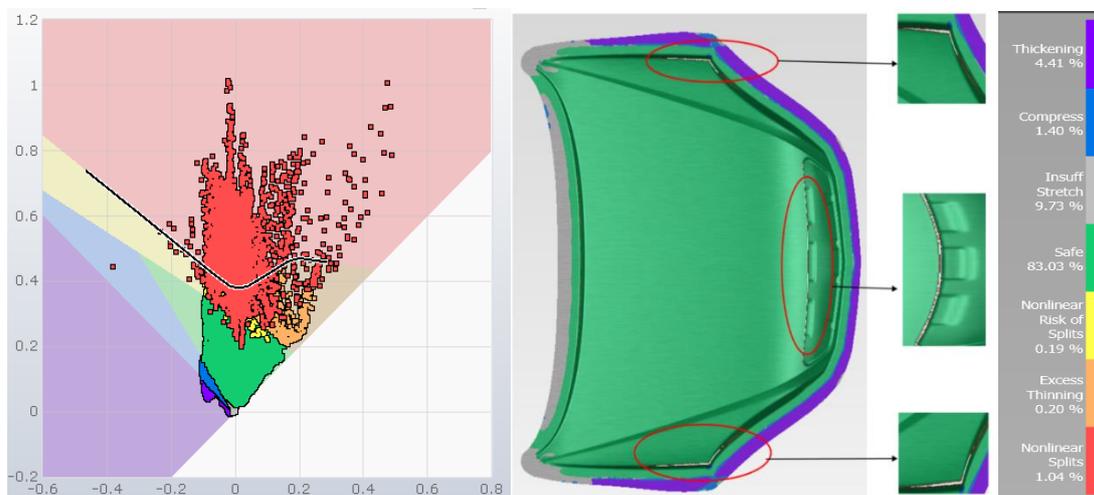


Рис. 4. Результаты моделирования вариант 2

При увеличении радиус закругления матрицы перетяжных рёбер 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 с 3 мм до 5 мм сила ограничения на единичную длину перетяжного ребра уменьшилась с 285 Н/мм<sup>2</sup> до 223 Н/мм<sup>2</sup>. Результаты моделирования в AUTOFORM показаны на Рис. 4.

По результатам моделирования видно, что трещины в области перетяжного ребра 4, 6, 7, 8, 10 уменьшились, но не полностью исчезли.

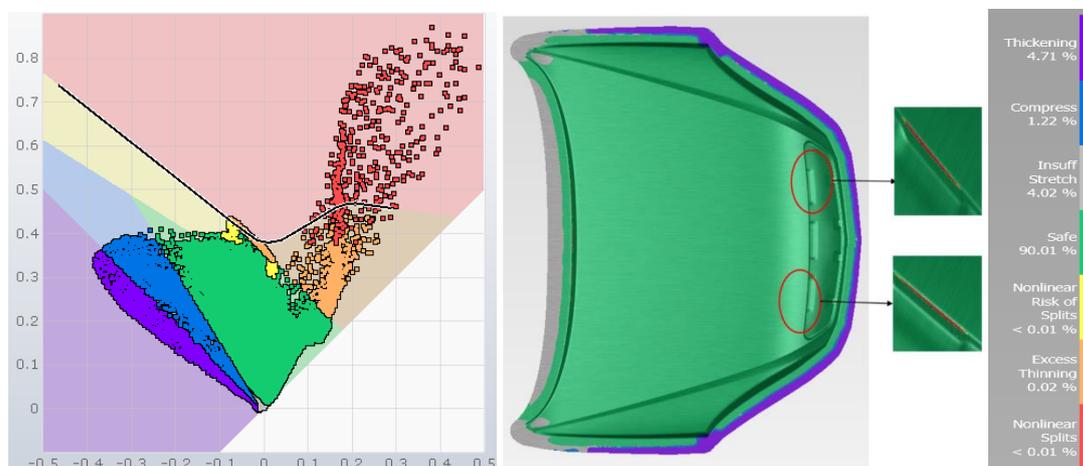


Рис. 5. Результаты моделирования вариант 3

При увеличении радиус закругления матрицы для перетяжного ребра 4, 6, 7, 8, 10 с 5 мм до 7 мм сила ограничения на единичную длину перетяжного ребра уменьшилась с 223 Н/мм<sup>2</sup> до 184 Н/мм<sup>2</sup>. Для перетяжных ребер 5 и 9 сила перетяжного была установлена в 0. Результаты моделирования показаны на Рис. 5.

По результатам моделирования видно, что трещины в области перетяжного ребра 4, 5, 6, 8, 9, 10 были полностью устранены. Согласно диаграмме предельных деформаций (FLD) в области перетяжного ребра 7 еще появляется риск трещины.

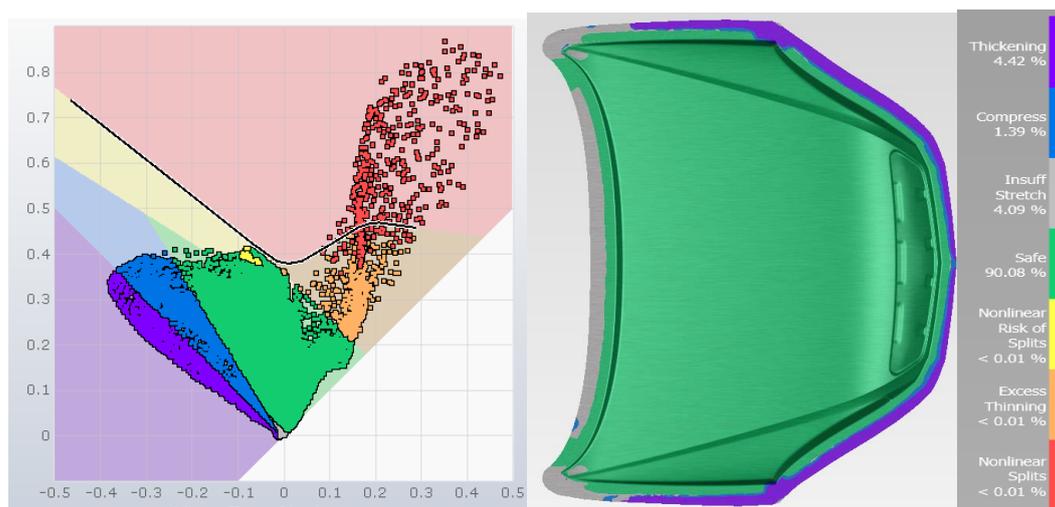


Рис. 6. Результаты моделирования вариант 4

При увеличении радиус закругления матрицы перетяжных рёбер 7 с 7 мм до 10 мм и увеличение высоты перетяжного ребра с 5 мм до 6 мм сила ограничения на единичную длину перетяжного ребра уменьшилась с 184 Н/мм<sup>2</sup> до 153 Н/мм<sup>2</sup>. Результаты моделирования показаны на Рис. 6.

Согласно диаграмме предельных деформаций (FLD) и наблюдения за поверхностью капота, полученный капот хорошо сформирован, без риска недостаточной деформации на поверхности.

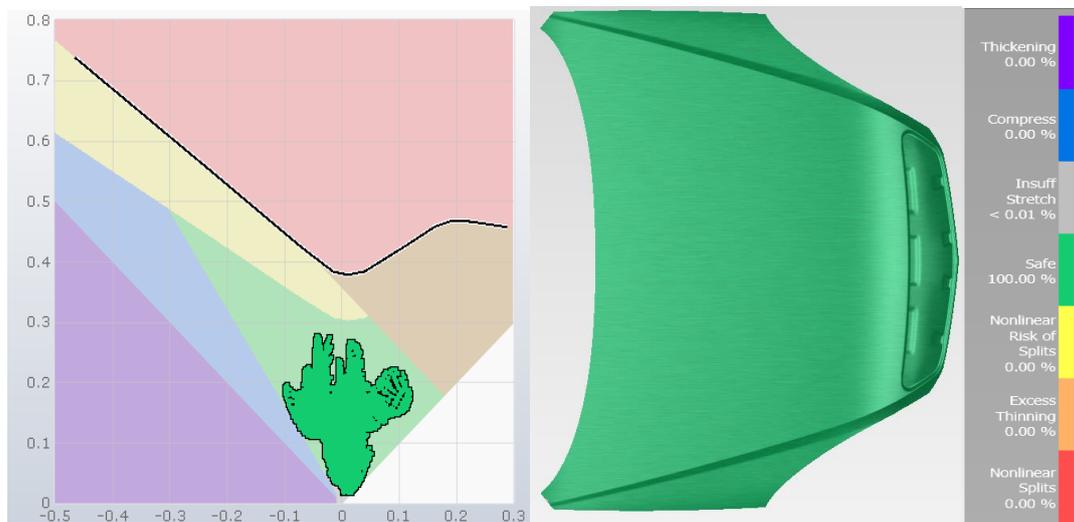


Рис. 7. Капот после обрезки

Капот после обрезки показан на Рис. 7. Согласно диаграмме предельных деформаций (FLD), поверхность капота без риска образования трещины, без риска образования складок, без риска недостаточной деформации, формовка выполнена хорошо.

Вывод: С помощью параметра перетяжных ребер можно контролировать течение металла, улучшать технологический процесс и повышать качество формования. Для нашего случая наилучшие результаты получены для ребра с параметрами по варианту 4 в таблице 1.

### Литература

1. Hu Ping. Die Design of Automobile Panel [M]. Beijing: China Machine Press, 2012: 82—88
2. Lei Zhen bao. Automobile covering parts stamping CAE technology'[M]. Changsha: National University of Defense Technology Press, 2003: 215
3. Cui Lingjiang. Automobile Panel Stamping Technology [M]. China Machine Press, 2003. —163с.
4. Ковка и штамповка. Справочник в 4-х томах. Т.4.Листовая штамповка. Под ред. А.Д. Матвеева. – М.: Машиностроение.—1987.—544 с.