

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАГРУЖЕНИЯ ЛЕНТОЧНЫХ ПИЛ ОТРЕЗНЫХ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

А.А. Сизо, А.Е. Литвинов

*В статье приведены результаты анализа условий работы пилы при помощи программного комплекса ANSYS. По полученным данным удалось сделать вывод, что наиболее уязвимым местом пилы ленточно-отрезного станка является место сварки полотна в кольцо, так как сварные швы плохо работают на знакопеременную нагрузку.*

*Ключевые слова:* моделирование, пила, сварной шов, нагружение, резание.

Ленточный отрезной станок представляет собой установку, предназначенную для разрезания изделий, приспособлений, выполненных из цветных и чёрных металлов, дерева и пр. Данные станки могут быть использованы для резки заготовок листовых материалов, круглого металлического проката, для деления на части пищевых замороженных продуктов, для работы с материалами повышенной степени прочности и т.д. В силу широкого применения и большого спроса, к станкам данного типа предъявляются высокие требования прочности и стойкости. С целью обнаружения наиболее нагруженных и подверженных износу элементов и деталей устройства, и возможным последующим их усовершенствованием, и упрочнением, проводится моделирование процессов нагружения.

Анализ условий работы режущего инструмента ленточнопильных отрезных станков показал, что пилы испытывают сложный вид нагружения. Так, при эксплуатации полотно ленточнопильного отрезного станка работает на изгиб по трем плоскостям, скручивание происходит вдоль центра масс полотна пилы, что позволяет сделать вывод о сложном усталостном нагружении пилы. Помимо этого, во время резания зубья режущей части пилы испытывают также знакопеременную нагрузку и работают в условиях трения, причем процесс резания сопровождается повышением температуры в зоне резания, что приводит к нагреву обрабатываемого материала и самого режущего инструмента. Таким образом, это приводит к тому, что на трение также работает и полотно пилы. В процессе резания пила также испытывает вибрационные нагрузки, а зубья режущей части могут испытывать ударную нагрузку. Из-за неоднородности обрабатываемого материала пилы ленточно-отрезных станков также часто испытывают и временные перегрузки. Схемы нагружения пилы показаны на рис. 1-3 [1-4].

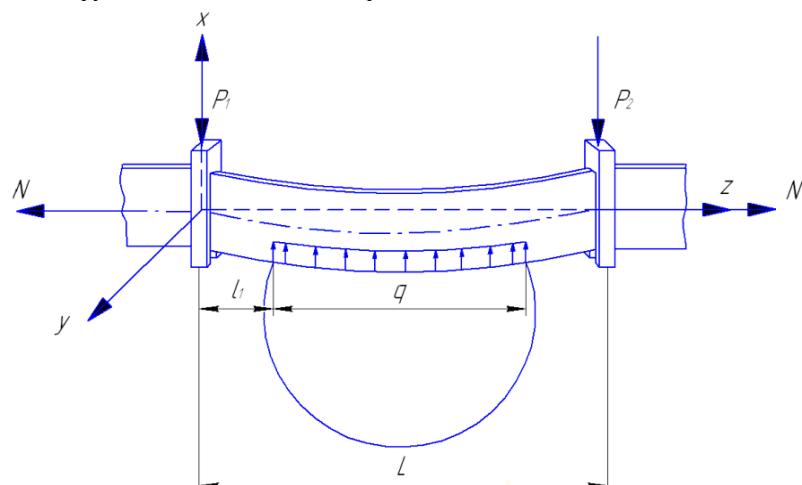


Рис. 1. Схема нагружения пилы в вертикальной плоскости:  $L$  - участок пилы между направляющими;  $q$  - распределенная вертикальная нагрузка, постоянная по величине по линии реза;  $S$  - шаг пилы в м;  $z$ - вдоль пилы,  $y$ - перпендикулярно плоскости пилы,  $x$ - в плоскости пилы перпендикулярно оси  $z$ ;  $P_1$  и  $P_2$  - вертикальные силы, возникающие в направляющих в результате действия распределенной нагрузки;  $N$  – растягивающая сила

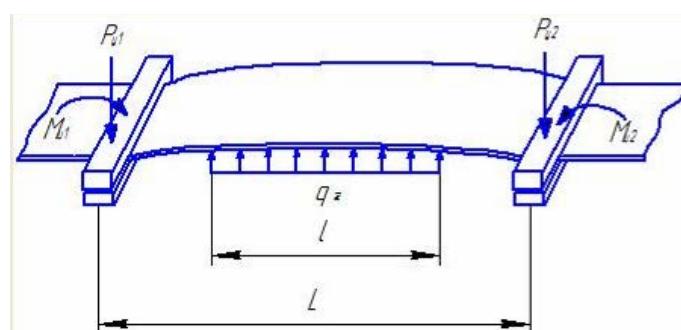
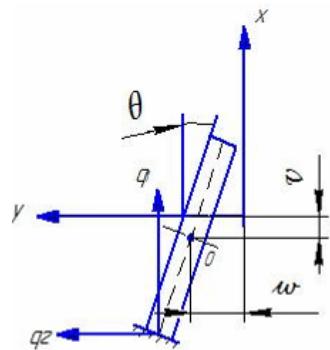
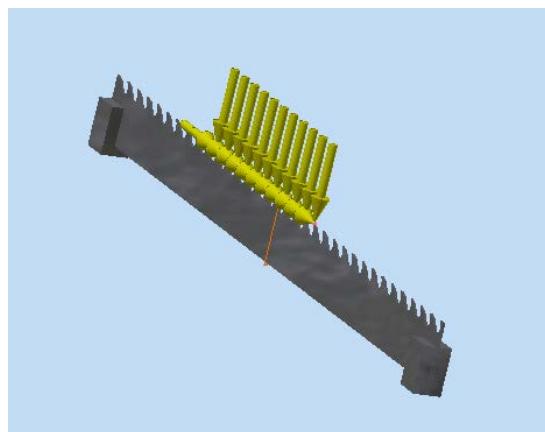


Рис. 2. Схема нагружения пилы в горизонтальной плоскости:  $q_x$  - небольшая горизонтальная составляющая распределенной силы резания, действующая на зубья пилы;  $l$  - линия реза;  $P_{1y}$ ,  $P_{2y}$  - силы реакций;  $M_{1x}$ ,  $M_{2x}$  - моменты реакций

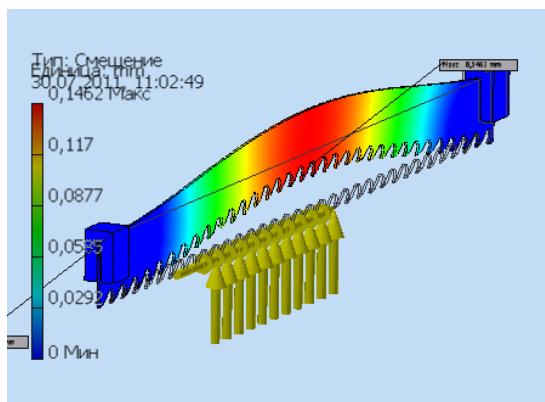


*Рис. 3. Схема нагружения пилы на кручение:  $v$  - вертикальная деформация средней линии;  $w$  - деформация средней линии*

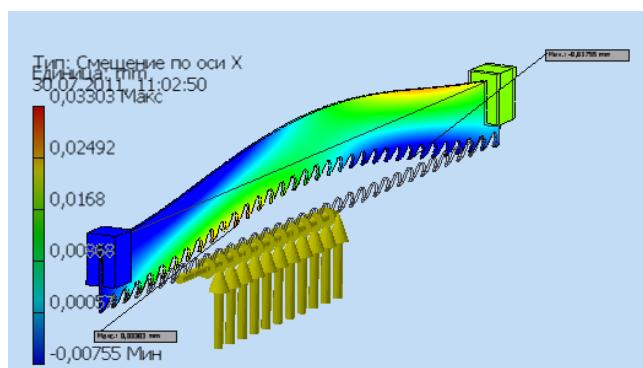
Анализ условий работы пилы проводился как экспериментальным путем, так и на программном комплексе ANSYS (показано на рис. 4-8).



*Рис. 4. Моделирование нагрузжения*



*Рис. 5. Результаты моделирования нагрузжения*



*Рис. 6. Результаты моделирования нагрузжения. Смещение по координате  $x$*

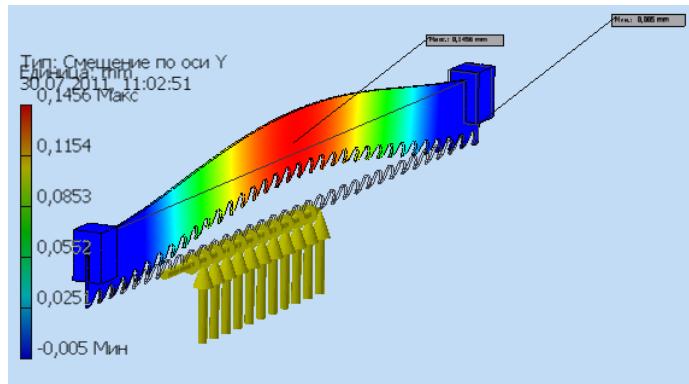


Рис. 7. Результаты моделирования нагружения. Смещение по координате у

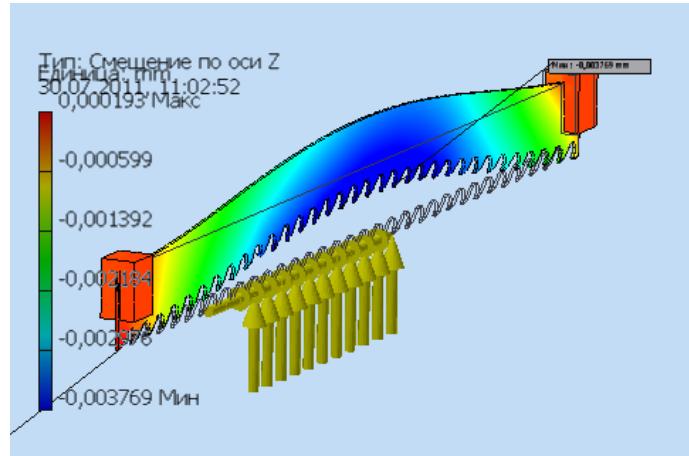


Рис. 8. Результаты моделирования нагружения. Смещение по координате z

По полученным данным удалось сделать вывод, что наиболее уязвимым местом пилы ленточно-отрезного станка является место сварки полотна в кольцо, так как сварные швы плохо работают на знакопеременную нагрузку. Однако альтернативы не существует на сегодняшний день, так как по требованиям технологичности место стыка не должно иметь выступов накладок и т.д. Поэтому, для уменьшения чувствительности к знакопеременным нагрузкам данного участка ленточной пилы, проводятся различные приемы термической либо термомеханической обработки, позволяющие нормализовать структуру в сварном шве и пришовных зонах. Кроме того, это позволяет уменьшить остаточные напряжения, возникающие после сварки в результате разности структур материала из-за различных температур нагрева материала по мере удаления от сварного шва, которые могут соответствовать температурам закалки, отпуска, отжига и т.д. В связи с различием в требованиях по физико-механическим свойствам к полотну и режущей части пилы появляется необходимость в изготовлении пилы, имеющей композитное строение, которое бы позволило получить пилу, удовлетворяющую всем условиям, предъявляемым как к полотну, так и к режущей части. Изготовление пилы из одного материала, как для режущей части, так и для полотна с последующей термической и термомеханической обработкой не дает получить пилу, удовлетворяющую требованиям, предъявляемым к современным режущим инструментам. Таким образом, альтернативой стало изготовление биметаллической пилы, которая бы состояла из двух материалов - один из которых используется для изготовления полотна, а другой привариваются с использованием технологии лазерной сварки к полотну и используются как материал зубьев режущей части пилы. Однако помимо ограничения по свариваемости материалов возникает и ограничение по технологии, так как в результате сложного нагружения, а также воздействия температуры на пилу, в результате трения пилы об обрабатываемую деталь место сварки материалов полотна и режущей части также является уязвимым местом. Альтернативным решением для создания биметаллического композита для пилы могут служить технологии создания покрытий на режущей части пилы из специальных материалов. Однако существующие технологии, позволяющие получить такие покрытия, также имеют недостатки. В качестве недостатков можно отметить низкую адгезию, либо малую толщину такого покрытия.

**Заключение.** Таким образом, наиболее приемлемой технологией создания биметаллического композита для пилы из одного материала является технология местного легирования, которая позволяет изготовить пилу из материала, удовлетворяющего по физико-механическим характеристикам материалу полотна пилы. Как правило, для этого используют рессорно-пружинные стали, среди которых есть сталь 65, обладающая помимо стойкости к знакопеременным нагрузкам, еще и высокой вибростойкостью. В дальнейшем следует провести локальное легирование режущей части пилы с последующей термической и термомеханической обработкой, таким образом удастся получить режущую часть, удовлетворяющую по своим характеристикам всем требованиям, предъявляемым к современному режущему инструменту. В свою очередь применение технологии локального легирования позволяет её проводить, благодаря уникальным особенностям, как предчистовую, что в свою очередь даст возможность проводить черновую обработку материала с более низкими физико-технологическими свойствами, что облегчит процесс изготовления пилы, и, как следствие, сделать более технологичным процесс производства ленточных пил [5-11].

**Список литературы**

1. Litvinov A.E. Improving tool life and machining precision in band saws. Russian engineering research 2016 г. № 9. С. 761-760.
2. Litvinov A.E., Novikov V.V., Chukarin A.N. Noise reduction for multiblade rip saws // Russian Engineering Research. 2017. Т. 37. № 9. С. 807-808.
3. Бледнова Ж.М., Русинов П.О., Балаев Э.Ю. Повышение эксплуатационных свойств изделий формированием поверхностных композиций из материалов с эпф с градиентом свойств и температур фазовых превращений // Современные научно-исследовательские технологии. 2016. № 9-3. С. 378-384.
4. Бледнова Ж.М., Русинов П.О., Балаев Э.Ю. Количественная оценка наследственных закономерностей формирования и трансформации поверхностного слоя многокомпонентных материалов с памятью формы при высоконеэнергетическом воздействии // Материалы сегодня: Труды. 2017. С. 4652-4657. DOI: 10.1016/j.matpr.2017.04.046.
5. Ласкин Г.П., Кузнецов А.П. Моделирование процесса ионно-плазменного легирования // Вестник ТумГУ, 2010. Том 6. С. 64-67.
6. Рублевская Е.В., Комарова П.А., Щербакова А.В., Хуснутдинов Т.Д., Раменская Е.В. Анализ параметров процесса резания ленточными пилами // Актуальные проблемы авиации и космонавтики, 2017. Том 1. С. 35-36.
7. Гусейнов М.К., Курбанов М.К., Билалов Б.А., Сафарайлиев Г.К. Магнетронное осаждение тонких пленок твердого раствора (SiC)<sub>1-x</sub>(AlN)<sub>x</sub>. // Физика и технология полупроводников. 2010. Т. 44. С. 841-844.
8. Ротер Б., Германн У., Шульце С. Износостойкие углеродные покрытия, нанесенные без напряжения смещения подложки. // Тонкие твердые пленки. 2001. 398-399. С. 187-192.
9. Кан М., Менегаццо Н., Мизайкофф Б., Бергхаузер Р., Лакнер Дж.М., Хуфнагель Д., Вальдхаузер В. Свойства пленок DLC и DLC, легированных азотом, нанесенных методом магнетронного распыления на постоянном токе // Плазменный процесс. Полим. 2007, 4, С.200–204.
10. Чжан С., Буй Х.Л., Фу Ю. Твердые покрытия с очень высокой ударной вязкостью, полученные магнетронным напылением. // Технология обработки поверхностей и покрытий. 2003. Том 167. С. 137-142. DOI: 10.1016/S0257-8972(02)00900-3.
11. Лин К.Р., Вэй Д.Х., Чанг К.К., Ляо У.Х. Оптические свойства алмазоподобных углеродных пленок для просветляющего покрытия методом радиочастотного магнетронного распыления // Физическая энциклопедия. 2011. 18. С. 46-50.

*Сизо Алан Анзорович, аспирант, Россия, Краснодар, Кубанский государственный технологический университет,*

*Литвинов Артем Евгеньевич, д-р техн. наук, профессор, [artstyleone@mail.ru](mailto:artstyleone@mail.ru), Россия, Краснодар, Кубанский государственный технологический университет*

**MODELING OF THE LOADING PROCESS OF BAND SAWS OF CUTTING-OFF METAL-CUTTING**

*A.A. Sizo, A.E. Litvinov*

*The article presents the results of the analysis of the operating conditions of the saw using the ANSYS software package. According to the data obtained, it was possible to conclude that the most vulnerable point of the saw of the band-cutting machine is the place where the web is welded into the ring, since the welds do not work well for alternating loads.*

*Key words:* simulation, saw, welding, loading, cutting.

*Sizo Alan Anzorovich, postgraduate, Russia, Krasnodar, Kuban State Technological University,*

*Litvinov Artem Evgenievich, doctor of technical sciences, professor, [artstyleone@mail.ru](mailto:artstyleone@mail.ru), Russia, Krasnodar, Kuban State Technological University*