

674
К51

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

УДК 674.055: [621.9.025.7+621.791.367]

КЛУБКОВ АЛЕКСАНДР АНАТОЛЬЕВИЧ

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ И ПРОЧНОСТИ
ТВЁРДСПЛАВНОГО РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ
ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ ФРЕЗЕРОВАНИЕМ

Специальность 05.21.05 "Технология и оборудование
деревообрабатывающих производств. древесиноведение"

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

МИНСК -1997

Работа выполнена в Белорусском государственном технологическом университете.

Научный руководитель- кандидат технических наук, доцент
Макаревич С.С.

Официальные оппоненты: действительный член Российской Академии естественных наук, заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации, доктор технических наук, профессор
Амалицкий В.В.
кандидат технических наук, доцент
Завойских Г.И.

Оппонирующая организация-Институт надёжности машин
НАН Беларуси

Защита состоится “___” января 1998 г. в ___ час. на заседании совета по защите диссертаций Д.02.08.06 в Белорусском государственном технологическом университете по адресу: Республика Беларусь, 220630, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, БГТУ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского государственного технологического университета.

Автореферат разослан “___” декабря 1997 г.

Учёный секретарь совета
по защите диссертаций,
кандидат технических наук



С.П.Мохов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

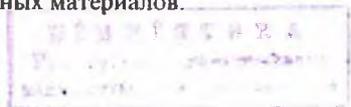
Актуальность темы. Рост объёма производства и производительности труда неразрывно связан с развитием новой техники. Создание новых высокопроизводительных деревообрабатывающих станков, автоматических и поточных линий, а также непрерывный рост объёма применения труднообрабатываемых древесных материалов предъявляют повышенные требования к качеству твёрдосплавного инструмента. Дальнейшее повышение эксплуатационной прочности и износостойкости твёрдосплавного инструмента невозможно без научного подхода к технологии его изготовления, обоснованного выбора материала и конструкции корпуса. Отсутствие обоснованной теории, объясняющей процесс развития остаточных напряжений и деформаций в паяном инструменте на основании физико-механических свойств твёрдых сплавов и стали, не позволяет развивать работы по совершенствованию твёрдосплавного инструмента, что делает тему работы актуальной.

Связь работы с крупными научными программами. Исследования выполнены в соответствии с планами НИР Белорусского государственного технологического университета в рамках Республиканской научно-технической программы "Инструмент".

Цель и задачи исследования. Целью данной работы является повышение износостойкости и прочности твёрдосплавного дереворежущего фрезерного инструмента.

Задачи исследований:

- разработать теоретический метод для определения остаточных напряжений и деформаций в паяном твёрдосплавном инструменте;
- исследовать влияние геометрических параметров поперечного сечения и марки стали для корпуса фрезерного ножа на величину остаточных напряжений и прогиба;
- провести экспериментальные исследования влияния величины остаточных галальных напряжений на износостойкость дереворежущих твёрдосплавных ножей на этапе их приработки;
- создать конструкцию твёрдосплавного ножа с рациональными геометрическими параметрами поперечного сечения;
- разработать метод для расчёта на прочность твёрдосплавного дереворежущего ножа, как двухслойной конструкции с переменным поперечным сечением;
- создать программное обеспечение для определения напряжённо-деформированного состояния твёрдосплавного ножа и расчёта возможного места излома инструмента при резании древесных материалов.



Научная новизна полученных результатов. Впервые разработан метод для определения остаточных напряжений и деформаций твёрдосплавных паяных дереворежущих ножей для фрезерования. Получены данные о влиянии величины остаточных напряжений на износостойкость инструмента на этапе приработки. Предложен новый метод определения напряжений в режущем инструменте, который можно применять для расчёта на прочность составного твёрдосплавного инструмента. Разработаны рациональные геометрические параметры поперечного сечения твёрдосплавного фрезерного ножа, обеспечивающие повышение износостойкости в 1,3-1,5 раза.

Практическая значимость полученных результатов. Разработанные теоретические методы расчётов, реализованные в виде программных продуктов для ЭВМ, позволяют обосновать выбор геометрических параметров поперечного сечения и материалов твёрдосплавного ножа, а также усовершенствовать методику расчёта технологических режимов механической обработки древесных материалов. Усовершенствованная конструкция твёрдосплавного фрезерного ножа позволяет увеличить износостойкость в 1,3-1,5 раза. Выполненные исследования, создают предпосылки для создания автоматизированных проектно-производственных линий для производства твёрдосплавного фрезерного инструмента повышенной износостойкости методом пайки.

Экономическая значимость полученных результатов. В результате внедрения опытной партии ножей с рациональными геометрическими параметрами сечения на Пинской мебельной фабрике фактический экономический эффект в ценах 1996 года составил 102 тыс. руб. на один нож. Разработано программное обеспечение, имеющее коммерческую ценность, которое позволяет сократить время на конструкторские и технологические расчёты.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

- методика определения остаточных деформаций и напряжений, возникающих в твёрдосплавных ножах несимметричного поперечного сечения после пайки;
- новый метод определения напряжений от сил резания в твёрдосплавном инструменте и расчёта реза на прочность;
- результаты исследований влияния геометрических параметров поперечного сечения и марки стали для корпуса ножа на его напряжённо-деформированное состояние;
- усовершенствованная конструкция твёрдосплавного ножа повышенной износостойкости с рациональными геометрическими параметрами поперечного сечения;

-результаты экспериментальных исследований влияния остаточных паяльных напряжений на приработочный износ твёрдосплавного дереворежущего инструмента.

Личный вклад соискателя. Диссертация является результатом личной работы соискателя. Автором разработаны теоретические методы расчёта: остаточных деформаций и напряжений, возникающих при пайке твёрдосплавных фрезерных ножей для обработки древесных материалов; напряжений, возникающих в твёрдосплавных фрезерных ножах, от сил резания при обработке материала.

Соискателем выполнены теоретические и экспериментальные исследования: оценки влияния размерных факторов сечения и марки стали для корпуса твёрдосплавного ножа на величину остаточных напряжений и деформаций после пайки; износостойкости твёрдосплавных фрезерных ножей в зависимости от напряжённо-деформированного состояния лезвия ножа после пайки.

Автором диссертации создано программное обеспечение для расчёта: остаточных деформаций и построения эпюр остаточных напряжений в любых точках сечения твёрдосплавного паяного ножа; прочности твёрдосплавного инструмента при обработке древесных материалов фрезерованием.

Апробация результатов диссертации. Основные положения работы доложены на Международной научно-практической конференции "Лес-95", а также на университетских научно-технических конференциях (1993-1997 г., г. Минск, БГТУ).

Опубликованность результатов. По материалам диссертации имеется восемь печатных работ, в том числе: 3 статьи в научных журналах, 2 статьи в сборниках научных трудов, 2 депонированные статьи, 1 в виде тезисов докладов научной конференции, а также имеется 2 отчёта, 1 акт внедрения и 1 акт производственных испытаний.

Структура и объём диссертации. Работа состоит из введения, пяти глав, выводов, списка использованных источников и приложений. Полный объём работы 165 страниц, в том числе 88 страниц текста, 46 иллюстраций представленных на 22 стр., 15 таблиц на 9 стр., 8 приложений объёмом 36 стр. Список использованных источников содержит 89 наименований и занимает 7 стр.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении даётся обоснование актуальности темы и необходимости проведения исследований, а также оценка современного состояния проблемы.

Первая глава содержит обзор и анализ литературных источников по основным направлениям исследований, связанным с изготовлением и эксплуатацией твёрдосплавных фрезерных ножей:

- характер воздействия обрабатываемого материала на резец при фрезеровании;
- силы, действующие на поверхности резца при резании;
- процесс внедрения резца в обрабатываемый материал при фрезеровании и сопровождающие его явления;
- причины износа твёрдосплавного фрезерного инструмента;
- параметры микрогеометрии износа и затупления режущего инструмента;
- интенсивность и характер износа на различных периодах работы фрезерного инструмента;
- особенности износа твёрдосплавных фрезерных ножей;
- проблемы пайки твёрдосплавных фрезерных ножей;
- математические модели и теоретические расчёты, разработанные для определения остаточных деформаций и напряжений в твёрдосплавных ножах после пайки.

Обзор и анализ исследований, выполненных И.А. Тиме, П.А. Афанасьевым, М.А. Дешевым, С.А. Воскресенским, А.Л. Бершадским, Е.Г.Ивановским, А.Э.Грубе, Ф.М.Манжосом, В.В.Амалицким, В.И.Санёвым, К.И. Демьяновским и другими учеными в области изучения процесса механической обработки древесных материалов и износостойкости дереворежущего инструмента, а также исследований в области изготовления и повышения износостойкости твёрдосплавного инструмента Н.А. Клочко, К.П. Имшенника, Н.А. Бухмана, С.Н. Лоцманова, Л.Г. Куклина, В.И. Сагалова, Г.Л.Хаета, С.П. Шабашова и ряда других учёных, позволяли сделать следующие выводы:

- механизм изнашивания твёрдосплавного деревообрабатывающего инструмента для фрезерования характеризуется, в большей степени, процессом микроаварийных изломов лезвия, вследствие воздействия усталостных и ударных нагрузок;

- на стадии приработочного износа явления выкрашивания и излома лезвия ножа носят преобладающий характер;

- приработочный износ оказывает значительное влияние на динамику процесса монотонного изнашивания твёрдосплавного инструмента;

- на износостойкость твёрдосплавного паяного инструмента оказывают влияние остаточные напряжения, возникающие в материалах составного ножа после процесса пайки;

- отсутствие теории для расчёта остаточных паяльных деформаций и напряжений, применительно к твёрдосплавному дереворежущему инструменту несимметричного поперечного сечения;

- недостаточно изучено влияние геометрических параметров сечения корпуса ножа и твёрдосплавной пластины, а также марки стали для корпуса ножа и марки твёрдого сплава на величину остаточных паяльных деформаций и напряжений;

- отсутствие достаточно простого и точного метода определения напряжений от сил резания в твёрдосплавном инструменте и расчёта его на прочность.

В результате проведенного анализа литературных источников была обоснована необходимость проведения исследований.

Во второй главе содержится теоретический анализ процесса деформирования паяных твёрдосплавных ножей и сопровождающего его процесса возникновения остаточных напряжений, а также рассмотрен вопрос возникновения напряжений в режущем инструменте от сил резания при фрезеровании древесных материалов. На базе проведенного анализа разработаны: метод определения остаточных напряжений и деформаций ножей после пайки и новый подход к методике расчёта режущего инструмента на прочность.

В главе сформулированы основные требования, предъявляемые к фрезерному дереворежущему инструменту. На основании этих требований проведен сравнительный анализ режущих свойств инструментальных сталей и твёрдых сплавов и обоснована необходимость применения твёрдосплавного инструмента при фрезеровании плитных древесных материалов. Далее рассмотрены физико-механические свойства сталей, которые применяют для изготовления корпусов фрезерных твёрдосплавных ножей, и твёрдых сплавов, используемых для оснащения дереворежущего инструмента. Анализ физико-механических свойств материалов, образующих паяное соединение, позволил сделать вывод, что причиной образования внутренних напряжений и остаточных деформаций является различие коэффициентов линейного расширения и упругих свойств стали и твёрдого сплава. На основании этого вывода рассмотрены особенности пайки твёрдосплавного дереворежущего инструмента и описан механизм возникновения внутренних напряжений в паяном соединении.

При определении остаточных деформаций и напряжений принята следующая модель процесса пайки и допущения: заготовка ножа состоит из двух связанных слоёв с разными упругими свойствами; при охлаждении составной заготовки ножа во всех точках элементов температура одинакова; считается справедливой гипотеза плоских сечений; изменение

размеров паяного шва, связанное с его коэффициентом линейного расширения, не оказывает существенного влияния на величину напряжений и деформаций в паяном соединении.

Физическую сторону задачи описывали законом Гука с учётом температурных деформаций.

Так как поперечное сечение реальной заготовки ножа является многослойным и несимметричным, то для определения напряжений приняли следующую расчётную схему (рис. 1).

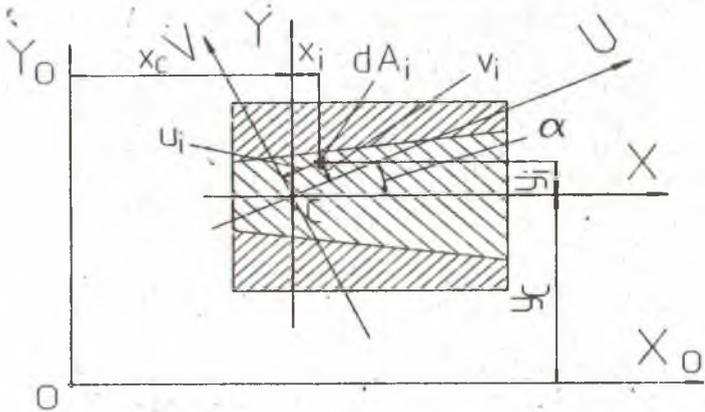


Рис. 1. Расчётная схема для определения остаточных напряжений в многослойной заготовке твёрдосплавного ножа: Y_0 и X_0 - произвольные оси; Y и X - центральные оси, параллельные осям Y_0 и X_0 ; U и V - главные упругие оси; dA_i - элементарная площадка в i -м слое; α - угол наклона главных упругих осей.

Далее, рассматривая геометрическую сторону задачи при изгибе в плоскостях ZV и ZU , находим координаты упругого центра сечения и положение осей U и V .

$$x_c = \frac{\sum_{i=1}^n E_i S_{iy_0}}{\sum_{i=1}^n E_i A_i}; \quad y_c = \frac{\sum_{i=1}^n E_i S_{ix_0}}{\sum_{i=1}^n E_i A_i}; \quad (1)$$

$$\operatorname{tg}(2\alpha) = \frac{2 \sum_{i=1}^n E_i I_{ixy}}{\sum_{i=1}^n E_i I_{iy} - \sum_{i=1}^n E_i I_{ix}} \quad (2)$$

где E_i - модуль упругости i -го слоя.

S_{ix0}, S_{iy0} - статические моменты сечения i -го слоя относительно осей X_0 и Y_0 ;

I_{ixy} - центробежный момент инерции сечения i -го слоя относительно осей X, Y ;

I_{ix}, I_{iy} - осевые моменты инерции сечения i -го слоя относительно осей X и Y .

Используя условия равновесия отсеченной части заготовки, находим напряжение для произвольного i -го слоя

$$\sigma_i = E_i (\varepsilon_0 - \kappa_V V_i - \kappa_U U_i - \alpha_i \Delta T_i), \quad (3)$$

где ε_0 - деформация в начале координат;

α_i - коэффициент линейного расширения i -го слоя;

ΔT_i - изменение температуры i -го слоя;

κ_V и κ_U - кривизна в направлении осей V и U ;

V_i и U_i - координаты расчётной точки в системе осей VU .

Приближённо в направлении осей V и U определяется по формулам

$$f_U = -\frac{\kappa_U B^2}{8}, \quad f_V = -\frac{\kappa_V B^2}{8}, \quad (4)$$

где B - длина ножа.

Суммарный прогиб направленный к оси V под углом λ будет равен

$$f = \sqrt{f_U^2 + f_V^2}. \quad (5)$$

Искомый прогиб по оси Y находили по формуле

$$f_v = f \cdot \cos(\alpha - \lambda). \quad (6)$$

Полученные расчётные соотношения позволили разработать алгоритм и составить программу для численных исследований остаточных напряжений и деформаций в зависимости от геометрических параметров сечения ножа.

Для выявления возможности снижения выкрашивания лезвия реза разработан метод расчёта прочности режущей кромки дереворежущего инструмента. В качестве расчётной схемы принят клин реза с углом β , расчёрченным цилиндрическим сечением с центром на острие ножа и радиусом r (рис.2). При этом была принята гипотеза о том, что кривизна цилиндрического сечения не меняется при деформировании клина.

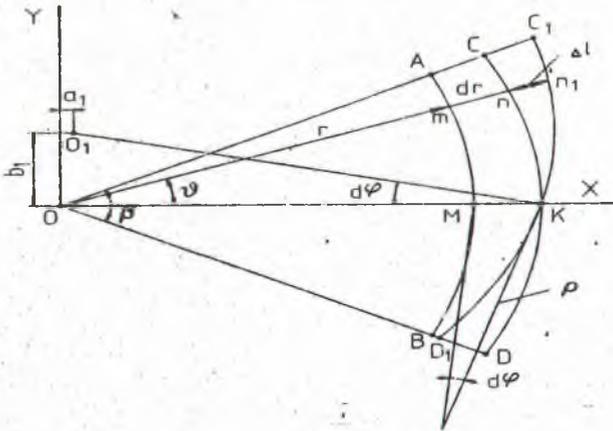


Рис.2. Расчётная схема для вывода уравнений радиальных напряжений; ABCD - элементарный участок реза; AB - неподвижное цилиндрическое сечение с радиусом r ; CD - сечение ножа с радиусом $r+dr$; C_1D_1 - сечение CD после поворота на угол $d\varphi$; O - центр цилиндрического сечения; O_1 - центр сечения после поворота на угол $d\varphi$; Δl - удлинение при повороте сечения; ϑ - угол расчётного слоя mn к оси X.

Для расчёта напряжений, возникающих от силы, приложенной к острию реза, были введены следующие геометрические характеристики цилиндрических сечений

$$\begin{cases} D_x = \int_A y^2 dA = \frac{r^3 B}{2} (\beta - \sin\beta), \\ D_x = \int_A x^2 dA = \frac{r^3 B}{2} (\beta + \sin\beta), \\ D_{xy} = \int_A xy dA = 0, \end{cases} \quad (7)$$

где D_x и D_y - осевые моменты инерции;

D_{xy} - центробежный момент инерции.

Для расчёта радиальных напряжений от действующего на резец изгибающего момента M получили уравнение

$$\sigma_r = \frac{Mr \sin^2 \vartheta}{D_x}. \quad (8)$$

Предложенный метод позволил получить простые расчётные уравнения для определения радиальных напряжений в резцах, состоящих из нескольких, связанных между собой слоёв из различных материалов. Для расчёта на прочность резцов с напаянными твёрдосплавными пластинами получили следующую зависимость для определения радиальных напряжений в цилиндрическом сечении многослойного резца

$$\sigma_r = \frac{ME_i r \sin^2 \vartheta_i}{\sum_{i=1}^n E_i D_{ix}}, \quad (9)$$

где E_i - модуль упругости материала i -го слоя;

ϑ_i - угол расчётной точки к оси X , проходящей через нейтральный слой рассматриваемого цилиндрического сечения многослойного резца;

D_{ix} - момент инерции площади цилиндрического сечения i -го слоя относительно оси X .

Расчётами установлен характер распределения напряжений в цилиндрическом сечении, состоящем из двух слоёв, при нагружении на острие резца. Наибольшие растягивающие напряжения возникают на

передней поверхности резца. А наибольшие сжимающие - на задней поверхности, и в твёрдом сплаве на границе раздела со сталью.

В третьей главе изложена методика экспериментального исследования, цель которого состоит в проверке результатов теоретического исследования, изучении влияния геометрических размеров сечения и марки стали для корпуса твёрдосплавного ножа на величину остаточных деформаций ножа после пайки, исследовании влияния остаточных паяльных напряжений на износостойкость твёрдосплавных ножей. Кроме того, в этой главе описывается порядок проведения экспериментов.

Для проведения исследований по пайке твёрдосплавного инструмента обосновывается выбор:

- марки стали для корпуса инструмента и марки твёрдого сплава;
- марки припоя и флюса;
- геометрических размеров сечения ножа.

На основании проведенного анализа были определены основные геометрические параметры сечения твёрдосплавного ножа (рис. 3).

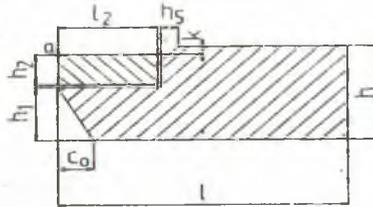


Рис.3. Геометрические параметры сечения заготовки твёрдосплавного ножа.

Исследования по пайке проводили на высокочастотном генераторе марки ВЧГ1-25/0,44, а измерение остаточных деформаций ножей - специальным приспособлением индикаторного типа. Параметром, характеризующим остаточные деформации, являлся прогиб ножа в продольной плоскости.

В ходе экспериментального исследования влияния марки стали для корпуса ножа и геометрических размеров сечения на величину остаточных деформаций предусматривалось четыре серии опытов:

1. Исследовалось влияние марки стали для корпуса ножа и толщины корпуса h_1 . Испытывались ножи с корпусами из сталей 45, 40X и 30 ХГСА, с толщинами корпуса $h_1 = 3; 4; 5$ мм.

2. Исследовалось влияние размера фасок C_0 и h_5 . Испытывались ножи с размерами $C_0 = 0; 4$ мм и $h_5 = 0; 3$ мм. Корпуса ножей были изготовлены из стали 40X.

3. Изучалось влияние размера k . Этот размер принимал значения $k = 0; 0,5; 1; 2$ мм

4. Изучалось влияние размера ширины твёрдосплавной пластины l_2 . Опыты проводили для двух типоразмеров твёрдосплавных пластин: с шириной $l_2 = 15$ мм и с $l_2 = 12$ мм.

В главе описывается последовательность проведения экспериментальных исследований по пайке твёрдосплавного инструмента и по изучению влияния остаточных паяльных напряжений на величину линейного приработочного износа при фрезеровании плит MDF.

Опыты по исследованию приработочного износа проводили на специальной установке на базе четырёхстороннего продольно-фрезерного станка марки С26-2. В качестве испытуемых были выбраны ножи с различными расчётными остаточными напряжениями на лезвии. Для измерения износа использовали специальную фрезерную головку с измерительным приспособлением индикаторного типа. Сравнивается три вида твёрдосплавных ножей:

- с расчётными остаточными напряжениями сжатия на лезвии реза;
- с расчётными остаточными напряжениями растяжения на лезвии реза;
- ножи с непаяными пластинами твёрдого сплава, не имеющими остаточных паяльных напряжений, механически закреплёнными в корпусе фрезерной головки.

Критерием исследования является линейный износ и радиус округления лезвия на этапе приработочного износа.

В четвёртой главе приведены результаты экспериментальных исследований остаточных деформаций и напряжений после пайки инструмента. Как и предусматривалось методикой проведения исследований, было проведено 4 серии экспериментов с общим числом опытов - 39.

На основе экспериментов первой серии установлено, что марка стали влияет на величину прогиба незначительно, а толщина h_1 оказывает существенное влияние. С увеличением размера h_1 от 3 до 5 мм происходит уменьшение величины прогиба на 30-35 %.

Вторая серия опытов показала незначительное влияние размеров C_0 и h_5 на остаточные деформации. С увеличением размера C_0 от 0 до 4 мм

происходит снижение величины прогиба на 5-6 %. Увеличение размера h_5 от 0 до 3 мм влечёт за собой увеличение величины прогиба на 4-5 %.

Опыты третьей серии показали, что с увеличением k от 0 до 2 мм происходит уменьшение величины прогиба на 65-70 %.

В четвёртой серии опытов изучалось влияние ширины твёрдосплавной пластины l_2 на величину прогиба. Из двух типоразмеров твёрдосплавных пластин меньшие деформации были у ножей с шириной пластины $l_2 = 12$ мм. Применение твёрдосплавных пластин с шириной $l_2 = 12$ мм позволяет уменьшить величину прогиба по сравнению с ножами, оснащёнными пластинами с шириной $l_2 = 15$ мм, на 10-12 %.

Что касается длины ножа B , то все четыре серии опытов показали, что с увеличением длины ножа происходит увеличение прогиба по квадратичной зависимости. Это соответствует расчётным формулам (4)-(6).

Экспериментальные исследования подтвердили достоверность разработанных теоретических методов расчёта остаточных деформаций. По полученным уравнениям для всех опытов были произведены расчёты остаточных деформаций и напряжений в точке a (см.рис.3) сечения ножа. Проведен сравнительный анализ теоретических и опытных результатов. Исследования показали возможность расчёта величины прогиба по полученным уравнениям с достаточно высокой степенью точности.

Далее приведен теоретический анализ влияния геометрических параметров сечения ножа на величину остаточных напряжений в точке a .

Толщина корпуса под твёрдосплавной пластиной h_1 влияет на остаточные напряжения в точке a следующим образом: при $h_1 = 3$ мм значение напряжений в точке a равно +130 МПа у ножей с корпусами из стали 45, +139 МПа у ножей с корпусами из стали 30ХГСА и +77 МПа у ножей с корпусами из стали 40Х. С увеличением h_1 до 5 мм напряжения в указанной точке принимают значения -384 МПа у ножей, имеющих корпус из стали 45, -33 МПа у ножей, имеющих корпус из стали 30ХГСА, и -453 МПа у ножей, имеющих корпус из стали 40Х.

Размер фасок C_0 и h_5 оказывает на величину остаточных напряжений незначительное влияние. Увеличение размера C_0 от 0 до 5 мм приводит к изменению величины остаточных напряжений на 20-25 %. С увеличением размера h_5 от 0 до 2 мм происходит изменение величины остаточных напряжений на 10-15 %. В целом с увеличением размеров C_0 и h_5 происходит уменьшение сжимающих, либо увеличение растягивающих остаточных напряжений в точке a .

Размер k оказывает на величину остаточных напряжений значительное влияние. С увеличением размера k от 0 до 2 мм происходит изменение величины остаточных напряжений в точке a на 75-80 %. С увеличением размера k происходит уменьшение растягивающих, либо увеличение сжимающих напряжений, в зависимости от других размеров сечения заготовки твёрдосплавного ножа.

На 40-45 % изменяется величина остаточных напряжений в точке a при оснащении ножей твёрдосплавными пластинами с шириной $l_2=12$ мм, по сравнению с ножами, имеющими пластины шириной $l_2=15$ мм. Ножи с шириной пластины $l_2=12$ мм имеют большие напряжения сжатия в точке a , чем ножи с твёрдосплавными пластинами шириной $l_2=15$ мм и аналогичными другими параметрами сечения.

Проведенные экспериментальные и теоретические исследования позволили сделать некоторые выводы о влиянии размерных факторов сечения ножа на напряжённо-деформированное состояние заготовки ножа после пайки.

Наибольшее влияние на величину остаточных деформаций и напряжений оказывают: 1) толщина корпуса под твёрдосплавной пластиной h_1 ; 2) размер выступа корпуса над твёрдосплавной пластиной k ; 3) ширина твёрдосплавной пластины l_2 .

Незначительное влияние на эти величины оказывают: 1) марка стали для корпуса; 2) размеры фасок C_0 и h_5 .

Проведенные исследования показали возможность использования разработанных теорий расчёта для работ по усовершенствованию конструкции твёрдосплавного паяного инструмента.

В пятой главе представлены результаты исследования износостойкости твёрдосплавных ножей и расчётов их на прочность.

Для исследования износостойкости были выбраны ножи, у которых по расчёту различные остаточные паяльные напряжения на острие. Кроме того, испытаны на износостойкость непаяные твёрдосплавные ножи с механическим креплением пластины в фрезерной головке. Износостойкость ножей исследовалась на этапе приработочного износа. Каждый резец проходил путь резания $L=1280$ м. Исследуемыми параметрами затупления были линейный износ $A_{л}$ и радиус округления лезвия ρ .

Полученные результаты свидетельствуют о том, что остаточные напряжения после пайки оказывают значительное влияние на износостойкость твёрдосплавных ножей. Ножи, у которых по расчёту на острие были остаточные напряжения сжатия, имели большую

износостойкость нежели те, у которых по расчёту на острие были напряжения растяжения (рис.4).

Самыми износостойкими были непаяные ножи с механическим креплением твёрдосплавной пластины. У этих ножей на пути резания $L=1280$ м износ был равен $A_{\mu}=13$ мкм, $\rho=8$ мкм в то время как у ножа с остаточными напряжениями $\sigma_{ост}=-425$ МПа износ составил $A_{\mu}=18$ мкм, $\rho=10$ мкм, а у ножа с $\sigma_{ост}=+159$ МПа наблюдался износ $A_{\mu}=52$ мкм, $\rho=22$ мкм.

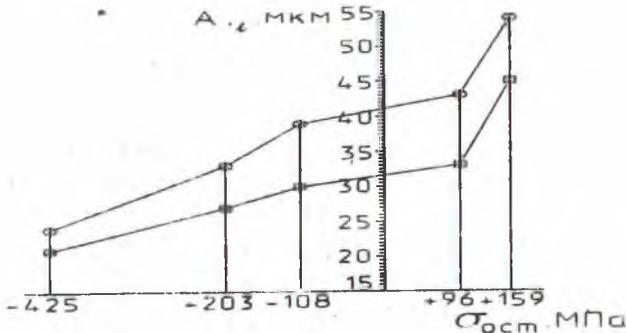


Рис.4. Зависимость линейного износа A_{μ} от величины остаточных напряжений на острие твёрдосплавного ножа: □ - путь резания $L=320$ м; ○ - путь резания $L=1280$ м.

По результатам экспериментов построены кривые износа для всех испытанных ножей.

По полученным во второй главе формулам были проведены расчёты реза на прочность. Расчёты проводили от силы распределённой по закону треугольника на передней поверхности реза. Величина расчётной нагрузки равнялась среднему усилию резания, рассчитанному по мощности резания, измеренной при испытаниях ножей на износостойкость в начальный период работы реза. Вычисление проводили для точек, расположенных на передней поверхности реза, где возникают наибольшие радиальные растягивающие напряжения в цилиндрическом сечении.

Анализ расчётов подтвердил предположение о том, что на этапе приработки износ имеет характер микроаварийных изломов и выкрошин и происходит в результате превышения напряжениями, возникающими от сил резания, предела прочности твёрдого сплава.

1. Разработан теоретический метод для определения остаточных напряжений и деформаций, возникающих после пайки твёрдосплавных ножей, применяемых для фрезерования древесных материалов. Теоретические зависимости позволяют осуществить совершенствование конструкции и процесса изготовления твёрдосплавного фрезерного дереворежущего инструмента.

2. Теоретические и экспериментальные исследования показали, что наибольшее влияние на величину остаточных напряжений и прогиба оказывают такие геометрические параметры поперечного сечения ножа, как толщина корпуса ножа под твёрдосплавной пластиной с рациональными значениями t_1 в интервале 4,5-5 мм, и величина выступа корпуса ножа над твёрдосплавной пластиной, рекомендуемая в пределах 1-2 мм.

3. На основании результатов исследований износостойкости твёрдосплавных фрезерных ножей установлена зависимость стойкости инструмента в период приработочного износа от остаточных напряжений, возникающих после пайки твёрдосплавного ножа. На пути резания 1280 м у ножей с остаточными напряжениями на режущей кромке +159 МПа, линейный износ составил 52 мкм, а у ножей, имеющих остаточные напряжения -425 МПа, наблюдался линейный износ 18 мкм. Характер зависимости показывает, что износостойкость и прочность режущей кромки паяного твёрдосплавного инструмента можно регулировать за счёт изменения остаточных напряжений.

4. Полученные расчётным путем рациональные размеры поперечного сечения стального корпуса позволяют увеличить износостойкость инструмента в среднем в 1,3-1,5 раза, снизить трудоёмкость и энергоёмкость его изготовления, сократить расход алмазно-абразивных и вольфрамсодержащих материалов.

5. Создана конструкция твёрдосплавного фрезерного ножа повышенной износостойкости с рациональными геометрическими параметрами поперечного сечения. Фактический экономический эффект от внедрения опытной партии ножей, усовершенствованной конструкции, в ценах 1996 г. составил 102 тыс.руб. на один нож.

6. Разработан новый метод определения напряжений в режущем инструменте от сил резания. Полученные зависимости позволяют вести расчёт на прочность как однородного, так и паяного твёрдосплавного инструмента.

7. Разработано программное обеспечение для определения напряжённно-деформированного состояния твёрдосплавного ножа, которое позво-

ляет ускорить проектные и конструкторские расчёты фрезерного дереворежущего инструмента на деревообрабатывающих и инструментальных предприятиях.

8. Результаты теоретических и экспериментальных исследований могут быть рекомендованы как руководство при проектировании, изготовлении и эксплуатации твёрдосплавных ножей для фрезерования древесных материалов.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Макаревич С.С., Клубков А.А. Теоретические исследования напряжённо-деформированного состояния в биметаллическом инструменте при пайке // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. -1992. -№ 6. -С. 62-65.

2. Макаревич С.С., Клубков А.А. Расчёт остаточных напряжений в биметаллической заготовке дереворежущего инструмента после индукционной пайки // Труды БТИ. Серия II. Лесная и деревообраб. промышленность. -1993. -Вып.1. -С.110-115.

3. Макаревич С.С., Клубков А.А. Остаточные напряжения в двухслойной заготовке фрезерного ножа с несимметричным поперечным сечением // Труды БГТУ. Серия II. Лесная и деревообраб. промышленность. -1994. -Вып. 2. -С.112-115.

4. Клубков А.П., Гришкевич А.А., Клубков А.А. Сборная фреза с поворотными и быстросъёмными сегментами // Деревообрабатывающая промышленность. -1994. -№ 4. -С. 17.

5. Макаревич С.С., Клубков А.А. Прочность дереворежущего инструмента // Лес-95: Тез. докл. межд. научно-практической конф. -Минск, 1995. -С.63.

6. Клубков А.А. Расчёт остаточных напряжений и деформаций, возникающих при пайке твёрдосплавного фрезерного ножа / Ред. журн. "Человек и экономика". -Минск, 1995. -2 с. -Деп. в БелИНФОРМПРОГНОЗ 16.10.95. № Д199545.

7. Клубков А.А. Расчёт касательных и нормальных напряжений, возникающих в твёрдосплавном ноже при фрезеровании древесины / Ред. журн. "Человек и экономика". -Минск, 1995. -2 с. -Деп. в БелИНФОРМПРОГНОЗ 16.10.95. № Д199546.

8. Клубков А.А. Определение остаточных деформаций в твёрдосплавных ножах // Деревообрабатывающая промышленность. -1996. -№ 2. -С.9-10.



РЕЗЮМЕ

Клубков Александр Анатольевич

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ И ПРОЧНОСТИ ТВЁРДОСПЛАВНОГО РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ключевые слова: твёрдосплавный инструмент, фрезерование, износостойкость, приработочный износ, пайка, остаточные напряжения и деформации, сечение, расчёт, прочность лезвия.

Объект исследования. Пайка твёрдосплавного дереворежущего инструмента, напряжённо-деформированное состояние инструмента после пайки, износостойкость твёрдосплавного инструмента при фрезеровании древесных материалов.

Цель работы. Повышение износостойкости твёрдосплавного фрезерного инструмента, снижение остаточных паяльных деформаций ножей.

Метод исследований и аппаратура. Метод исследований заключается в проведении теоретических и экспериментальных исследований деформирования ножа после пайки, установлении влияния остаточных напряжений на износостойкость инструмента, сопоставлении и анализе результатов. Теоретические расчёты и усовершенствование конструкции инструмента проводились на ПЭВМ. Для экспериментальных исследований использовали специальные измерительные приспособления, опытные установки и промышленное оборудование.

Полученные результаты и новизна. Разработаны теоретический метод расчёта остаточных деформаций и напряжений после пайки и метод расчёта прочности твёрдосплавного дереворежущего инструмента. Установлена зависимость износостойкости твёрдосплавного инструмента от остаточных напряжений. Разработано программное обеспечение для расчёта остаточных деформаций и напряжений в сечении ножа после пайки, для расчёта фрезерного инструмента на прочность.

Рекомендации по использованию и область применения. Результаты исследований можно использовать при изготовлении твёрдосплавного дереворежущего инструмента. Использование расчётных методов, реализованных в виде программных продуктов для ПЭВМ, позволяет прогнозировать износостойкость и прочность проектируемых видов инструмента, разрабатывать конструкции твёрдосплавного ножа с рациональными размерами сечения, окращать сроки проектных и конструкторских работ.

РЭЗІЮМЭ

Клубкоў Аляксандр Анатольевіч

ПАВЫШЭННЕ ЗНОСАСТОЙКАСЦІ І ТРЫВАЛАСЦІ
ЦВЁРДАСПЛАЎНАГА РЭЖУЧАГА ІНСТРУМЕНТА ДЛЯ
ФРЭЗЕРАВАННЯ ДРАЎНЯНЫХ МАТЭРЫЯЛАЎ

Ключавыя словы: цвёрдасплаўны інструмент, фрэзераванне, зносастойкасць, прыработачны знос, пайка, астаткавыя напружанні і дэфармацыі, сячэнне, разлік, трываласць ляза.

Аб'ект даследавання. Пайка цвёрдасплаўнага дрэваапрацоўчага інструмента, напружана-дэфармаваны стан інструмента пасля пайкі, зносастойкасць цвёрдасплаўнага інструмента пры фрэзераванні драўняных матэрыялаў.

Мэта работы. Павышэнне зносастойкасці цвёрдасплаўнага фрэзернага інструмента, зніжэнне астаткавых паяльных дэфармацый нажоў.

Метад даследавання і апаратура. Метад даследавання заключаецца ў правядзенні тэарэтычных і эксперыментальных даследаванняў дэфармавання нажа пасля пайкі, вызначэнні уплыву астаткавых напружанняў на зносастойкасць інструмента, супастаўленні і аналізе вынікаў. Тэарэтычныя разлікі і удасканаленне канструкцыі інструмента праводзілі на ПЭВМ. Для эксперыментальных даследаванняў выкарыстоўвалі спецыяльныя вымяральныя прыстасаванні, даследчыя ўстаноўкі і прамысловае абсталяванне.

Атрыманыя вынікі і навізна. Распрацаваны тэарэтычны метады разліку астаткавых напружанняў і дэфармацый пасля пайкі і метады разліку трываласці цвёрдасплаўнага дрэварэжучага інструмента. Вызначана залежнасць зносастойкасці цвёрдасплаўнага інструмента ад астаткавых напружанняў. Распрацавана праграмае забеспячэнне для разліку астаткавых дэфармацый і напружанняў у сячэнні нажа пасля пайкі, для разліку фрэзернага інструмента на трываласць.

Рэкамендацыі па выкарыстоўванні і галіна ўжывання. Вынікі даследаванняў можна выкарыстоўваць пры вытворчасці цвёрдасплаўнага дрэварэжучага інструмента. Прымяненне разліковых метадаў, рэалізаваных у выглядзе праграмных сродкаў для ПЭВМ, дазваляе прагназіраваць зносастойкасць і трываласць праектуемых відаў інструмента, распрацоўваць канструкцыі цвёрдасплаўнага нажа з рацыянальнымі параметрамі сячэння, скарачаць тэрміны праектных і канструктарскіх работ.

SUMMARY

Alexander A. Klubkov

INCREASE OF WEAR-RESISTANCE AND STRENGTH OF THE TUNGSTEN CARBIDE TIPPED PLANING KNIVES FOR CUTTING OF WOOD MATERIALS

The key words: tungsten carbide tipped (TCT) tools, planing, wear-resistance, running-in wear, brazing, residual stresses and bending strains, cross-section, analysis, strength of the blade.

Subject of research. Brazing of the wood TCT planing knives, brazing stress-strain state of the knives, wear-resistance of the TCT planing knives for wood materials.

The purpose of research. Increase of wear-resistance of the TCT planing knives, decrease of residual bending strains of the knives after brazing.

The researching method and equipment. The research method consist in the theoretical and experimental investigations of the bending strains of the TCT knives after brazing, effect of residual stresses on the wear-resistance of the TCT knives, comparison and analysis of obtained results. PC were used for theoretical calculations and refinement of design of the TCT tools. Special measuring arrangements, experimental and industrial installations were used for experimental investigations.

The obtained results and novelty. The theoretic method of analysis of the residual stresses and bending strains after brazing, and the method of strength analysis of the TCT tools have been developed. The function of wear-resistance of TCT knives depending on the residual stresses has been established. Software has been developed for calculations of the residual stresses and bending strains after brazing, and strength analysis of the TCT knife.

Recommendations for use and usage area. The results of the research could be used for producing of the TCT knives for woodworking. The using of software allows to forecast the wear-resistance and strength of the blade, to design TCT knives with rational dimensions of a cross-section, to reduce projecting and designing time.

Клубков Александр Анатольевич

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ И ПРОЧНОСТИ ТВЕРДОСПЛАВНОГО
РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ
ФРЕЗЕРОВАНИЕМ

Подписано в печать 20.11.97. Формат 60x84 1/16. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 1,4. Усл. кр. -отт. 1,4. Уч. -изд. л. 1,2.

Тираж 100 экз. Заказ 393.

Белорусский государственный технологический университет
220630, Минск, Свердлова, 13а.

Отпечатано на ротапринте Белорусского государственного
технологического университета.
220630, Минск, Свердлова, 13.