

УДК 629.3.023

**А.П.Фалалеев, доцент, д-р техн. наук,**

**А.А. Ветрогон, доцент, канд. техн. наук,**

**Л.И. Соустова, ассистент**

*Севастопольский национальный технический университет*

*Студгородок, г. Севастополь, Украина, 99053*

*a\_falaleev@mail.ru*

## **ПОВЕДЕНИЕ ОТРЕМОНТИРОВАННОЙ СТОЙКИ ДВЕРНОГО ПРОЕМА АВТОМОБИЛЯ ПРИ ПОВТОРНЫХ БОКОВЫХ СТОЛКНОВЕНИЯХ**

*Исследовано влияние упрочнения и ослабления стойки дверного проема при ремонте на последующую пассивную безопасность автомобиля при боковых ударах. Упрочнение сварных соединений при ремонте достигается за счет использования технологии сварки со стальной подкладкой.*

**Ключевые слова:** *Стойки дверных проемов, боковой удар, пассивная безопасность*

**Введение.** Современные стойки дверных проемов кузовов легковых автомобилей являются сложными пространственными неоднородными конструкциями. Боковые удары предъявляют наиболее высокие требования к конструкциям кузовов в связи с отсутствием запаса длины для поглощения энергии. Обеспечение прочности автомобильных кузовов рассмотрено в работах [1, 2]. В настоящее время наблюдается тенденция ужесточения норм пассивной безопасности автомобилей, хотя вопросам обеспечения пассивной безопасности кузовов после ремонта уделено недостаточно внимания.

К настоящему моменту сформировалась концепция безопасного кузова автомобиля, которой стремятся следовать большинство производителей. Основным направлением является использование многофазных и ТРИП сталей в зоне поглощения энергии и использование бористых закаленных сталей с мартенситной структурой в зоне обеспечения жизненного пространства.

Основным критерием пассивной безопасности при боковых ударах, согласно Положения ЕЭК ООН №95, является сохранение жизненного пространства, в тоже время, согласно Правил ЕЭК ООН №33 и №94, при ДТП кузов должен обеспечивать значение критерия травмирования головы человека не более 1000 единиц. Необходимость одновременного соответствия двум противоречащим характеристикам, таким как поглощение энергии, с одной стороны, и способность сохранить жизненное пространство с другой стороны привела к созданию сложных пространственных конструкций.

Рама из бористой стали для крепления задних сидений обеспечивает жесткость салона во время ДТП, минимальные смещения мест крепления ремней безопасности. Усилитель крыши передает нагрузки на противоположную сторону, исключая складывание крыши и потерю структурной целостности салона. Наружная часть стойки, изготовленная из бористой стали, служит для обеспечения минимальной деформации во время боковых ударов. Внутренняя часть стойки и усилитель изготовлены из двухфазной стали и призваны поглотить часть энергии удара, которая приходится на места крепления ремней безопасности.

Производители автомобилей предписывают полную замену деталей, изготовленных из термообработанных сталей [3, 4] из-за опасности повреждения мартенситной фазы в микроструктуре двухфазных и бористых сталей при нагреве или деформации. Ремонтные мастерские пренебрегают предписаниями производителя в связи с тем, что стоимость ремонта, выполненная с оригинальными деталями, превышает остаточную стоимость отремонтированного автомобиля на вторичном рынке. Отсутствие информации о поведении отремонтированных кузовов, изготовленных из двухфазных сталей и бористых сталей, с применением традиционных технологий кузовного ремонта, не позволяет прогнозировать поведение большинства автомобилей, отремонтированных в Украине. Задачей данной работы является исследование поведения восстановленной стойки дверного проема, изготовленной из бористой стали, при повторном боковом столкновении.

**Методика исследования.** Поведение кузова автомобиля (рисунок 1) при боковом столкновении исследовалось методом конечно-элементного моделирования в среде пакета ABAQUS. Боковая нагрузка была приложена к модели кузова в соответствии со стандартной методикой Положения ЕЭК ООН №95 на скорости 35 км/ч деформируемым барьером массой 950кг (рисунок 2).

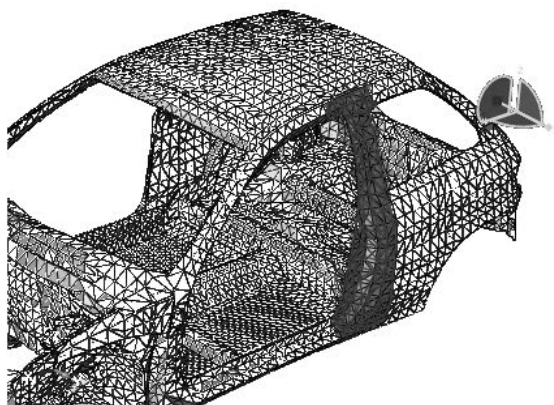


Рисунок 1 – Конечно-элементная модель кузова автомобиля

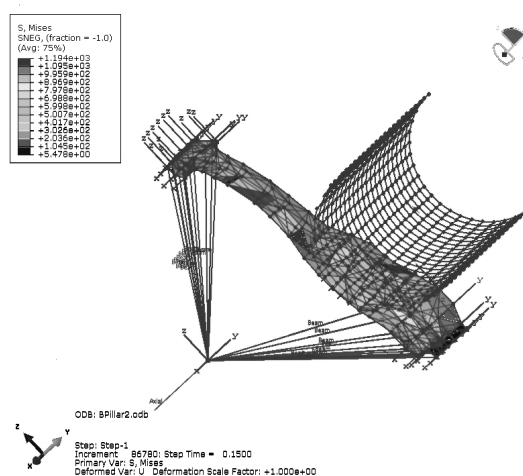


Рисунок 2 – Схема приложения нагрузки к боковой стойке

Для моделирования материала стойки была использована бористая сталь 22MnB5 прочностью 1500 МПа. Свойства материала в середине стойки (зона 1, рисунок 3) изменялись в соответствии с условиями восстановления. Моделированию бокового столкновения подверглись три образца. Образец №1 – новый кузов с оригинальными свойствами материала. В образце №3 предел прочности металла на участке 1 (рисунок 3) уменьшен на 10%. В образце №2 предел прочности участка 1 (рисунок 3) был уменьшен до значения 1200МПа, но дополнительно в конструкцию сварного соединения была введена стальная пластина (рисунок 4) толщиной 3мм, с пределом прочности 400МПа. Результаты столкновения сравнивались по величине внедрения боковой стойки в салон автомобиля.

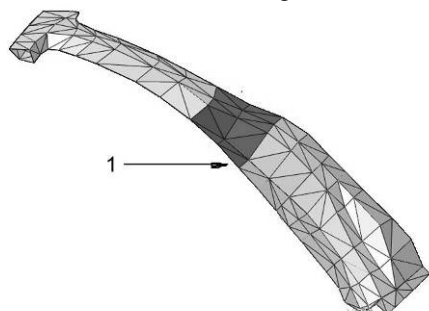


Рисунок 3 – Зона разупрочнения металла боковой стойки

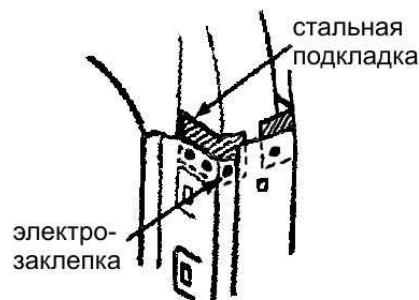


Рисунок 4 – Сварка с подкладной стальной неудаляемой пластиной

Ослабление, реализованное в образце №3, отвечает традиционным критериям качества при капитальном ремонте. Такое ослабление может наблюдаться в результате выполнения сварочного шва и в результате нагрева в процессе вытяжки. Согласно [1] разупрочнение стали 22MnB5 на 10% будет наблюдаться при изотермическом нагреве уже до температур 650°C. Реальное разупрочнение металла в процессе выполнения ремонта может достигать 20%, что демонстрирует образец №2. Упрочнение сварного шва реализовано в процессе ремонта за счет использованием подкладной пластины, приваренной электрозаклепками.

**Результаты моделирования бокового столкновения.** Следует отметить, что ни в одном из экспериментов кузов не потерял своей целостности, что положительно характеризует ремонтные варианты (рисунок 5). В то же время, сравнение результатов трех экспериментов по критерию внедрения в салон автомобиля (рисунок 6) показывает, что ослабленная стойка (образец №3) сместилась на 370мм, что на 44 % больше, чем у нового автомобиля. Это привело к потере пространства салона на 7% больше по сравнению с базовым вариантом. Эксперимент демонстрирует, что прочность стали не может являться критерием качества при ремонте автомобильных кузовов. Даже незначительное изменение прочности материала может привести к недопустимому падению критериев пассивной безопасности. Усиленная стойка (образец №2) внедрилась в салон на 242мм против 255мм у нового автомобиля, что привело к улучшению критерия сохранения жизненного пространства на 2 % по сравнению с базовым.

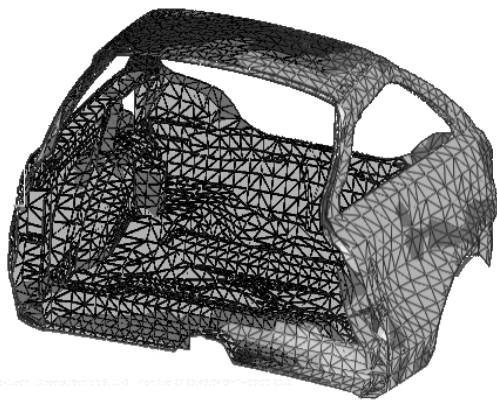


Рисунок 5 – Результат бокового удара образца №3

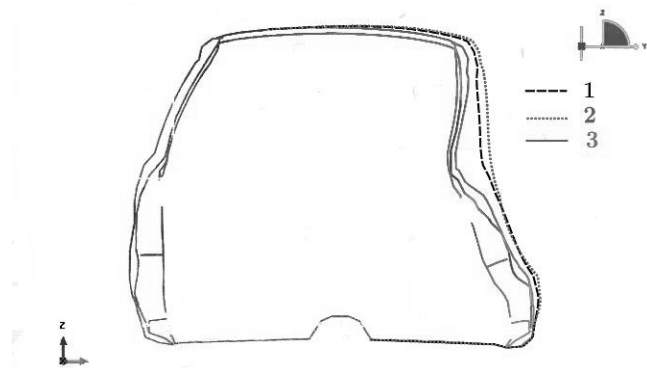


Рисунок 6 – Сравнение результатов бокового столкновения 1 – нового автомобиля (образец №1), 2 – отремонтированного с усилением (образец №2), 3 – отремонтированного с 10% ослаблением (образец №3)

Сравнение различных вариантов выполнения ремонта кузова показывает, что для деталей, работающих в условиях боковых нагрузок и изготовленных из особовысокопрочных сталей, возможно выполнение восстановительного ремонта, который приведет к увеличению прочности конструкции.

Для упрочнения соединения материал подкладки должен быть высокой прочности, хотя прочность может быть достигнута и за счет увеличения толщины металла подкладки  $t_{II}$ , которая может быть определена из принципа компенсации разупрочнения основного металла при нагреве.

$$\tau_{II} \geq \frac{(\sigma_{B0} - \sigma_{B1}) \cdot \tau_D}{\sigma_{BII}} k_{II}, \quad (1)$$

где  $\sigma_{B0}, \sigma_{B1}$  – предел прочности металла восстанавливаемой детали до и после ремонта соответственно;  $t_D$  – толщина детали;  $\sigma_{BII}$  – предел прочности металла подкладки;  $k_{II}$  – коэффициент запаса (1.2-2.0).

Ширина подкладки определяется из условий технологичности и возможности ее размещения для упрочнения зоны термического влияния при сварке.

Для деталей, которые отвечают за сохранение жизненного пространства салона, важнейшим свойством является способность противостоять высоким нагрузкам. Такие детали должны меняться на новые, если при ремонте возможно даже незначительное их ослабление. Высчитать величину допустимого ослабления этих деталей не представляется возможным, т.к. снижение прочности на 10% на участке концентрации напряжений привело к значительному изменению значений критерия пассивной безопасности. Усиление этих деталей не нарушает их функционального назначения и может допускаться в процессе выполнения ремонта. В условиях украинского рынка запчастей, где более 80% деталей изготавливаются неизвестным производителем, восстановление старых деталей с их усилением предпочтительнее, чем замена деталей на новые, которые изготовлены из менее прочной стали.

**Выводы.**

Исследования показали, что детали, отвечающие за обеспечение жизненного пространства и изготовленные из термообработанных сталей, могут быть восстановлены во время выполнения кузовного ремонта с использованием локальных нагревов и сварки. При ремонте такие детали нуждаются в упрочнении, которое достигается за счет введения дополнительных упрочняющих элементов. Моделирование подтвердило, что уменьшение прочности подобных конструкций недопустимо, из-за непредсказуемого поведения кузова при повторных ДТП.

**Библиографический список использованной литературы**

1. Фалалеев А.П. Обеспечение пассивной безопасности автомобилей при кузовном ремонте: монография / А.П. Фалалеев – Изд-во СевНТУ, 2012. – 153 с.
2. Фалалеев А.П. Влияние температуры и пластической деформации на эволюцию механических свойств двухфазных автомобильных сталей / А.П. Фалалеев // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія «технічні науки»: Сб. наук.пр. – Чернігів, 2012. – №4(51). – С. 104 –107.
3. Official Manual 2012 Body Repair procedure for Lexus GS350 – 2012. – P. 186.

4. Official Manual 2010 Body Repair procedure for BMW X9 – 2010. – P. 235.

*Поступила в редакцію 11.05.2013 г.*

**Фалалєєв А.П., Ветрогон О.А., Соустова Л.І. Поведінка відремонтованої стійки дверного отвору автомобіля при повторних бічних зіткненнях**

Досліджений вплив зміцнення й ослаблення стійки дверного отвору при ремонті на подальшу пасивну безпеку автомобіля при бічних ударах. Зміцнення зварних з'єднань при ремонті досягається за рахунок використання технології зварювання зі сталевую підкладкою.

**Ключові слова:** Стійки дверних отворів, бічний удар, пасивна безпека

**Falaleev A.P., Vetrogon A.A., Soustova L.I. The behavior of the repaired b-pillar with repeated side collisions**

The effect of the strengthening and weakening of b-pillar in the repair of the subsequent passive vehicle safety in side impacts. Hardening of the repair weld is achieved through the use of welding with steel lining.

**Keywords:** B-pillar, side impact, the passive safety.