

УДК 685.34.055.4 – 52

С.А. МАКСИМОВ, Ю.В. ПЕТУХОВ, А.В. РАДКЕВИЧ, И.В. ШИНКЕВИЧ

Витебский государственный технологический университет

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛ РЕЗАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ОКОН ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАТКИ ИЗ ЛИСТОВ ПВХ ПРОБОЙНИКОМ НА ШВЕЙНОМ ПОЛУАВТОМАТЕ С МПУ

*Цель статьи – научно обоснованная методика исследования сил резания пробойником листа ПВХ технологической оснастки к швейному полуавтомату. В ходе экспериментального исследования методом тензометрии дана количественная оценка сил резания, возникающих в рабочей паре «инструмент – заготовка» при изготовлении технологической оснастки на швейном полуавтомате с МПУ. Полученный результат позволяет определить оптимальные границы технологических режимов, благодаря которым качество обрабатываемой поверхности и точность изготовления пазов и окон в оснастке достигаются наиболее высокими. Учет сил резания при изготовлении контуров в оснастке позволяет обеспечить высокое качество стачивания (сборки) многослойных изделий из кожи и кожеподобных материалов.*

*Ключевые слова: полуавтомат с МПУ, сила резания, режимы резания, технологическая оснастка, обработка пластин ПВХ.*

S. A. MAKSIMOV, YU. V. PETUKHOV, A. V. RADKEVICH, I. V. SHINKEVICH

Vitebsk State Technological University

## DETERMINATION OF FORCES OF CUTTING AT TREATMENT OF WINDOWS OF TECHNOLOGICAL RIGGING FROM FOLIAS OF PVKH BY PUNCH ON SEWING SEMI-AUTOMATIC DEVICE WITH MPU

*Purpose of the article – the study of technological modes of mechanical processing equipment for semi-automatic sewing machines. The article presents the results of experimental investigation of cutting forces punch sheet polyvinyl chloride tooling to sewing machine with microprocessor-based control software, which allowed to determine the optimal boundaries of technological regimes, due to which the quality of the workpiece and the precision of grooves and windows snap-in are the most high. It is recommended to use the results obtained in the design and manufacture of equipment for sewing semiautomatic machines. This will improve the quality of stitching multilayer parts of footwear.*

*Keywords: semi-automatic device with MPU, cutting force, cutting modes, technological rigging, treatment of plates of PVKH.*

### Введение

Экономия энергетических, материальных и трудовых ресурсов является приоритетным направлением в разработке нового оборудования в различных отраслях промышленности. Этот принцип распространяется и на оборудование обувного, а также кожгалантерейного производства. В условиях мелкосерийного, среднесерийного производства возрастает потребность в разного рода полуавтоматах с высокими технологическими возможностями.

Основным сдерживающим фактором внедрения полуавтоматов с МПУ на предприятиях легкой промышленности является производство оснастки для них. Технологическая оснастка к швейным полуавтоматам в значительной степени определяют стоимость и качество выпускаемой продукции. Это объясняется сложностью ее изготовления (для ее получения необходимы станки с МПУ и дорогостоящий инструмент, как правило, фрезы), кроме того, в настоящее время пластины технологической оснастки изготавливаются из дорогостоящих материалов (алюминиевых сплавов). Следует также отметить, что для изготовления технологической оснастки на фрезерных станках с МПУ необходимы большие затраты времени, что в современных рыночных условиях является нежелательным.

Кардинальное повышение производительности, уменьшение себестоимости и существенное улучшение качества продукции может быть достигнуто при использовании на швейных полуавтоматах с программным управлением качественной и недорогой технологической оснастки.

Кафедрой машин и аппаратов легкой промышленности УО «ВГТУ» предложен способ изготовления кассет из пластин пластика ПВХ непосредственно на швейном полуавтомате с использованием специального инструмента – пробойника, который устанавливается в отверстие игловодителя.

Данный метод обеспечивает простоту изготовления и низкую стоимость оснастки. Однако возникает проблема, связанная с невысокой точностью изготовления криволинейного контура, что является следствием несовершенства технологии обработки, конструкции режущего инструмента и свойствами материала пластины.

Для оптимизации режимов обработки, геометрии режущего инструмента необходимо располагать точными данными в виде характеристик поведения во время резания технологической рабочей пары «инструмент – заготовка». Обширные знания и результаты, полученные при исследованиях в области резания металлов, не могут быть непосредственно перенесены на пластмассы, так как эти материалы имеют иную структуру.

Одним из важных параметров при обработке резанием являются силы: их знание необходимо для правильной эксплуатации оборудования и инструмента. Зная величину усилий резания и характер их изменения, можно наиболее рационально организовать технологический процесс изготовления

технологической оснастки на швейном полуавтомате.

**Постановка задачи**

В настоящей работе поставлена задача определения сил резания, возникающих в процессе обработки пластин ПВХ технологической оснастки на швейном полуавтомате. При этом пластина перемещается по заданной программе с помощью координатного устройства швейного полуавтомата. Имеется незначительное число работ, посвященных механическому резанию пластмасс [1, 2], работ же, посвященных обработке пластмасс методом пробивки пробойником на швейном полуавтомате с МПУ, вообще нет.

**Результаты исследования**

Схема взаимодействия пробойника и пластины из пластика ПВХ во время обработки на швейном полуавтомате с МПУ показана на рисунке 1. Пластина 4 из ПВХ, закрепляется в кассете (на рис. 1 не показана), кассета закрепляется в каретке координатного устройства и перемещается в старт-стопном режиме по заданной программе. В процессе перемещения кассета скользит по поверхности игольной пластины 3. Пробойник 1 опускается вниз и пробивает отверстие в пластине ПВХ 4, образуя стружку 5. В момент пробивки пластина 4 неподвижна. Достигнув крайнего нижнего положения, пробойник 1 перемещается вверх. Перемещение листа ПВХ кареткой координатного устройства на величину подачи производится в периоды, когда пробойник 1 не контактирует с пластиной 4. Следует отметить, что во время резания лист ПВХ 4 прижат лапкой 2 к игольной пластине 3 с усилием  $Q$ .

В процессе резания пластика возникает сложное неоднородное силовое поле, сконцентрированное вблизи режущих кромок пробойника 1 и игольной пластины 3 (рис.1). В момент резания пластика ПВХ на пробойник действуют силы, приложенные к его передним и задним поверхностям, при этом их соотношение и величина будут изменяться в зависимости от режимов обработки. В нашем случае основной интерес представляет главная составляющая силы резания –  $P_z$ , соответствующая усилию пробивания  $P_p$  (см. рис. 1). Очевидно, что она будет оказывать основное влияние на процессы, происходящие во время обработки, а также на узлы и механизмы швейного полуавтомата.

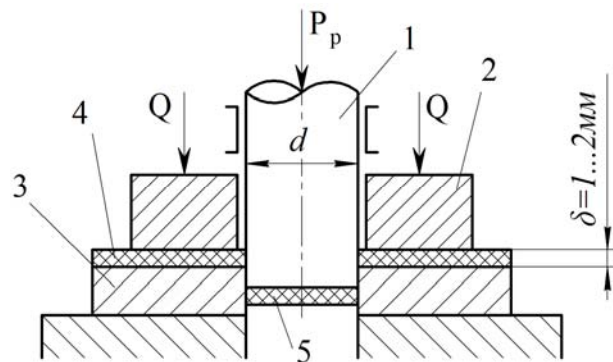


Рис. 1. Схема сил, действующих на заготовку при пробивке материала

Силу резания при обработке пластины ПВХ технологической оснастки на швейном полуавтомате при изменяемых условиях обработки в нашем случае целесообразно определять экспериментальным путем, так как аналитически рассчитать их в настоящее время затруднительно. Кроме того имеющиеся уравнения [2] не позволяют в полной мере учесть влияние всех факторов, влияющих на процесс резания, и не раскрывают физическую сущность процесса резания.

Для экспериментального определения сил резания использована методика тензометрического исследования, активно применяемая для схожих исследований при проколе иглой с разной заточкой разных материалов легкой промышленности [2–4]. Реализация данного метода в исследовании позволит собрать значительный объем информации о физических процессах, происходящих в структуре материала, и количественно оценить величину сил резания и характер их изменения в зависимости от режимов обработки.

Экспериментальная установка была собрана на базе швейного полуавтомата ПШ–1 (оригинальной конструкции совместного производства кафедры машин и аппаратов легкой промышленности УО «ВГТУ» и Научно-производственного опытно-конструкторского бюро машиностроения г. Витебска). Схема установки показана на рисунке 2.

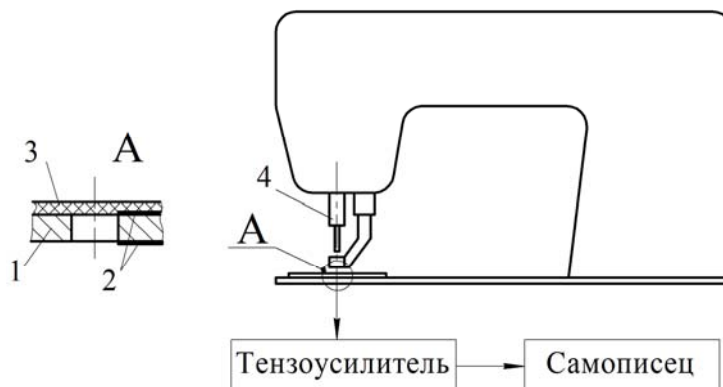


Рис. 2. Схема экспериментальной установки для исследования

Методика проведення експеримента наступляюча. С двох сторін игольної пластини 1 (рис. 2) установлені тензодатчики 2 (ГОСТ 30129-96), які підключаються по мостовій схемі. Для посилення сигналу при невеликих вигибах игольної пластини установлен усилитель уніфіцированный напівпровідниковий, клас точності 2,0 (ГОСТ 8.401-80). Вихідні сигнали с него поступають на прибор самопишущий быстродействующий НЗ27-3 (клас точності 1,5 (ГОСТ 8.401-80)), где преобразуются в графічну інформацію на бумажном носителе.

В результаті взаємодія пробойника 4 (рис. 2) и пластини 3 из листа ПВХ во время обработки игольная пластина 1 деформируется, причем деформации зависят от сил резания и от физических свойств листа ПВХ. За счет деформации игольной пластини происходит изменение сопротивления тензодатчиков. Снятый с мостовой схемы ток усиливается и передается на самописец, который в конечном счете фиксирует прогиб игольной пластини в относительных величинах. Так как воспринимающие элементы работают в зоне упругих деформаций (усилия сжатия меньше усилий, соответствующих пределу пропорциональности), то после снятия нагрузки игольная пластина вернется в первоначальное положение.

Экспериментальное исследование проводилось при толщине пластика ПВХ  $\delta = 1$  мм и величиной подачи кассеты  $S = 0,5$  мм/дв. ход, а также при различной частоте вращения главного вала швейного полуавтомата ПШ-1, которая изменялась в диапазоне от 200 до 1200 об/мин. Всем значениям частоты вращения главного вала в соответствии следует поставить значения линейной скорости режущего инструмента (пробойника) при входе его в пластину кассеты из листа ПВХ по формуле

$$V = \frac{\pi n R}{30}, \quad (1)$$

где  $V$  – линейная скорость пробойника при входе его в пластину кассеты, м/с;

$n$  – частоты вращения главного вала швейной головки полуавтомата, об/мин;

$R$  – радиус кривошипа, м; для швейной машины 31 конструктивно-унифицированного ряда ОАО «Легмаш», используемой в качестве швейной головки полуавтомата ПШ-1  $R = 0,0175$  м.

Изменение скорости было ступенчатым, регулировка проводилась с помощью автоматизированного привода швейной головки полуавтомата. Пробойник представлял собой стержень диаметром 2 мм (рис. 1), рабочий торец которого не имел фасок. Таким образом, форма режущей части пробойника, выбранная в эксперименте, цилиндрическая.

На рисунке 3 приведен фрагмент полученной в ходе эксперимента профилограммы изменения усилия резания в течение рабочего хода. Каждая вершина профилограммы соответствует усилию на пробойнике при снятии припуска за один проход. Кривая 1 отражает возрастание нагрузки от нуля до максимального значения  $P_{max}$ , соответствующего окончанию пластической стадии процесса резания. Перегиб кривой характеризует возникновение скалывающихся трещин у режущих кромок пробойника и игольной пластини. Вертикальная линия 2 соответствует окончанию вырубki, резкому падению усилия и разгрузке на игловодителе. Остальная часть профилограммы фиксирует вибрации системы и проталкивание стружки в игольную пластину. При последующих проходах инструмента сила резания  $P_p$  несколько меньше, чем при первом проходе ( $P_{max}$ ). Этот факт объясняется тем, что во время первого прохода снимается стружка большой площади (ее величина зависит только от диаметра пробойника), при последующих проходах площадь снимаемой стружки значительно уменьшается и определяется величиной подачи  $S$ . Сила резания  $P_p$ , необходимая для обработки одного паза кассеты, при втором и последующих проходах остается относительно постоянной.

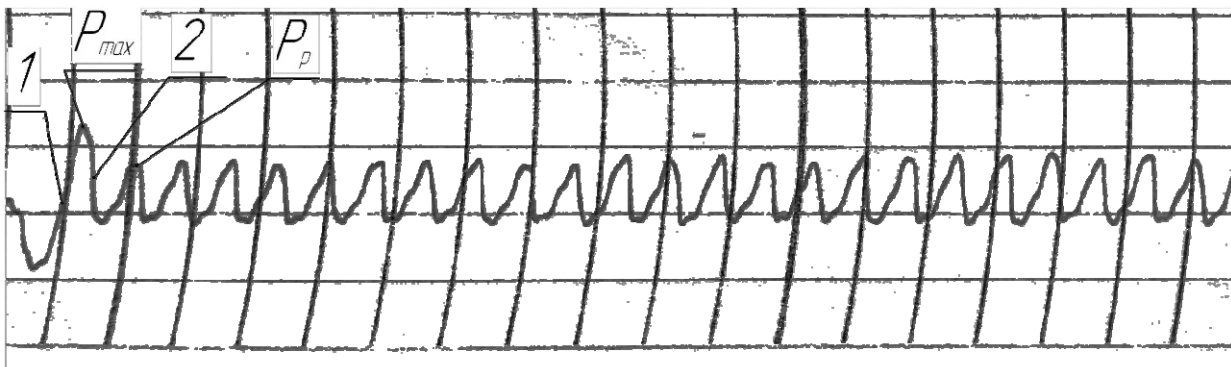


Рис. 3. Профилограмма усилия вырубki на протяжении рабочего хода

Для расшифровки профилограммы сил резания  $P_{max}$ ,  $P_p$ , (рис. 3), и получения их численного значения, построен тарировочный график. Для этого игольная пластина нагружалась грузом известной массы, в результате чего перо самописца отклонялось на некую величину. Профилограмма для построения тарировочного графика показана на рисунке 4, а сам тарировочный график приведен на рисунке 5.

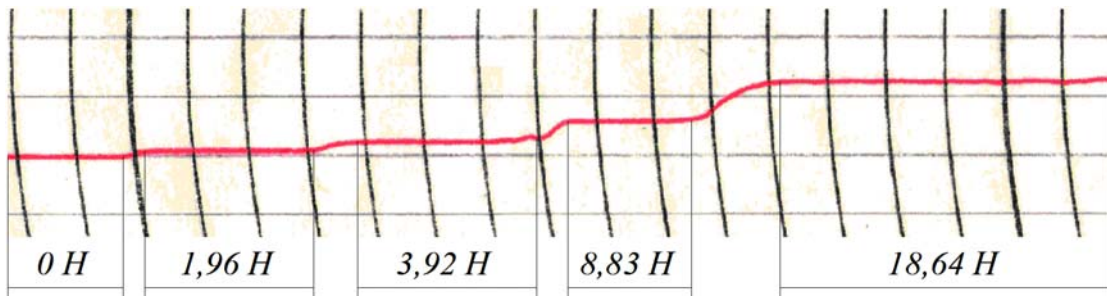


Рис. 4. Профилограмма для построения тарифовочного графика

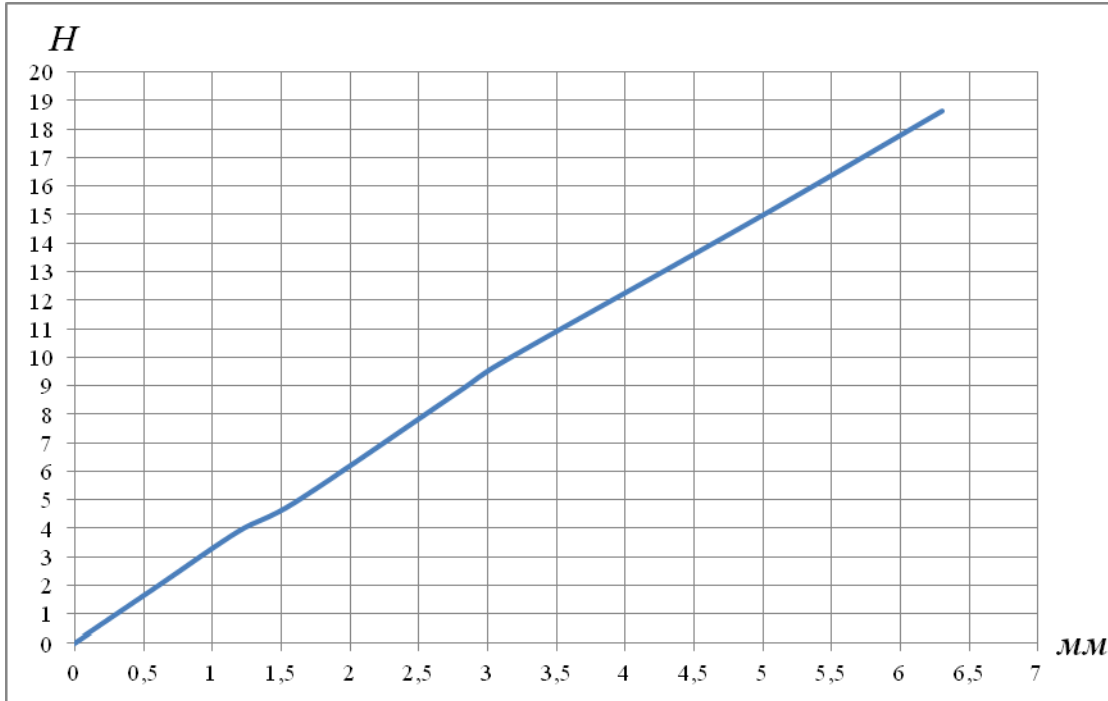


Рис. 5. Тарифовочный график

Сопоставив значения полученных профилограмм силы резания на протяжении рабочего хода (фрагмент см. на рис. 3) при различных скоростях обработки, и значений тарифовочного графика (рис. 5) можно построить графики зависимости сил резания  $P_{max}$  и  $P_p$  пластины кассеты из листа ПВХ от скорости резания пробойником (рис. 6).

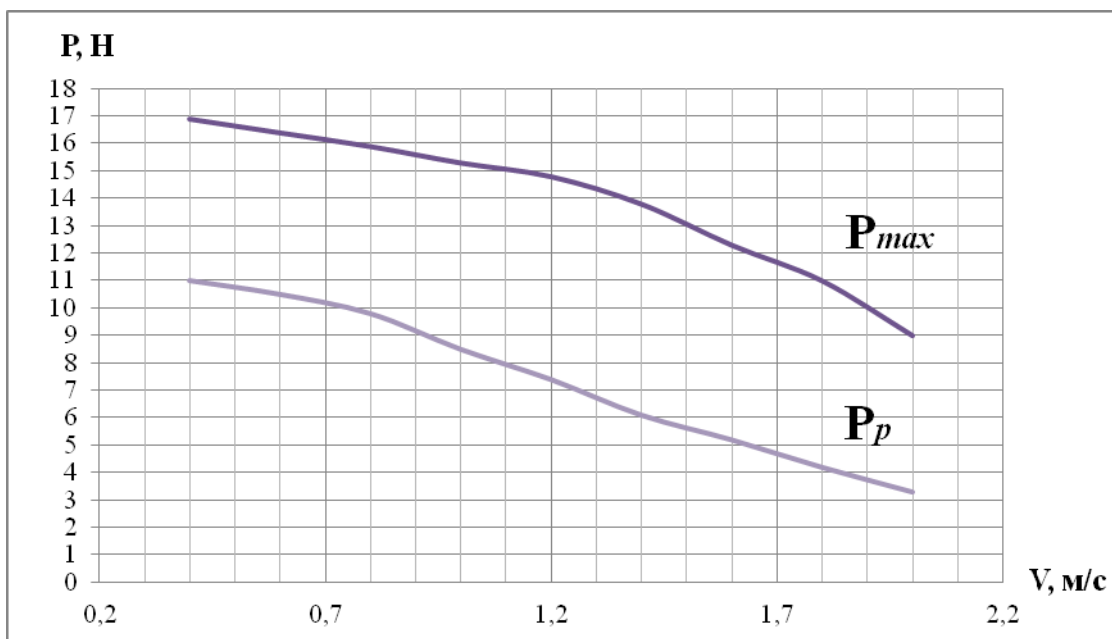


Рис. 6. График зависимости сил резания от скорости резания

Из графиков зависимости сил резания от скорости резания (рис. 7) видно, что с увеличением скорости обработки силы резания  $P_{\max}$  и  $P_p$  уменьшаются. Во время первого прохода пробойника сила резания достигает своего максимального значения (характер изменения этой силы на графике показан кривой  $P_{\max}$ ). При дальнейшей обработке паза сила резания уменьшается примерно в 2 раза (характер изменения этой силы на графике показан кривой  $P_p$ ).

Еще одним важным результатом полученных силовых границ процесса резания при изготовлении технологической оснастки служит тот факт, что силовое нагружение, необходимое для процесса, позволяет использовать в качестве оборудования сам швейный полуавтомат, что делает систему изготовления оснастки гибкой производственной системой. Такая возможность позволяет отказаться общему предприятию от применения дорогостоящего станочного оборудования с ЧПУ для изготовления технологической оснастки.

### Вывод

В ходе работы разработана методика экспериментального исследования усилия резания пластин кассет технологической оснастки из листа ПВХ пробойниками с цилиндрической режущей частью на швейном полуавтомате с МПУ.

Получены численные значения сил резания пластины кассеты из листа ПВХ толщиной  $\delta = 1$  мм и величиной подачи  $S = 0,5$  мм/дв. ход при различных скоростях обработки. Установлена линейно понижающая зависимость сил резания от скорости пробойника. Полученный диапазон необходимых сил резания доказывает возможность использования в качестве технического средства для изготовления оснастки сам полуавтомат.

### Литература

1. Штучный Б. П. Обработка пластмасс резанием : справочное пособие / Б. П. Штучный. – М. : Машиностроение, 1974. – 144 с.
2. Житник Н. И. Справочник по обработке пластмасс / Н. И. Житник, М. А. Герасько, Б. П. Штучный. – К. : Техника, 1988. – 160 с.
3. Гарбарук В. Н. Прокалывание текстильных материалов иглой / В. Н. Гарбарук // Известия вузов. Технология легкой промышленности. – 1975. – № 5. – С. 84–90.
4. Манзюк Э. А. Общая постановка задачи определения усилия прокола при стачивании материалов иглой с острием произвольной заточки / Э. А. Манзюк, П. И. Капустенский // Вестник Хмельницкого национального университета. – 2005. – № 6. Т. 2. – С. 47–50.
5. Зайцев Б. А. Прокалывание натуральной кожи иглой с овальной заточкой. Сообщение 1 / Б. А. Зайцев, М. В. Аревова, Е. Н. Гаврилов, А. Ю. Аревова // Известия вузов. Технология легкой промышленности. – 1980. – № 4. – С. 109–113.
6. Зайцев Б. А. Прокалывание натуральной кожи иглой с овальной заточкой. Сообщение 2 / Б. А. Зайцев, М. В. Аревова, Е. Н. Гаврилов, А. Ю. Аревова // Известия вузов. Технология легкой промышленности. – 1980. – № 5. – С. 130–133.

Рецензія/Peer review : 17.2.2016 р.

Надрукована/Printed : 18.4.2016 р.  
Рецензент : д.т.н., проф. Горбачик В.Е.