

УДК 621.774.3: 004.942

DOI: 10.35211/1990-5297-2025-8-303-21-24

*О. А. Макарова, А. А. Кожевникова, Е. А. Макарова***ВЛИЯНИЕ КИНЕМАТИКИ РЕЗАНИЯ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ
В ОБРАБАТЫВАЕМОМ МАТЕРИАЛЕ В ЗОНЕ КОНТАКТА****Волгоградский государственный технический университет**E-mail: olgamakarova5024@gmail.com, alla.aka-78@yandex.ru,
m.lipka2015@yandex.ru

В статье рассмотрено влияние скорости резания и подачи на напряжения в поверхностном слое. Расчет проведен в программном пакете SIMULIA/Abaqus для пакетного резания заготовок из стали 45. Материал инструмента сталь 50ХГФА. Выявлены наиболее значимые параметры обработки.

Ключевые слова: напряжения, моделирование, пильный диск, метод конечных элементов, кинематика процесса резания

*О. А. Makarova, A. A. Kozhevnikova, E. A. Makarova***THE EFFECT OF CUTTING KINEMATICS ON STRESS DISTRIBUTION
IN THE PROCESSED MATERIAL IN THE CONTACT AREA****Volgograd State Technical University**

The article examines the effect of cutting speed and feed on stresses in the surface layer. The calculation was carried out in the SIMULIA/Abaqus software package for batch cutting of blanks made of 45 steel. The material of the tool is steel 50HGFA. The most significant processing parameters have been identified.

Keywords: stress, modeling, saw blade, finite element method, kinematics of the cutting process

Авторами рассматривается термофрикционное резание салазковой пилой холодного трубопроката при производстве бесшовных труб в ТПЦ – 2 АО «ВТЗ». Данный вид обработки относится к пакетной резке металлопроката дисковыми пилами и имеет широкое распространение на ряде предприятий металлургической отрасли [1, 2]. В ТПЦ – 2 АО «ВТЗ» для резки труб, поступающих из охладителя, применяется стационарная салазковая пила холодного резания. При этом производится обрезка головной и хвостовой части заготовок и разрезка труб на заданные размеры.

К особенностям термофрикционного резания зачастую относят простоту и экономичность технологического процесса. При этом недостатком этого вида обработки является повышенный износ обрабатывающего инструмента, что приводит к значительному снижению качества реза [1–3]. Процесс высокоскоростного термофрикционного резания дисковой пилой сопровождается такими явлениями, как деформация и заплывание зубьев, повышенный износ отдельной группы зубьев в процессе обработки с появлением на них поперечных трещин. Все это вызывает потерю режущих свойств обрабатывающего инструмента. Процесс также сопровождается образованием крупных заусенцев

на торцах труб, прочно прикрепленных к телу заготовки [4–6].

Для достоверного описания процессов, протекающих в зоне резания при резке проката из высоколегированных сталей решено применить численные методы (метод конечных элементов), что позволит прогнозировать результат при снижении затрат на натурный эксперимент. Обоснование необходимости модернизации геометрии профиля обрабатывающего инструмента (диска пилы) для повышения качества торца заготовок и увеличения стойкости зубьев приведено в исследованиях [7, 8], проведенных методами компьютерного моделирования.

Для моделирования процесса термофрикционного резания необходимо определить усилия, с которыми пила прижимается к обрабатываемой поверхности. Так как система управления механизмами главного движения и подачи не позволяет отследить усилия резания с требуемой точностью, определение напряжения и величины тепловыделения в процессе обработки оказывается затруднено. По этой причине в программном комплексе SIMULIA/ Abaqus произведен анализ влияния кинематических параметров резания на напряжения в зоне контакта инструмента и обрабатываемого материала с помощью методов конечных элементов.

Для расчета напряжений в контактной зоне использовался модуль Abaqus/ Explicit программного комплекса SIMULIA/ Abaqus компании Dassault Systemes). Использовался метод полностью связанного анализа термических процессов и механических напряжений (Fully coupled thermal-stress analysis), для сильно нелинейных переходных быстротекущих динамических процессов с явной схемой интегрирования. Расчет проводился с использованием мо-

дели пластичности Джонсона–Кука [8], для учета изменения предела текучести материалов пилы и обрабатываемого материала в результате пластического деформирования при различных температурах и скоростях.

По результатам моделирования получено распределение напряжений в зоне контакта задней поверхности зуба пилы и обрабатываемого материала (рис. 1).

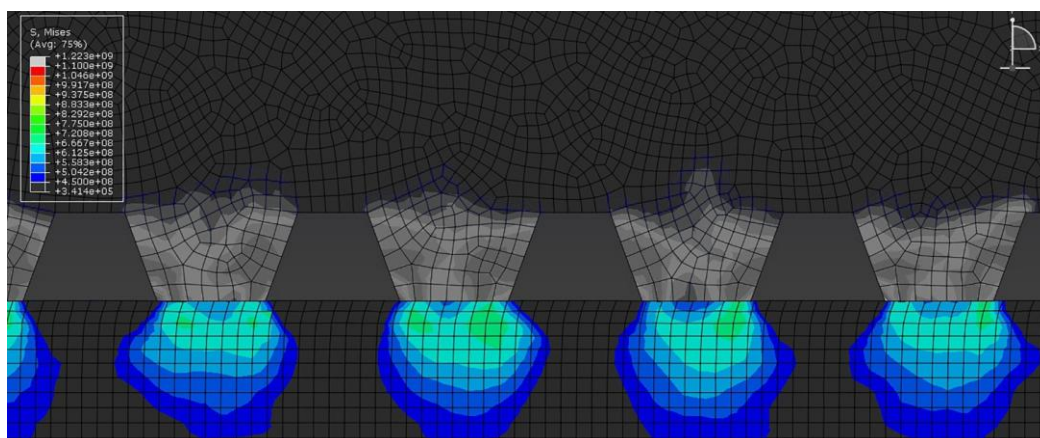


Рис. 1. Распределение напряжений в обрабатываемом материале в зоне контакта

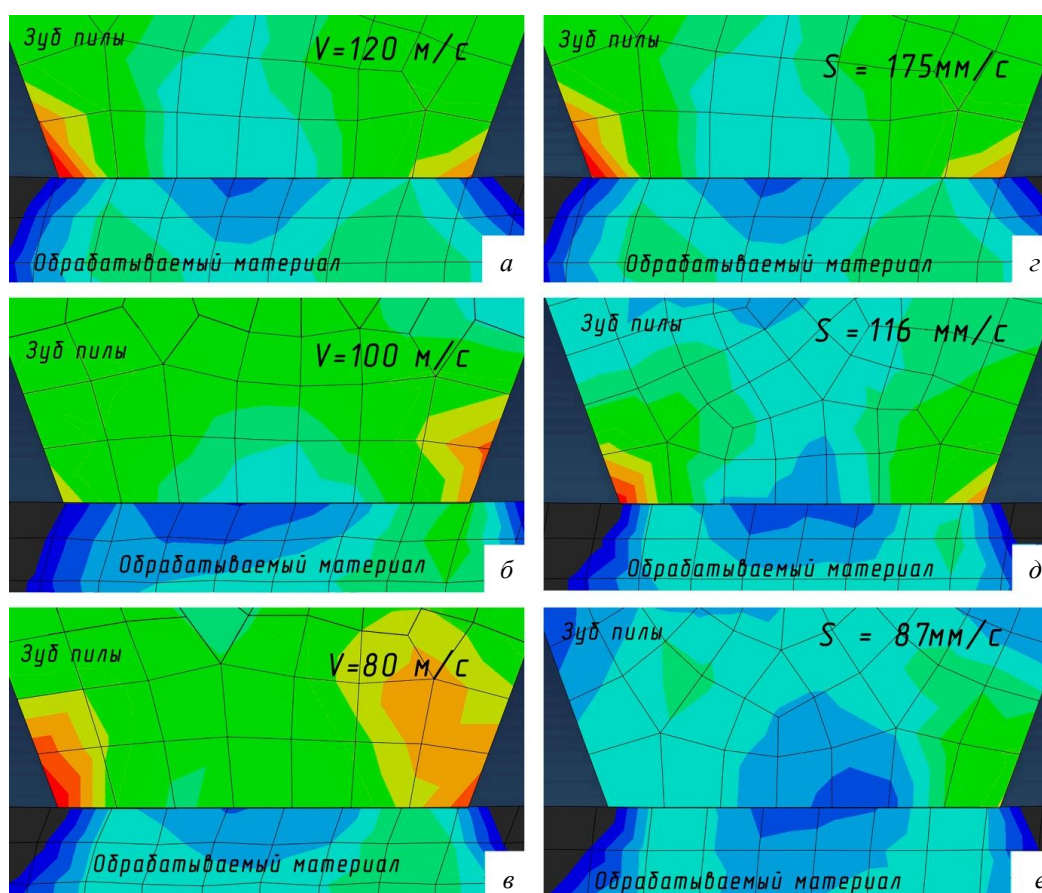


Рис. 2. Изменение напряжений в обрабатываемом материале по длине контакта с зубом пилы: а, б, в – от скорости резания; г, д, е – от подачи пилы

Материал инструмента сталь 50ХГФА, материал разрезаемой заготовки сталь 45. Скорость вращения пилы 80–120 м/с, величина подачи инструмента равна 0,086–0,175 м/с.

Пильный диск моделируется в виде пластины с 100 зубьями.

Размер задней поверхности зубьев, находящихся в контакте с обрабатываемым материалом, равен 3,5 мм, расстояние между зубьями

пилы 15,7 мм. Для определения среднего напряжения в обрабатываемом материале в зоне контакта было проведено интегрирование полученных значений по длине площадки контакта (рис. 2).

Расчет показал, что с увеличением скорости резания с 80 до 120 м/с величина среднего напряжения в обрабатываемом материале увеличивается с 442 до 557 МПа (рис. 2, а–в, 3).

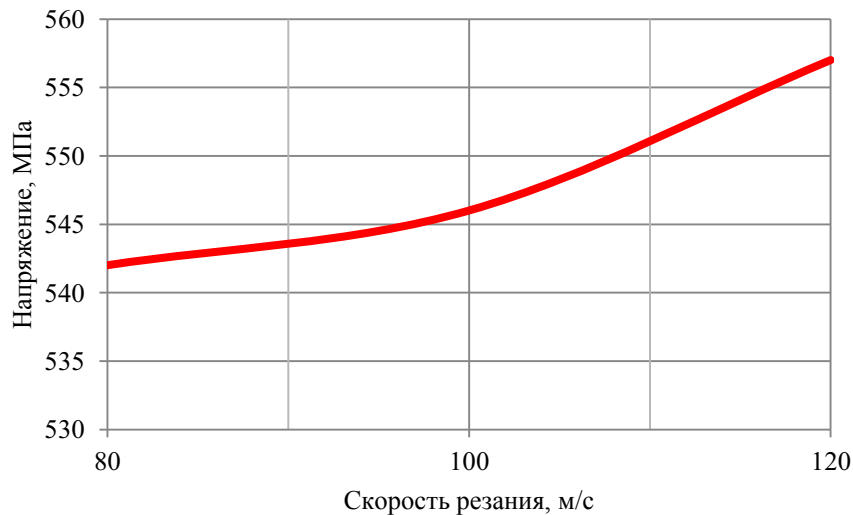


Рис. 3. Изменение напряжений в обрабатываемом материале от скорости резания

С увеличением подачи инструмента с 87 до 175 мм/с величина среднего напряжения

в обрабатываемом материале увеличивается с 534 до 557 МПа (рис. 2, з–е, 4).

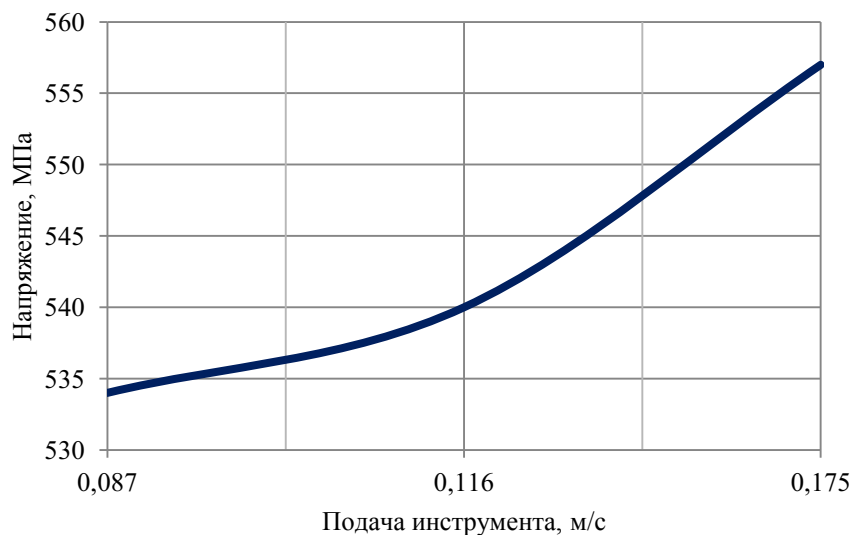


Рис. 4. Изменение напряжений в обрабатываемом материале от подачи

Полученные значения позволяют определить какую нагрузку необходимо приложить к инструменту для расчета температурных по-

лей при термофрикционном резании при данных кинематических параметрах.

Определены диапазоны нагрузок и механи-

ческих напряжений, действующих при резании с заданными скоростями и перемещениями с использованием метода конечно-элементного моделирования в пакете программ SIMULIA/ Abaqus, что позволяет вести дальнейший анализ температурных полей и пластических деформаций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шур, И. А. Машины и агрегаты металлургического производства / И. А. Шур, Н. А. Чиченев, С. М. Горбатьюк. – 2009.
2. Данченко, В. Н. Технология трубного производства : учеб. для вузов / В. Н. Данченко, А. П. Коликов, Б. А. Романцев, С. В. Самусев. – М. : Интермет Инжиниринг, 2002. – 640 с.
3. Ищенко, А. А. Пилы горячен резки проката. Конструкции и расчет : монография / А. А. Ищенко, Е. А. Лоза ; ГВУЗ «Приазов. госуд. техн. ун-т». – Мариуполь : ГВУЗ «ПГТУ», 2012. – 251 с.
4. Банников, А. И. Теоретические основы модернизации термофрикционных пил для резки горячего трубопровода : монография / А. И. Банников ; ВолгГТУ. – Волгоград, 2014. – 135 с.
5. Макарова, О. А. Исследование микроструктуры заусенцев на торцах заготовок при пакетном резании дисковой фрезой / О. А. Макарова // Известия ВолгГТУ : научный журнал № 1 (260) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2022. – (Серия «Прогрессивные технологии в машиностроении»). – С. 23–29.
6. Банников, А. И. Повышение эффективности термофрикционной резки трубопровода / А. И. Банников, А. А. Банников, А. И. Курченко, Н. А. Дятлов, И. Л. Пермяков // СТИН, 2010. – № 10. – С. 34–37.
7. Гуревич, Л. М. Моделирование высокоскоростного резания в Deform 3D / Л. М. Гуревич, А. Р. Е. Новиков, А. Г. Серов // Известия ВолгГТУ : научный журнал № 9 (188) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2016. – (Серия «Проблемы материаловедения, сварки и прочности в машиностроении»). – С. 60–64.
8. Исследование термо-деформированного состояния зубьев пилы пакетной резки с использованием МКЭ / Л. М. Гуревич, А. И. Банников, О. А. Макарова, В. Ф. Данченко, С. П. Писарев, А. С. Губарев, Д. . Шагоян, Н. В. Трутнев, А. В. Красиков // Известия ВолгГТУ : научный журнал № 2 (261) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2022. – (Серия «Проблемы материаловедения, сварки и прочности в машиностроении»). – С. 40–45.