

## CAE-МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛАЗЕРНО-КИСЛОРОДНОГО РАСКРОЯ СТАЛЬНОГО ЛИСТОВОГО ПРОКАТА

*Зоренко Д.А.*

**Ключевые слова:** лазерный раскрой, температурное поле, метод конечных элементов, стальной листовой прокат, лазерно-кислородный раскрой, расчетная модель.

**Аннотация.** В статье представлены основные результаты CAE-моделирования процесса лазерно-кислородного раскроя стального листового проката. Рассмотрены особенности создания расчетных моделей и полученных с их помощью параметров процесса. Получены картины температурных полей и распределения давления.

## CAE-MODELING OF LASER-OXYGEN CUTTING OF STEEL SHEETS

*Zorenko D.A.*

**Keywords:** laser cutting, temperature field, finite element method, steel sheet rolling, laser-oxygen cutting, calculation model.

**Abstract.** The article presents the main results of CAE-modeling of laser-oxygen cutting of steel sheet products. The features of creating computational models and process parameters obtained with their help are considered. Pictures of temperature fields and pressure distribution are obtained.

Лазерный раскрой металлов в современном машиностроении является одной из самых распространенных технологических операций заготовительного производства. Название лазерный раскрой раскрывает нам суть процесса, который заключается в резке металла лазерным лучом, испускаемым специальной установкой. Луч лазера имеет ряд свойств, позволяющих его сфокусировать на обрабатываемой поверхности. Световой пучок несет энергетический заряд высокой плотности. Энергия луча с плотностью 108 Ватт на 1 см<sup>2</sup>, создаваемого станком для лазерного раскроя, концентрируется на поверхности металла [1,2]. Под его воздействием практически любой материал активно плавится и испаряется. Одним из основных видов лазерного раскроя является лазерно-кислородный раскрой позволяющий интенсифицировать процесс и увеличить толщину раскраиваемого металла. Кислород, используемый в данном виде обработки, является режущим газом. В процессе его взаимодействия с горячим металлом возникает экзотермическая реакция окисления. А образующиеся в ходе того же процесса окислы мгновенно выдуваются кислородной струей.

Целью, проведенной в Тверском государственном техническом университете работы, стало моделирование процесса лазерно-кислородного раскроя с помощью расчетных комплексов с использованием метода конечных элементов. Такими комплексами стали система вычислительной аэрогидродинамики FlowVision 3.8 и модуль прочностного анализа APM FEM.

Исходными данными являлись: температура нагрева поверхности лучом – 1100°C, диаметр сфокусированного луча – 0,3 мм, диаметр струи кислорода – 2 мм. Давление кислорода в системе было принято равным 8 атм. [3,4].

Толщина раскраиваемого листа 5 мм, соответственно зазор между листом и торцом сопла был принят равным 3 мм. С целью упрощения моделирования процесс раскроя можно условно разделить на три составляющих, каждая из которых моделировалась отдельным этапом. На первом этапе производилось моделирование аэродинамического воздействия струи кислорода на поверхность раскраиваемого листа представленное на рисунке 1. В результате моделирования было установлено максимальное значение давления, воздействующего на раскраиваемый лист (7,8 атм.).

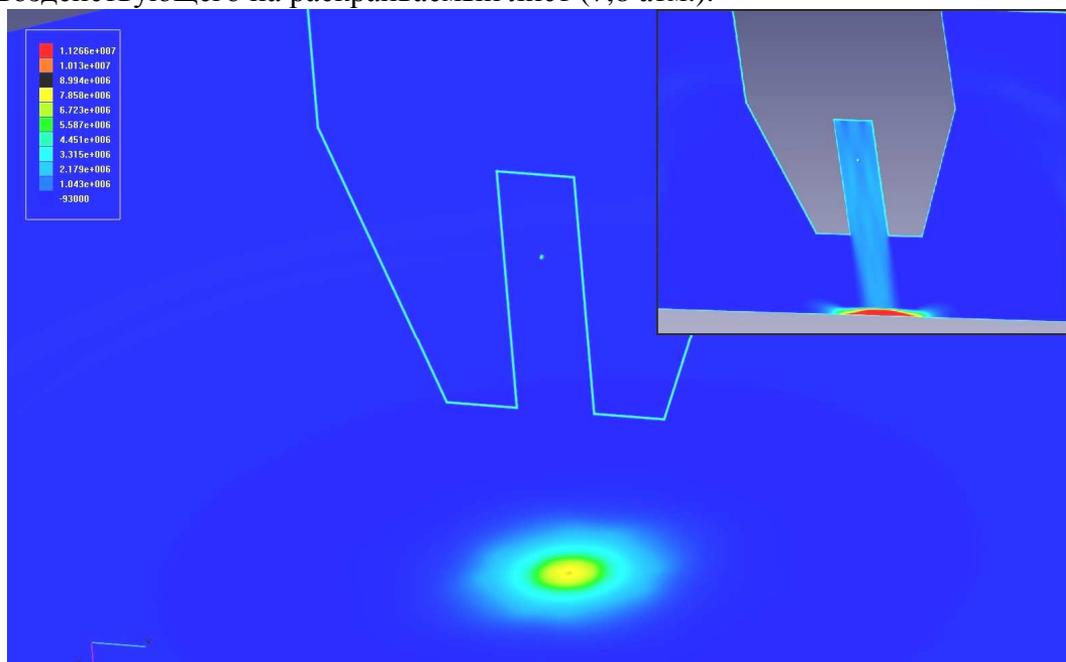


Рис. 1. Распределение давления струи кислорода по поверхности раскраиваемого листа

На втором этапе моделировался процесс нагрева листа лучом лазера рисунок 2. В результате было получено поле распределения температуры внутри листа от точки контакта луча с поверхностью. Зная температуру слоев материала, можно говорить о его прочностных свойствах в зоне воздействия луча лазера и струи кислорода. Температурное воздействие луча лазера на поверхность и давление струи кислорода являются основными воздействующими факторами, определяющими скоростные свойства процесса и технологические возможности, указывающие на наиболее эффективно раскраиваемые толщины стальных листов. Величина предела прочности стали марки 45 при температуре 1100°С была принята равной 60 МПа.

Имея представление о распределении температуры в объеме материала производилось моделирование напряженного состояния с учетом давления струи кислорода результаты которого представлены на рисунке 3.

Из распределения механических напряжений видно, что в зоне действия струи кислорода при рассматриваемых температурах они значительно превышают предел прочности стали 45 при сжатии.

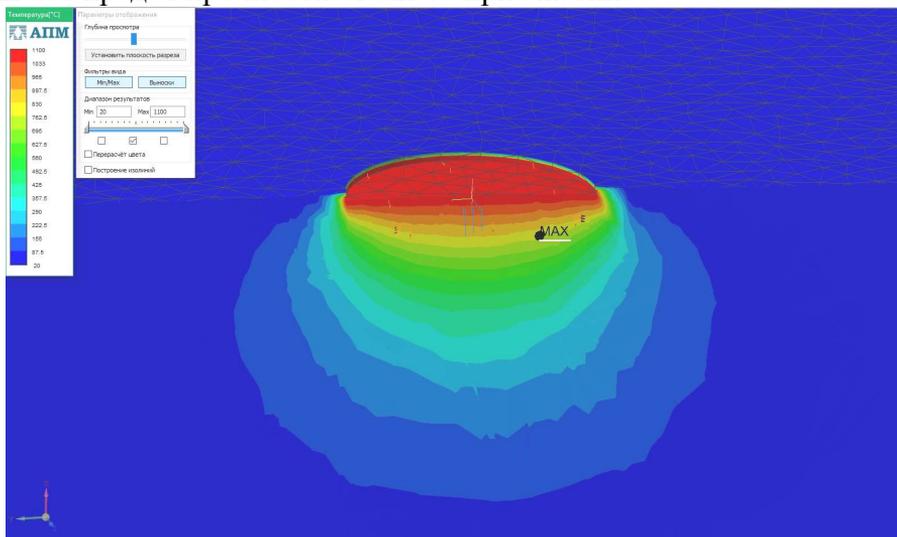


Рис. 2. Распределение температуры в зоне действия лазерного луча (сечение)

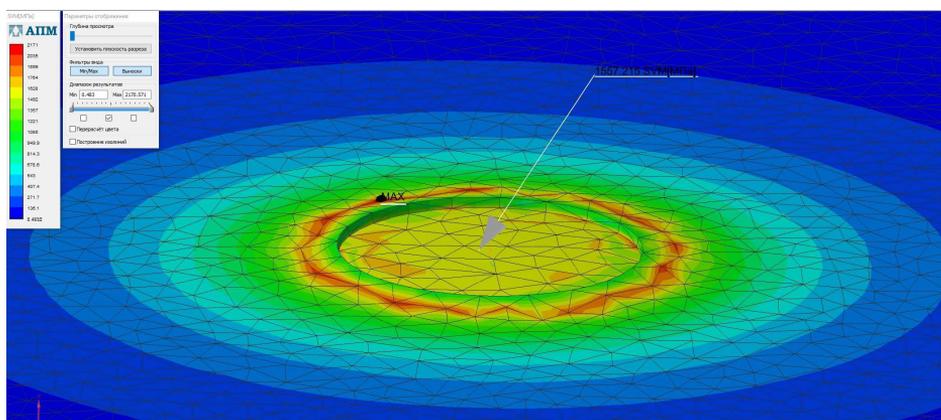


Рис. 3. Распределение механических напряжений в поверхностном слое нагретого стального листа под действием струи кислорода

Таким образом, можно сделать вывод о гарантированном разрушении стали в зоне раскроя. Однако нельзя считать представленную модель полной, так как она не учитывает процессы горения стали в струе кислорода при нагреве. В результате работы получена расчетная модель процесса лазерно-кислородного раскроя стального листа толщиной 5 мм. Показана возможность приближенного описания процесса без проведения сопряженных вычислений. Полученная модель позволяет отслеживать основные параметры процесса и их временные изменения. Результат представленного CAE-моделирования может служить основой для создания более точных расчетных моделей лазерно-кислородного раскроя.

### Список литературы

1. Голубев В.С., Лебедев Ф.В. Лазерная техника и технологии // Кн.2. Инженерные основы создания технологических лазеров. – М.: Высшая школа, 1988. – 176 с.
2. Игнатов А.Г., Козлов А.В., Скрипченко А.И. Лазерное технологическое оборудование для обработки материалов. – Л.: ЦНИИ РУМБ, 1988. – 118 с.
3. Справочник. Технологические лазеры под ред. Г.А. Абильсиитова. Том 1 – М: Машиностроение, 1991. – 432 с.
4. Григорьянц А.Г. Основы лазерной обработки материалов. – М: Машиностроение, 1989. – 301 с.

### References

1. Golubev V.C., Lebedev F.V. Laser technology and technologies.2. Engineering bases of creation of technological lasers. – М.: Higher school, 1988. – 176 p.
2. Ignatov A.G., Kozlov A.V., Skripchenko A.I. Laser technological equipment for processing materials. – L.: TSNII RUMB, 1988. – 118 p.
3. Reference. Technological lasers edited by G.A. Abilsiiitov. Vol. 1. – М.: Mechanical Engineering, 1991. – 432 p.
4. Grigoryants A.G. Fundamentals of laser processing of materials. – М.: Mechanical Engineering, 1989. – 301 p.

<b>Зоренко Дмитрий Анатольевич</b> – кандидат технических наук, доцент, доцент, Тверской государственный технический университет, Тверь, Россия, dzorenko@yandex.ru	<b>Zorenko Dmitry Anatolievich</b> – candidate of technical sciences, associate professor, associate Professor, Tver state technical University, Tver, Russia, dzorenko@yandex.ru
---	---

*Received 22.12.2020*