

УДК 686.1.05

**АНАЛИЗ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ НОЖЕЙ С
ВЫСОКОЧАСТОТНЫМИ ВИБРАТОРАМИ В БУМАГОРЕЗАЛЬНЫХ
ПОЛИГРАФИЧЕСКИХ МАШИНАХ**

Л.В. Ерицян

Национальный политехнический университет Армении

Часто обрезка бумагорезальной машиной является последним этапом обработки полиграфической продукции и обеспечивает товарный вид изделия. Поэтому точность резки является важным параметром для бумагорезальной машины. При резке бумажного блока нож движется вертикально вниз, и в зоне контакта кромки ножа с листом возникают большие нормальные напряжения, вызывающие разрушение волокон бумаги. Моделирование динамики процесса резания с применением высокочастотных вибропреобразователей реализовано в компьютерной среде ANSYS. Изложено описание и проведен анализ системы: нож–прижим–бумажный блок; полученные характеристики представлены графически. Результатами моделирования высокочастотного вибратора являются деформации вибратора и ножа с прикрепленными на нем вибраторами, а также величины напряжений в зоне резания. При применении высокочастотных вибраций деформация блока в зоне резания уменьшается на порядок, откуда следует, что силы трения в контакте ножа с блоком уменьшаются во столько же раз, а эквивалентные напряжения по Мизесу в бумажном блоке в зоне резания возрастают в два раза, следовательно, силы резания могут быть уменьшены также в два раза.

Таким образом, реализация процесса резания с применением ножей с высокочастотными вибраторами обеспечивает уменьшение сил трения в контакте ножа с бумажной стопой, а также усилия резания и деформаций листов бумаги, что приводит к повышению точности резки и качества полиграфической продукции. Как следствие, уменьшаются также необходимая мощность привода и энергозатраты машины. Моделирование процесса резания в резальных полиграфических машинах показало, что применение высокочастотных вибраций обеспечивает улучшение технических параметров резальных машин.

Ключевые слова: трехножевая бумагорезальная машина, сила резания, высокочастотный вибропреобразователь.

Введение. Послепечатный процесс является важной и трудоемкой частью производства полиграфической продукции [1-4]. С развитием рынка полиграфической продукции меняются требования, предъявляемые к послепечатному оборудованию [1]. Часто обрезка бумагорезальной машиной является последним этапом обработки полиграфической продукции и

обеспечивает товарный вид изделия. Поэтому точность резки является важным параметром для бумагорезальной машины.

Анализ процесса резания. Технологическая схема бумагорезальной машины [4] приведена на рис.1. Обрезка бумажного блока 4 с трех сторон осуществляется в одной позиции.

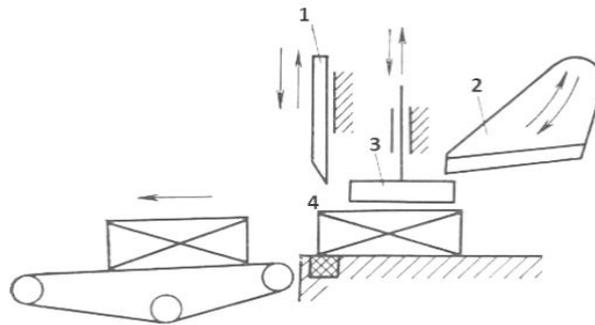


Рис. 1. Технологическая схема трехножевой бумагорезальной полиграфической машины:
1 - передний нож, 2 - боковой нож, 3 - прижим, 4 - бумажный блок

На блок опускается прижим 3, последовательно опускаются боковые 2 и передний 1 ножи, которые обрезают блок с трех сторон. После подъема прижима блок выводится на приемный транспортер.

В процессе резания на нож одновременно действуют сопротивление бумаги, сопротивление кромок обрезанных листов и трение кромок обрезанных листов. При этом нож движется вертикально вниз, и в зоне контакта кромки ножа с листом возникают большие нормальные напряжения, вызывающие разрушение волокон бумаги. После резки прогнутые части листов пытаются выпрямиться, в результате чего в зоне контакта возникают силы трения, которые создают давление на поверхности ножа. Равнодействующая сила суммарного сопротивления принимается за силу резания. Для расчета силы резания применяют формулу

$$F_p = \eta p L,$$

где p - погонное усилие резания, зависящее в основном от вида материала и остроты ножа; η - коэффициент, учитывающий возможное затупление ножа; L - ширина бумажного блока [3].

Проектирование ножей с высокочастотными вибраторами. Эффективным способом снижения сил трения в зоне контакта ножа с бумажным блоком может послужить вибрация соприкасающихся поверхностей с применением высокочастотных вибраторов [5]. Коэффициент эффективности воздействия вибраций на трение в зоне контакта рассчитывается по формуле

$$k = 1 - \frac{f'_{mp}}{f_{mp}}, \quad 0 \leq k \leq 1,$$

где f_{mp} и $f'_{тр}$ - коэффициенты трения без наложения и с наложенными вибрациями. Применение высокочастотного вибратора позволит уменьшить силы трения, которые возникают при резании. Нами предложена схема резания (рис.2), в соответствии с которой вибраторы 4 прикрепляются к поверхности ножа 3 и электрически подключаются к блоку генератора высокочастотных вибраций и системе управления 5, 6, 7. Уменьшение сил трения в зоне резания вследствие воздействия высокочастотных вибраций приводит к снижению силы сопротивления в целом, а также уменьшению деформаций листов бумаги от воздействия ножа. В результате уменьшается сила, необходимая для резки блока, и повышается точность резания.

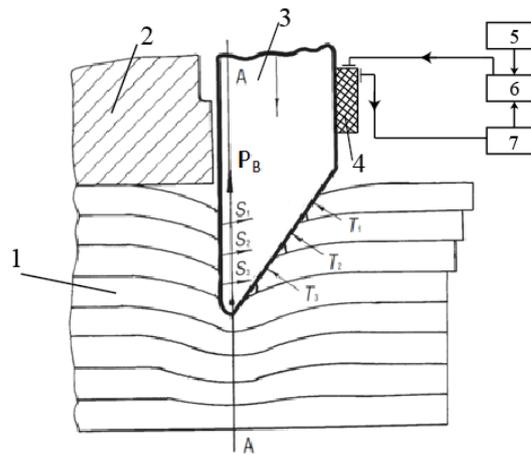


Рис.2. Процесс резания блока с применением высокочастотного вибратора:
1 - листы бумаги, 2 - прижим, 3 – нож, 4 – вибратор, 5, 6, 7 - генератор высокочастотных вибраций с системой управления

Моделирование динамики процесса резания с применением пьезоэлектрических вибропреобразователей реализовано в компьютерной среде ANSYS.

Численное моделирование процесса резания с применением высокочастотных вибраций. Результаты моделирования высокочастотного вибратора приведены на рис.3а, где показаны деформации вибратора и ножа с прикрепленными на нем вибраторами, и на рис.3б, где показаны деформации ножа, возникающие в результате применения вибратора.

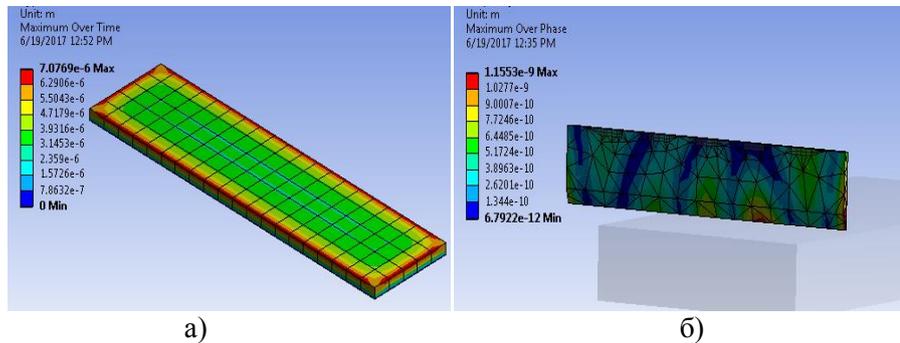


Рис.3. Деформации пьезоэлектрического вибратора (а) и ножа (б) при воздействии вибраций

Описание и анализ системы нож–прижим–бумажный блок, а также полученные характеристики представлены на рис. 4. При этом деформация блока в зоне резания уменьшается примерно в 10 раз, откуда следует, что силы трения в контакте ножа с блоком в зоне резания уменьшаются во столько же раз. Эквивалентные напряжения по Мизесу в зоне резания возрастают в два раза, из чего следует, что силы резания могут быть уменьшены также в два раза.

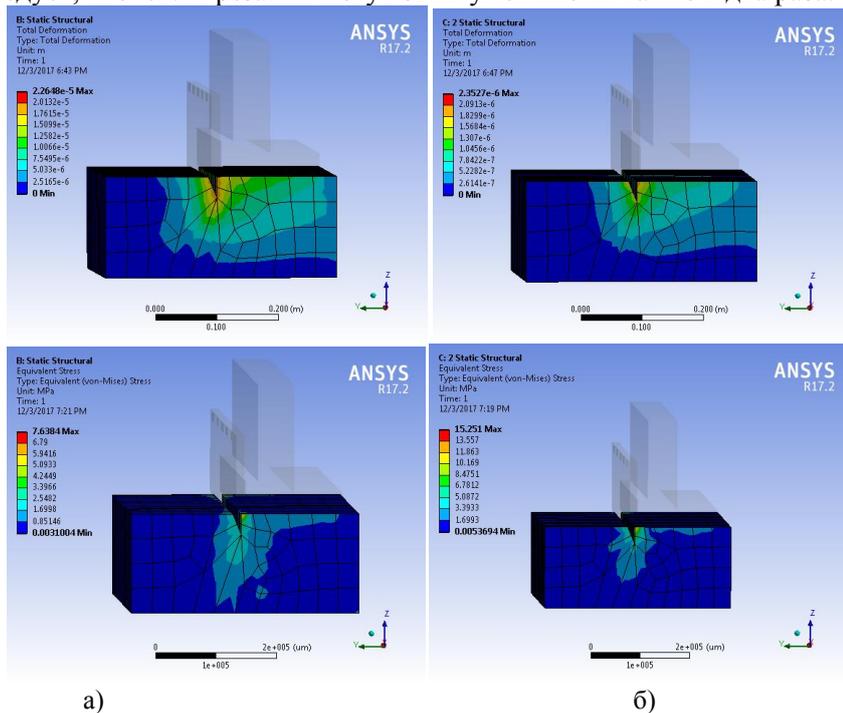


Рис.4. Деформации (а) и эквивалентные напряжения (б) в стопе без применения вибраций (верхняя строка) и с применением вибраций (нижняя строка)

Заклучение. Моделирование процесса резания в резальных полиграфических машинах показало, что применение высокочастотных вибраций обеспечивает улучшение технических и технологических параметров резальных машин: при резке в десять раз уменьшается деформация листов бумаги в зоне резания, откуда следует, что во столько же раз уменьшаются силы трения при контакте ножа с бумажным блоком. При этом вдвое возрастают эквивалентные напряжения в блоке под ножом в зоне резания. Следовательно, для достижения необходимых значений напряжений резания усилие на нож может быть уменьшено вдвое. Как следствие, уменьшается также затупление ножа, повышается точность резки и понижаются потребная мощность привода машины и энергозатраты.

Литература

1. **Бобров В.И., Куликов Г.Б., Одиноква Е.В.** Послепечатное оборудование. - М.: МГУП, 2000. -132 с.
2. **Токмаков Б.В.** Разработка и проектирование механизмов ножей скоростных резальных машин. - М.: МПИ, 2000. - 235 с.
3. **Хведчин Ю.И.** Послепечатное оборудование. Часть I: Брошюровочное оборудование: Учебн. пособие. - М.: МГУП, 2003.- 465 с.
4. **Хведчин Ю.И.** Послепечатное оборудование. Часть II: Переплетное и отделочное оборудование: Учебн. пособие. - М.: МГУП, 2009. - 452 с.
5. Вибрационные преобразователи движения / **Р.Ю. Бансявичус, А.К. Бубулис, Р.А. Волченкова и др.** - М.: Машиностроение, 1984. – 64 с.

*Поступила в редакцию 22.02.2018.
Принята к опубликованию 04.06.2018.*

ՊՈԼԻԳՐԱՖԻԱԿԱՆ ԹՂԹԱՀԱՏ ՄԵՔԵՆԱՆԵՐՈՒՄ ԿՏՐՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ ԲԱՐՁՐԱՀԱՃԱԽԱԿԱՆ ԹՐԹՈՒՉՆԵՐՈՎ ԴԱՆԱԿՆԵՐԻ ՆԱԽԱԳԾՈՒՄԸ

Լ.Վ. Երիցյան

Թղթի կտրումը հաճախ պոլիգրաֆիական արտադրանքի թողարկման վերջին փուլն է, երբ արտադրանքին տրվում է վերջնական տեսք: Այս պատճառով կտրման ճշտությունը համարվում է պոլիգրաֆիական թղթահատ մեքենայի կարևորագույն հատկություններից մեկը: Թղթի կոյտի կտրման ընթացքում դանակի սայրի և թղթի թերթերի հպման գոտում առաջանում են մեծ նորմալ լարումներ, որոնց հետևանքով տեղի է ունենում թղթի թերթի մանրաթելերի քայքայում: Դանակի սայրերի և թղթի թերթերի միջև առաջանում են շփման ուժեր: Շփման ուժը նվազեցնելու արդյունավետ տարբերակ է բարձրահաճախական թրթռիչների կիրառումը: Թղթահատ մեքենայի և թրթռակերպափոխիչների ուսումնասիրությունները ցույց տվեցին, որ բարձրահաճախական թրթռիչների կիրառմամբ կարելի է բարելավել մեքենայի տեխնիկական պարամետրերը: Թրթռակերպափոխիչների

կիրառմամբ կտրման գործընթացը մոդելավորվել է ANSYS ծրագրով: Մոդելավորման արդյունքում ստացվել են թրթռակերպափոխիչի՝ տատանման հետևանքով առաջացող դեֆորմացումները, ինչպես նաև դանակի դեֆորմացումները, որոնք առաջանում են դանակի վրա ամրացված թրթռակերպափոխիչների տատանումների արդյունքում: Մոդելավորման արդյունքները ցույց են տալիս, որ բարձրահաճախական տատանումների կիրառումը փոքրացնում է կտրման ընթացքում թղթի թերթերի դեֆորմացումները մոտ տասն անգամ, ինչից հետևում է, որ կտրման ընթացքում առաջացող շփման ուժերը նույնպես փոքրանում են մոտ տասն անգամ: Իսկ կտրման գոտում առաջացող թղթի համարժեք լարումներն աճում են երկու անգամ, ինչը նշանակում է, որ կտրման համար անհրաժեշտ ուժը նույնպես կարող է նվազել երկու անգամ:

Մոդելավորման արդյունքները ցույց են տալիս, որ տատանումների կիրառումը փոքրացնում է կտրման ընթացքում առաջացող շփման ուժերը, անհրաժեշտ կտրման ուժը և թերթերի դեֆորմացումները, ինչը հանգեցնում է կտրման ճշտության մեծացման, անհրաժեշտ կտրման ուժի փոքրացման և էներգախնայողության:

Առանցքային բառեր. եռադանակ թղթահատ մեքենա, կտրման ուժ, բարձրահաճախական թրթռակերպափոխիչ:

ANALYZING THE CUTTING PROCESS AND DESIGNING KNIVES WITH HIGH-FREQUENCY VIBRATORS IN PAPER-CUTTING PRINTING MACHINES

L.V. Yeritsyan

The process of paper cutting is often the last stage of processing the printing products which provides the marketable appearance of the product. Therefore, the accuracy of cutting is one of the most important parameters for a paper-cutting machine. During the process of cutting the paper block, the knife moves vertically downward, and large normal stresses occur in the contact zone of the blade edge and the sheet, causing destruction of the paper fibers. The study of a three knife trimmer show that the use of the high-frequency vibrators can improve the technical parameters of the machine. Simulation of dynamics of the cutting process, using high-frequency vibration transducers is implemented by using the ANSYS software. The results of the modeling of high-frequency vibrator are the values of vibrations of the vibrator. The simulation of the cutting process, using vibrations show the values of deformations of the knife with the attached vibrators on it. At cutting with vibrators, the deformation of paper sheets decreased 10 times, from what it follows that the frictional forces in the contact zone of the knife with the block also decrease 10 times. Equivalent stresses in the cutting zone increase 2 times, from what it follows that the cutting forces can be reduced 2 times.

The use of vibrations dwindles the friction force, the deformation of paper sheets and the cutting force, thus leading to the higher cutting accuracy, smaller power required for cutting, and reduces the energy consumption. The modeling process of cutting in cutting printing machines have shown that application of high frequency vibration ensures the improvement of the cutting machine technical parameters.

Keywords: three knife trimmer, cutting force, high frequency vibrator.

