

ского замедлителя можно объединить его с системой охлаждения гидродинамического замедлителя.

Ещё одним из способов снижения тормозного пути является внедрение активной подвески для тягача. Эффективность этого новшества будет наблюдаться не только при использовании тормоза-замедлителя, а так же при использовании рабочей тормозной системы. Смысл в том, что данная система позволит менять клиренс автомобиля, который влияет на аэродинамическое сопротивление. Меньший клиренс на передней оси по сравнению с клиренсом на задней оси увеличит аэродинамическое сопротивление.

Одно из решений по повышению безопасности ТС при использовании замедлителей – это использование поворотной оси с приводом на полуприцепе, связанной с системой EBS (электронная тормозная система). При торможении тормозом-замедлителем с лёгким прицепом и на скользком покрытии горы есть большая вероятность заноса полуприцепа. Дабы улучшить стабильность поведения полуприцепа в таких ситуациях, предлагается сделать заднюю ось полуприцепа поворотной с электроприводом. При получении сигнала от системы EBS о возникновении значительного бокового ускорения на исполнительные механизмы будет подаваться команда поворота этих колёс в сторону, противоположную стороне заноса полуприцепа.

Таким образом, даже раздельное использование предложенных решений позволит улучшить безопасность магистральных ТС, что гарантирует перевозчику сохранность перевозимого груза и уменьшение расходов на обслуживание рабочей тормозной системы, а для участников дорожного движения повышает их безопасность.

Список цитированных источников:

1. How Do Diesel Exhaust Brake Systems Work // Universal Technical Institute [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <https://www.uti.edu/blog/diesel/how-diesel-exhaust-brake-systems-work>. – Дата доступа: 02.04.2021.
2. Compression Release Engine Brake // Jacobs Vehicle Systems [Электронный ресурс]. – 2021 – Режим доступа: <https://www.jacobsvehiclesystems.com/technologies/compression-release-engine-brake>. – Дата доступа: 05.04.2021.
3. Интардер – тормоз замедлитель // ООО «ЮНАЙТЕД АВТО групп» [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: http://man.uag.ru/man_katalog/agregaty_i_tehnologiya_man/tormoznaya_sistema/intarder_zf_intarder?templ=uag/openwin1. – Дата доступа: 06.04.2021.
4. Принцип функционирования тормозов-замедлителей Telma // Компания Telma [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <https://ru.telma.com/produits/fonctionnement>. – Дата доступа: 10.04.2021.

УДК 539.3

Сосновский А. А.

Научные руководители: к. ф.-м. н., доцент Веремейчик А. И.,

к. т. н., доцент Хвисевич В. М.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОБИВКИ ОТВЕРСТИЙ В ЛИСТОВОМ МЕТАЛЛЕ ПУАНСОНАМИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ С ПОМОЩЬЮ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ANSYS

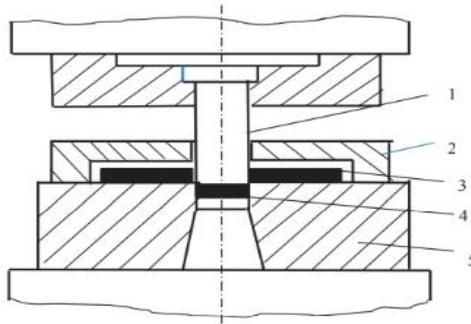
Пробивка отверстий на штампах при серийном и массовом производстве является самым производительным методом [1]. Надёжная, стабильная и долго-

вечная работа штампов напрямую зависит от его рабочих органов: пуансонов и матриц, так как они воспринимают значительные усилия и напряжения при пробивке отверстий. Задача определения прикладываемых усилий и возникающих напряжений при пробивке отверстий пуансонами заслуживает особого внимания. Зная возникающие напряжённые состояния при пробивке отверстий пуансонами можно подобрать оптимальный материал изготовления пуансона, а также метод его упрочнения для увеличения срока работоспособности.

Трудности проведения экспериментальных исследований по непосредственному определению причин выхода пуансонов из строя и напряжений при пробивке отверстий в листовом металле пуансонами цилиндрической формы привели к необходимости теоретического исследования напряжённо-деформированного состояния, т. е. разработки модели пробивки отверстий в листовом металле пуансонами цилиндрической формы, учитывающей особенности технологического процесса.

Для решения данной задачи воспользуемся вычислительным комплексом ANSYS Workbench, который позволяет создать геометрическую модель штампа, задать свойства материалов рабочих органов, заготовки, смоделировать процесс пробивки отверстия в листовом металле пуансоном цилиндрической формы, исследовать возникающие напряжённые состояния в процессе пробивки, а также изменять ранее заданные характеристики материалов и параметры технологического процесса. В ANSYS Workbench 2019 R2 для твёрдотельного динамического анализа используется среда ANSYS Explicit Dynamics, которая позволяет проводить расчёты быстропротекающих высоко нелинейных процессов в постановках Лагранжа и Эйлера и предоставляет возможность решать все основные задачи явной динамики и быстропротекающих процессов. Программа проводит расчёты при помощи решателей ANSYS Autodyn, но в отличие от него использует тот же графический пользовательский интерфейс, что и широко распространённый решатель ANSYS Mechanical и другие аналитические системы платформы ANSYS Workbench. Explicit Dynamics является частью лицензии ANSYS Mechanical Enterprise [2].

Моделирование проводилось с учётом реальных условий процесса пробивки отверстия в листовом металле цилиндрическим пуансоном на кривошипном прессе КД2128. Пробивку производят в штампах, рабочими органами которых являются пуансон и матрица (рис. 1). Между пуансоном и матрицей устанавливают определённый зазор z . Лист или полосу устанавливают на матрицу, имеющую острые кромки. Пуансон, также имеющий острые кромки, опускаясь вместе с верхней частью штампа, внедряется в лист. При этом происходит относительное смещение металла листа в матрицу, которое заканчивается разрушением металла в зазоре, т. е. пробивкой. Отделенная часть листа проваливается в отверстие матрицы, а отход при ходе пуансона вверх снимается с пуансона съёмником [3].



1 – пуансон, 2 – съёмник, 3 – лист (полоса), 4 – отход, 5 – матрица
Рисунок 1 – Штамп для пробивки

На основании технологического процесса пробивки отверстий в разделе «Geometry» вычислительного комплекса ANSYS создаём геометрическую модель штампа (рис. 3 а). Зазор между пуансоном и матрицей варьировался от 5 до 15 % от толщины пробиваемого металла на сторону. При моделировании толщина листа принималась равной $t = 4$ мм, материал – сталь 20 ГОСТ 1050-88. Материал пуансона – сталь Х12МФ ГОСТ 5950-2000, твёрдость 57–60 HRC. Схема используемого пуансона представлена на рис. 2.

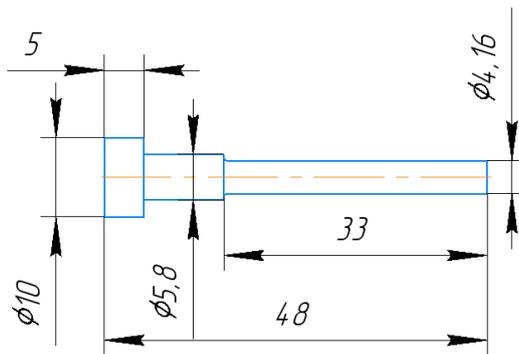
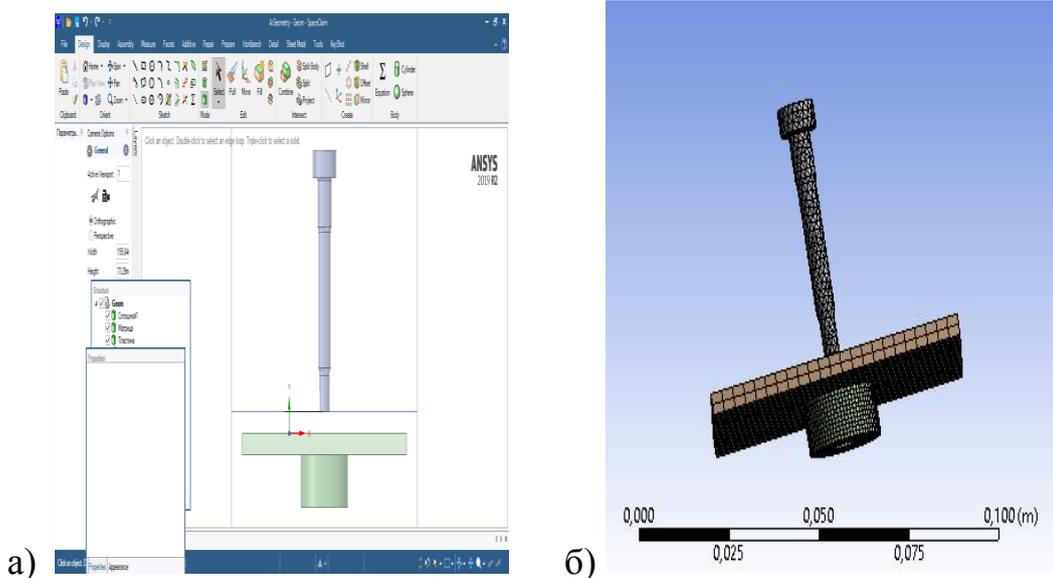


Рисунок 2 – Схема цилиндрического пуансона



а) геометрическая модель; б) модель конечных элементов
Рисунок 3 – Расчётная модель штампа

В разделе «Model» на основе геометрической модели штампа создаём её конечно-элементную модель, которую закрепляем по нижней цилиндрической части матрицы (рис. 3 б).

В разделе «Engineering Data» задаём свойства материала пуансона и листа. Скорость движения пуансона задаём исходя из реальных условий эксплуатации на прессе, соблюдая технологические параметры.

В разделах «Setup» и «Solution» комплекса ANSYS Workbench запускаем модель штампа с заданными параметрами и характеристиками, производим расчёт модели.

В разделе «Result» получаем результаты моделирования пробивки отверстий в листовом металле пуансонами цилиндрической формы. С помощью данной модели можно анализировать, как возникают и изменяются с течением времени напряжения и деформации в пуансоне (рис. 4, 5).

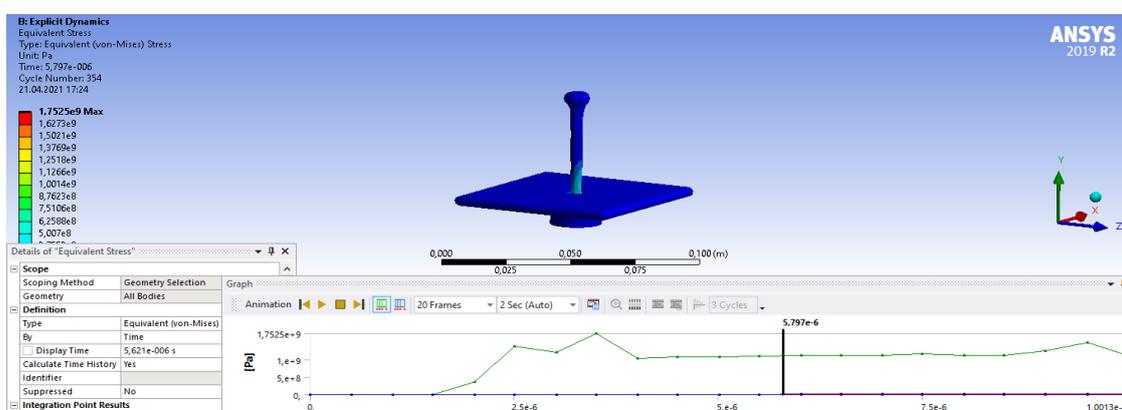


Рисунок 4 – Напряжённно-деформированное состояние пуансона

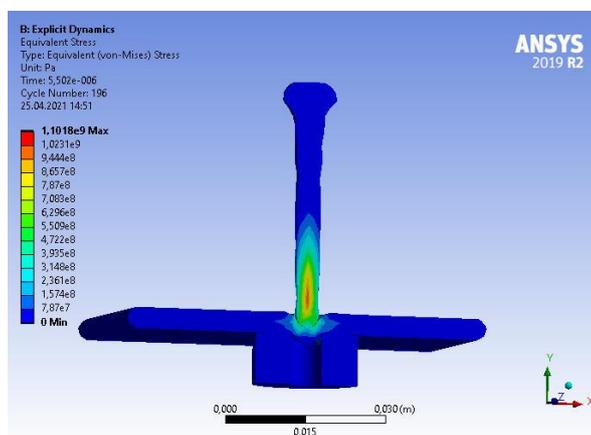


Рисунок 5 – Типичное распределение эквивалентных напряжений по Мизесу

Выполнен расчёт предельно допускаемой нагрузки в зависимости от длины рабочей части пуансона. Установлена предельная длина рабочей части, при которой возможно осуществлять процесс пробивки. Исследовано влияние скорости движения пуансона на возникающие в нём напряжения. Моделирование пробивного пуансона с изменённой формой рабочей части не выявило существенных скачков напряжений по длине инструмента в процессе пробивки, что свидетельствует о том, что изменения в конфигурации пуансона не окажут негативного воздействия на его прочность.

Проведённые исследования позволяют оптимизировать форму и размеры рабочей зоны пуансона, зазор между матрицей и пуансоном в зависимости от их материалов и толщины листа. В результате проведённых исследований разработаны рекомендации для применения одного из методов обработки рабочих поверхностей пуансонов для улучшения их эксплуатационных свойств: метод плазменной поверхностной термообработки металлоизделий, позволяющий получать поверхностные слои с высокими механическими характеристиками [4].

Список цитированных источников

1. Металлообработка в современном машиностроении [Электронный ресурс] // Пробивка отверстий. – Режим доступа : <http://metall-work.ru/obr-met/38.html>. – Дата доступа : 29.05.2021.
2. Мухутдинов, А. Р. Основы применения ANSYS Autodyn для решения задач моделирования быстропротекающих процессов: учебное пособие / А. Р. Мухудинов. – Казань : КНИТУ, 2016. – 244 с. – ISBN 978-5-7882-2115-1.
3. Бурдуковский, В. Г. Технология листовой штамповки : учебное пособие / В. Г. Бурдуковский.— Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2019.— 224 с.
4. Дзеник, А. Д. Совершенствование проектирования и изготовления пуансонов и матриц / А. Д. Дзеник, Р. В. Гавариев // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2017. – Т. 39. – С. 1171–1175. – URL: <http://e-koncept.ru/2017/970561.htm>. – Дата доступа : 29.05.2021.

УДК 621.9.01

Сутьжиц В. Ю.

*Научный руководители: ст. преподаватель Сокол В. А.,
ст. преподаватель Парфиевич А. Н.*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОЦЕНКИ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ РЕЗАНИИ

Характерными чертами развития современного машиностроения является автоматизация технологических процессов и высокая производительность труда. Среди большого количества разнообразных технологий, применяемых в машиностроении, обработка резанием является одним из основных методов получения деталей машин. Это обуславливает необходимость развития и внедрения средств автоматизации, непосредственно связанных с процессом резания, в том числе контроля и мониторинга технического состояния режущих инструментов и элементов станочных систем. Своевременный вывод из работы режущего инструмента позволяет не допустить поломки, что приводит к экономии инструментального материала при переточке и увеличению срока службы режущего инструмента.

Вследствие этого возникает необходимость постоянного контроля режущего инструмента, техническое состояние которого оказывает значительное влияние на точность получаемых размеров. Кроме этого изменение текущего состояния режущего инструмента приводит к изменению его геометрических параметров, условий стружкообразования, а также динамических явлений, характеризующихся колебаниями сил резания и виброакустическими процессами [1, 2]. Контроль за уровнем последних в процессе резания весьма важен, так как колеба-