

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СБОРКИ АВТОМОБИЛЬНОГО СТЕКЛА

© 2020 И.В. Мурзаева, Н.В. Носов., Р.Г. Гришин

Самарский государственный технический университет

Статья поступила в редакцию 12.05.2020

В статье впервые проведен анализ процесса установки автомобильного стекла с учетом отклонений геометрии и возникающей неравномерности формирования зазора по периметру стекла при сборке. На основе моделирования процесса сборки средствами CAD/CAE показано формирование остаточных напряжений в стекле, получены результаты, на основании которых можно сделать выводы о влиянии точности геометрии на прочность стекла.

Ключевые слова: клеевое соединение, размерный анализ, остаточные напряжения, полимеризация клея, стекло, кузов, упруго-пластическая модель.

DOI: 10.37313/1990-5378-2020-22-3-103-106

ВВЕДЕНИЕ

В современном автомобилестроении применяют стекла, которые обеспечивают не только хороший обзор, но и безопасность водителя и пассажира. Безопасными называют такие стекла, которые при разбивании от удара не дают острых осколков. К безопасным стеклам относят армированное стекло, закаленное и многослойное бесосколочное стекло.

Объект исследования – стекло триплекс – может быть изготовлен из обычного и полированного листового стекла. Толщина так называемого утоненного триплекса 4 – 4,5 мм, обычного 5 – 6 мм, утолщенного 6 – 7,5 мм. Допускаемые отклонения по толщине $\pm 0,5$ мм.

Прочность автомобильного стекла зависит от технологии его производства, упрочнения путем закаливания.

В данной статье освещен подробный анализ производства и установки стекол в кузов автомобиля. Сделан анализ возникновения избыточных остаточных напряжений в стекле, которые ведут к разрушению стекла без дополнительных механических воздействий.

Прочность автомобильного стекла зависит от технологии его производства. В ряде исследований оценено влияние технологии производства на прочность и разрушение силикатного стекла и керамики, изучено влияние напряженного состояния на поведение стекла под нагрузкой [1].

Мурзаева Ирина Владимировна, инженер кафедры «Технология машиностроения, станки и инструменты», e-mail: nosov.nv@samgtu.ru

Носов Николай Васильевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Технология машиностроения, станки и инструменты». E-mail: nosov.nv@samgtu.ru

Гришин Роман Георгиевич, кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Технология машиностроения, станки и инструменты». E-mail: nosov.nv@samgtu.ru

Остаточные напряжения, присутствующие в стекле после термической обработки, представляются наиболее опасными и вызывающими отказ или нарушение работоспособности конструкции вследствие саморазрушения элемента из стекла [2,3].

По ТУ 4542.1.46.00232934-99, ГОСТ 3514-67 допустимая величина остаточных напряжений сжатия в стекле триплекс должна не превышать 10 МПа и иметь равномерное распределение вдоль всей кромки изделия. При этом напряжений растяжения не допускается.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СБОРКИ СТЕКЛА

Основные технические требования для безопасного стекла типа триплекс изложены в ГОСТ 5727-88 ОКП 59 2300. По данному документу отклонения гнутых изделий от заданной формы должны быть указаны в технических условиях или чертежах на конкретные изделия и обычно колеблются в пределах $\pm 1 - 2$ мм.

С помощью препроцессора *Patran* и процессора *Marc* поставлена и решена нелинейная задача, моделирующая процесс соединения двух листов в один пакет. При этом один из листов намеренно имеет отклонение по геометрии, а именно отклонение по кривизне $\pm 0,5$ мм. Цель поставленной задачи заключается в выявлении возникновения избыточных внутренних напряжений, которые впоследствии можно назвать остаточными. Допустимое значение остаточных напряжений в кромках ветрового стекла по ТУ45 42.1.46.00232934-99 должно быть не более $[\sigma_{ск.}] = 10$ МПа и располагаться в зоне кромки шириной 20 – 50 мм. Переход от зоны напряжений сжатия к нейтральной зоне должен быть постепенным, а поверхность изделия вне указанных зон должна быть свободной от напряжений.

При соединении основным контролируемым показателем по напряженному состоянию стекла является предел прочности при растяжении. При отклонении формы стекол - 0,5 мм, определяемом по стреле прогиба, на расстоянии 35 – 50 мм от края стекла после подпрессовки возникли остаточные напряжения растяжения величиной $\sigma = 58,2$ МПа (рис. 1).

По величине остаточных напряжений видно, что это значение приближается к пределу прочности при растяжении. Это означает, что при увеличении нагрузки в процессе соединения двух частей пакета оно может разрушиться или в нем останутся внутренние напряжения, превышающие предельно допустимое значение $\sigma > [\sigma_{ок.}] = - 10$ МПа. В этом случае при небольших механических нагрузках, вызванных эксплуатацией или установкой стекла на кузов, оно может саморазрушиться.

Рассмотрим второй расчетный случай, при котором отклонение геометрии формы стекол по стреле прогиба + 0,5 мм. В расчетном случае одно из стекол жестко закреплено, на другое действует давление величиной 1,25 МПа. В расчетный случай входит условие контакта, т. е. при полном контакте листов стекла расчет закончится.

Во втором расчетном случае при соединении основным показателем по напряженному состоянию стекла будет предел прочности при сжатии, т. к. основными здесь будут сжимающие усилия. В стекле, имеющем отклонение геометрии поверхности, в зоне, расположенной на кромке стекла на расстоянии 35 – 50 мм и в середине, появилось внутреннее сжимающее напряжение величиной $\sigma = - 9,08$ МПа.

Величина появившихся напряжений далека от предельного значения предела прочности

при сжатии и укладывается в норму по величине остаточных напряжений при сжатии – 10 МПа. В данном расчетном случае величина напряжений не является критической. Таким образом, заложенное отклонение поперечной кривизны + 0,5 мм одного из стекол (в данном расчете рассматривалось верхнее в пакете) является допустимым при изготовлении стекла типа триплекс.

ФОРМИРОВАНИЕ КЛЕЕВОГО ШВА ПРИ СБОРКЕ

При сборке возможны различные варианты комплектации составляющих элементов. Есть вероятность попадания в сборочную пару стекла без отклонения размеров и поверхности кузова с допуском отклонения формы в минимальную или максимальную сторону. По РД 37.101.0243-2006 определен суммарный допуск поверхности кузова по отношению к системным базам. Данное отклонение замеряется с помощью КИМ с выборкой 50 кузовов, замеры вносятся в карту замера. Допускаемое отклонение по осям X, Y, Z составляет $\pm 1,5$ мм.

С помощью численных методов, а именно расчетного пакета Marc, смоделирована сборка стекла с кузовом, имеющим отклонение по оси $Z = \pm 1,5$ мм по координате на кузове $Y = 0$ (середина кузова), так что поверхность кузова становится более выпуклой или вогнутой посередине.

При моделировании отклонения поверхности кузова в программном комплексе CatiaV5 в положительную сторону по оси Z на наружной поверхности стекла возникают напряжения растяжения, имеющие наибольшее влияние на дальнейшую прочность стекла при эксплуатации.

Величина растягивающих напряжений равна $\sigma_i = 43,8$ МПа (рис. 2).

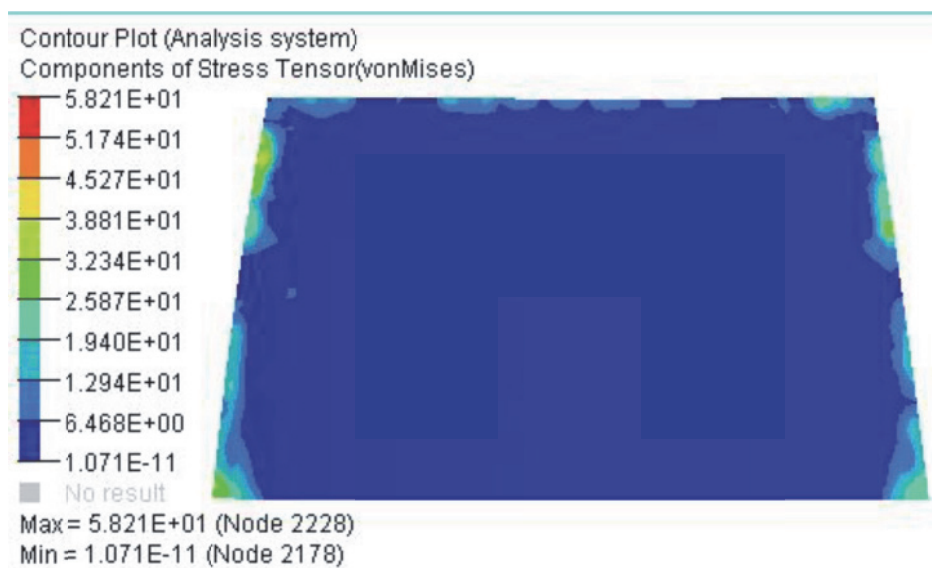


Рис. 1. Распределение напряжений при соединении двух листов стекла в пакет при отклонении геометрии

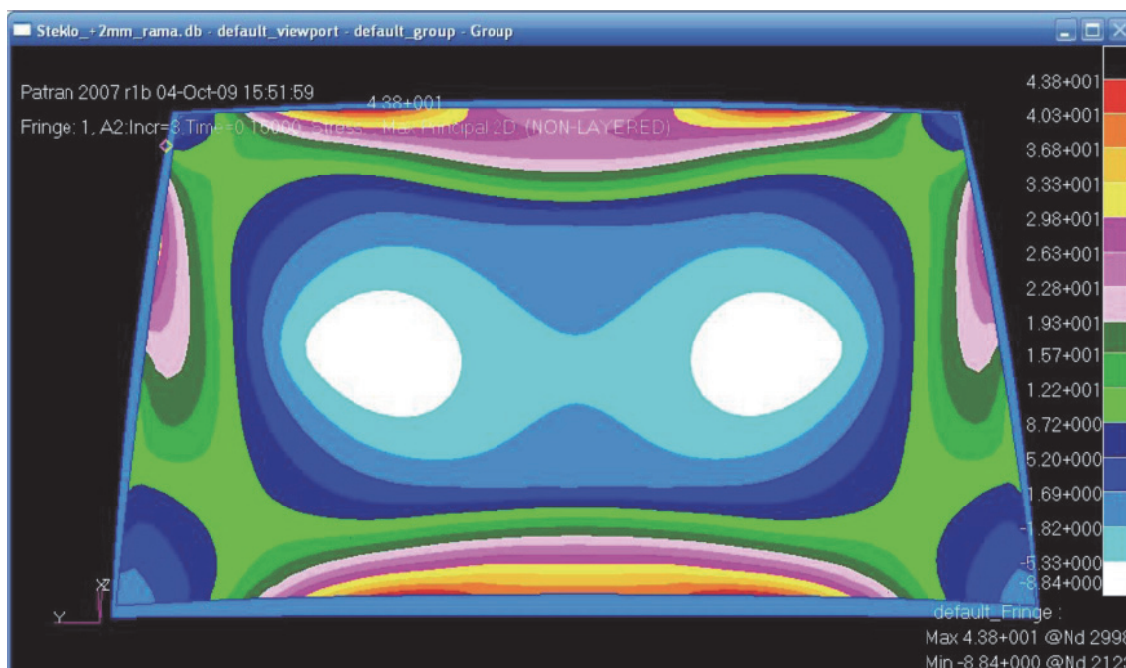


Рис. 2. Напряжения при сборке стекла и кузова с отклонением формы поверхности (по монтажному фланцу) по оси Z +1,5 мм. $\sigma_{\max} = 43,8$ МПа

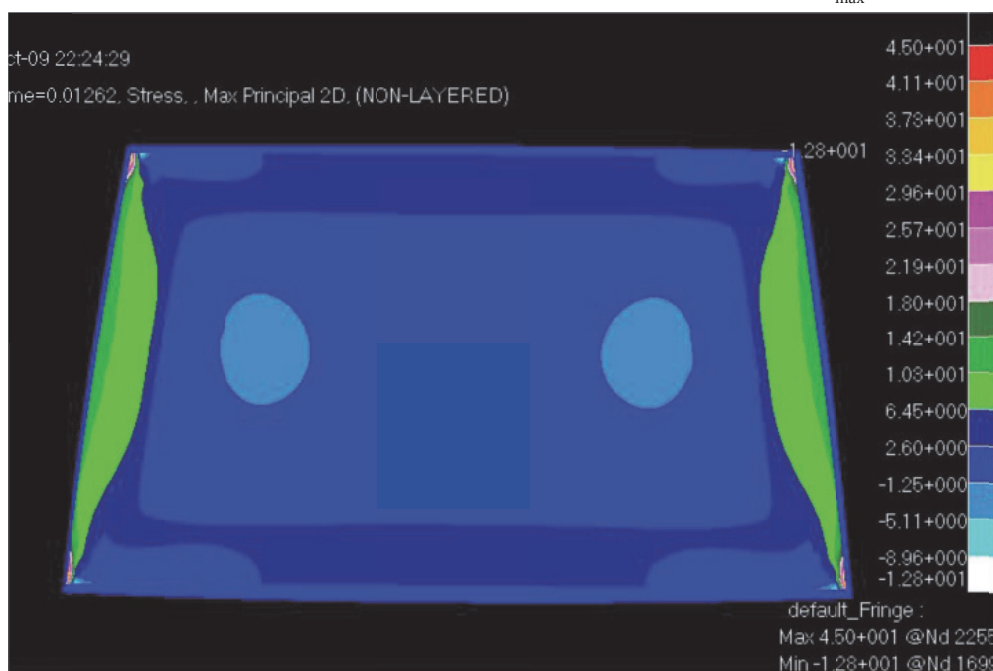


Рис. 3. Напряжения сжатия при сборке стекла с кузовом, имеющим отклонение формы поверхности по монтажному фланцу по оси Z -1,5мм. $\sigma_{\max} = -12,8$ МПа

При моделировании отклонения поверхности кузова в отрицательную сторону по оси Z в стекле, на внутренней стороне, возникают напряжения сжатия, что также влияет на прочность стекла при эксплуатации.

Величина сжимающих напряжений при сборке равна $\sigma_f = -12,8$ МПа (рис. 3). При расчете учтено упругое поведение клевого валика после сборки, поэтому после сборки смоделирована возвратная деформация стекла на величину упругой деформации клея, равной 1 мм.

Расчетные данные подтверждаются экспериментальными сведениями.

При сборке стекол, имеющих на своей поверхности повреждения в виде трещин, ранее были зафиксированы остаточные напряжения после сборки величиной -14 МПа.

ВЫВОДЫ

Таким образом, на основе проведенных расчетов был сделан вывод о влиянии на воз-

никновение результирующих остаточных напряжений в стекле точности формы элементов сборочного узла. Для расчета величины остаточных напряжений в стекле после установки необходимо дополнительно учесть процесс формирования клеевого шва в зависимости от точности собираемых деталей. Сделанные расчеты свидетельствуют о том, что основной причиной избыточных остаточных напряжений и саморазрушения стекла является отклонение геометрии поверхности стекол, входящих в пакет триплекс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шторобель В.К. Современный автомобильный кузов. М.: Машиностроение, 1984.- 264 с.
2. Мурзаева И.В. Моделирование напряженно-деформированного состояния автомобильного стекла при сборке [Текст]/ И.В. Мурзаева, Н.В.Носов // Вестник СамГТУ, серия «Технические науки». 2007. № 20. С. 130 – 136.
3. Мурзаева И.В. Исследование прочности клеевого соединения автомобильных стекол [Текст]/ И.В. Мурзаева, В.Ю. Дружинин, В.А. Гуляев// Сборка в машиностроении, приборостроении. 2008. № 2. С. 21 – 24.

MODELING THE PROCESS OF ASSEMBLING A CAR GLASS

© 2020 I.V. Murzaeva, N.V. Nosov, R.G. Grishin

Samara State Technical University

The article is the first to analyze the installation process of automotive glass, taking into account geometry deviations and the resulting unevenness of the formation of a gap around the glass perimeter during assembly. Based on the simulation of the assembly process using CAD / CAE, the formation of residual stresses in the glass is shown, the results are obtained, based on which conclusions can be drawn about the effect of geometry accuracy on the strength of the glass.

Key words: adhesive bonding, dimensional analysis, residual stresses, adhesive polymerization, glass, body, elastic-plastic model.

DOI: 10.37313/1990-5378-2020-22-3-103-106

Nikolay Nosov, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department «Technology of Mechanical Engineering, Machine Tools and Instruments». E-mail: nosov.nv@samgtu.ru

Irina Murzaeva, Engineer of the Department «Technology of Mechanical Engineering, Machine Tools and Instruments».

E-mail: nosov.nv@samgtu.ru

Roman Grishin, Candidate of Technical Sciences, Head of the Department «Technology of Mechanical Engineering, Machine Tools and Tools». E-mail: nosov.nv@samgtu.ru