

М 119513

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

Московское
ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище имени Н. Э. Баумана

НА ДОМ
НЕ ВЫДАЕТСЯ

КАЛМЫКОВ В. И.

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗАГОТОВОК ЦЕЛЬНОГО
ТВЕРДОСПЛАВНОГО ИНСТРУМЕНТА
С ПОЛНЫМ ПРОФИЛЕМ**

(Специальность № 05.170 — Инструментальное
производство)

Диссертация написана на русском языке

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



1179513

Калмыков В.И. Исследования

БИБЛИОТЕКА

Работа выполнена во Всесоюзном научно-исследовательском инструментальном институте.

Научный руководитель —
кандидат технических наук Г. М. Рывкин.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Малкин А. Я.,
кандидат технических наук, доцент Розно Н. А.

Ведущее предприятие — завод им. Воскова.

Автореферат разослан « »

1972 г.

Защита диссертации состоится « 12 » ~~сентября~~ ~~2017~~ ~~года~~

1972 г.

**на заседа
и ордена
училища
2-я Баум**

ена Ленина
хнического
ва, 107005,

Ваши СИМ ВЫСЛ

іатью, про-

С ди
лиша.

ке учи-

Учен

канд.

Ю. А.

В Директивах XXIV съезда КПСС отмечено, что научно-технический прогресс является решающим фактором коренных преобразований социалистической экономики, всемерного развития всего общественного производства, повышения его эффективности и производительности труда.

Такие отрасли промышленности, как ракетостроение, судостроение, самолетостроение, приборостроение, электроника и другие, в связи с растущими требованиями к конструкционным материалам широко применяют для производства машин и приборов стали и сплавы с высокими физико-механическими свойствами, так называемые труднообрабатываемые материалы, механическая обработка которых сопряжена с большими трудностями. К ним, например, относятся жаропрочные и жаростойкие, нержавеющие и маломагнитные стали и сплавы, а также сплавы титана и бериллия.

Одним из основных условий повышения производительности обработки труднообрабатываемых материалов, снижения себестоимости выпускаемых изделий и улучшения их качества является широкое внедрение в промышленности металлорежущего инструмента из металлокерамических твердых сплавов, в том числе цельного твердосплавного инструмента (ЦТИ) диаметром 2-12 мм, такого как: сверла, фрезы, развертки, резцы, зенкеры и метчики.

Для решения проблемы массового выпуска цельного твердосплавного инструмента автором исследования разработан новый высокопроизводительный и экономичный метод прессования заготовок ЦТИ с полным профилем и минимальным припуском под финишные операции: шлифование и затачивание, а также новый метод исключения кривизны заготовок в процессе спекания.

При разработке новых методов прессования и спекания заготовок решен ряд вопросов теоретического и экспериментального характера: исследован силовой режим процесса прессования и напряженно-деформированное состояние твердосплавной смеси, оптимизированы условия получения качественных заготовок с точки зрения структуры твердого сплава и сохранения формы. В результате исследований характера и величины усадки твердосплавных заготовок разработана обоснованная система припусков и допусков на заготовки инструмента, испытан на стойкость при резании твердосплавный инструмент, изготовленный различными технологическими методами. В итоге по результатам исследований спроектирован и изготовлен автомат АГ-1 для прессования и вертикальная электропечь ПИК-1, обеспечивающая исключение кривизны заготовок в процессе их спекания.

1. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЦЕЛЬНОГО ТВЕРДОСПЛАВНОГО ИНСТРУМЕНТА

Рассмотрение существующих методов изготовления цельного твердосплавного инструмента и анализ проведенных различными авторами теоретических и экспериментальных работ по прессованию твердосплавных, металлических, электродных смесей и компактных материалов, послужили основанием для изыскания и разработки нового высокопроизводительного метода прессования заготовок ЦТИ с полным профилем.

Метод "пластифицированных заготовок" разработан во ВНИИТС и является в настоящее время наиболее распространенным, так как позволяет получать инструмент самых разнообразных видов, как режущих, начиная с диаметра 5 мм, так и штамповых, без применения специальной прессоснастки.

Профиль заготовок инструмента получается путем механической обработки пластифицированных заготовок на универсальном оборудовании с применением специальных зажимных устройств типа разрезных втулок. Для обработки таких заготовок, как правило, необходимо применять специальный острозаточенный и доведенный твердосплавный инструмент. После профилирования заготовки спекаются.

Наряду с указанными достоинствами метод пластифицированных заготовок имеет существенные недостатки, к которым относятся:

- недостаточная прочность пластифицированных заготовок, что не позволяет получать заготовки диаметром менее 5 мм;
- трудоемкость процесса механической обработки заготовок;
- значительные отходы дефицитного твердого сплава при профилировании заготовок, составляющие до 65%;
- потребность в специальном твердосплавном инструменте второго порядка;
- значительный брак заготовок по кривизне (до 40%), возникающий в процессе их спекания.

Метод вышлифовывания профиля инструмента из полуспеченных твердосплавных заготовок разработан НИИТМ и заключается в том, что профиль инструмента получается шлифованием из полуспеченных твердосплавных заготовок. Профилированные заготовки окончательно спекаются.

Данная технология применяется в основном для изготовления инструмента с мелким зубом, главным образом для изготовления твердосплавных борфрез всех существующих типоразмеров.

При изготовлении твердосплавных заготовок инструмента данным способом отходы твердого сплава значительно меньше, чем при изготовлении методом "пластифицированных заготовок", так как заготовки под профилирование прессуют близкими по форме к готовому инструменту.

Метод вышлифовывания профиля инструмента из спеченных твердосплавных стержней широко используется зарубежными фирмами: США, Англии, ФРГ, Японии, Швеции, Италии, Австрии и др.

В отечественной промышленности метод вышлифовывания пока не получил широкого распространения, за исключением часовой промышленности, где он применяется для изготовления цельного твердосплавного инструмента в диапазоне диаметров 0,25 - 2 мм.

Для внедрения этого метода в отечественном производстве необходимо решить вопрос получения качественных стержневых твердосплавных заготовок с минимальным припуском твердого сплава, а также изготовить специальное шлифовальное оборудование и профилирующий алмазный инструмент. Отдельные предприятия приборостроительной промышленности изготавливают для своих нужд цельный твердосплавный инструмент диаметром 0,25 - 6 мм методом вышлифовывания, однако, как показывает практика, в стружку уходит до 50% твердого сплава.

Метод выдавливания (экструзии) основан на пластическом деформировании твердосплавной смеси через отверстие,

форма которого соответствует форме сечения заготовки инструмента. Методом выдавливания изготавливаются цилиндрические стержни, а также рабочие части спиральных сверл диаметром до 6 мм, которые после спекания соединяются со стальным хвостовиком либо запрессовыванием, либо припайкой по конической поверхности. Данному методу присуща большая производительность.

Однако у способа экструзии имеются существенные недостатки, которые и ограничивают его промышленное применение:

1. Невозможность получения заготовок переменного сечения по длине;
2. Отсутствие постоянства технологических баз в процессе изготовления инструмента;
3. Трудоемкость процессов пайки и финишных операций.

Спекание заготовок цельного твердосплавного инструмента

Спекание является последней операцией производства твердосплавных изделий. Прессованные заготовки после спекания приобретают все свойства твердых сплавов, т.е. они получают высокую твердость, прочность и способность обрабатывать металлы и другие твердые материалы.

При нарушении технологических параметров процесса спекания в заготовках инструмента возникают различные виды брака: трещины, расслой, загрязнение, пережог и обезуглероживание. Наиболее массовым и фактически неуправляемым браком является коробление заготовок вследствие некоторой неравномерной плотности твердого сплава в объеме заготовок, а также прогибание изделий под собственным весом при высокой температуре.

Если неравномерность плотности можно снизить применением различных методов прессования и соответствующих конструкций прессформ, то коробление заготовок исключить не удастся. Спекание изделий под грузом и в пазах несколько уменьшает процент брака, но не исключает совсем.

По действующей в настоящее время технологии спекания по кривизне отбраковывается до 40% спекаемых заготовок.

П. АНАЛИЗ СИЛОВОГО РЕЖИМА ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ ЗАГОТОВОК ЦТИ И НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИИ ТВЕРДОСПЛАВНОЙ СМЕСИ

Зависимости суммарного усилия прессования твердосплавных заготовок P и его оставляющих на различных участках: контейнере $R_{кр}$; обжимающем пояске T_n ; профилирующей матрице T_m и усилия для осуществления основной деформации твердосплавной смеси R_m - выражаются следующими соотношениями.

$$T_{кр} = \pi D_n (L_n - h_{упр}) \cdot T_{\varphi} \quad (1)$$

$$T_k = \frac{\pi D_n^2}{4 \sin \alpha} \cdot i \cdot T_{\varphi} \quad (2)$$

$$T_n = \mu T_n \cdot F \quad (3)$$

$$R_m = \frac{1}{\cos^2 \frac{\alpha}{2}} \cdot F_m \cdot 2 K_{uc} \cdot i \quad (4)$$

$$T_m = \frac{\pi}{4} d_i^2 c \left[P_{\Sigma} + T_m \frac{h_{m1} m_2}{r_2 (d_1 + d_2)} \right] \quad (5)$$

Результаты исследований влияния формы профиля заготовки и конусности матрицы на усилия прессования позволили установить зависимость общего усилия прессования, необходимого для прессования твердосплавных заготовок инструмента.

$$P = \pi D_n L_n T_{\varphi} + \frac{\pi D_n^2}{4 \sin \alpha} \cdot i \cdot T_{\varphi} + \mu T_n \cdot F + \frac{1}{\cos^2 \frac{\alpha}{2}} T_m 2 K_{uc} \cdot i + \frac{\pi}{4} d_i^2 c \left[P_{\Sigma} + T_m \frac{h_{m1} m_2}{r_2 (d_1 + d_2)} \right], \quad (6)$$

где D_n - номинальный внутренний диаметр контейнера;
 L_n - длина заготовки;
 $h_{упр}$ - высота упругой зоны;
 T_{φ} - контактное трение;
 α - угол уклона конуса;
 i - степень деформации;

- μ - вытяжка ($\mu = \frac{F_n}{F_k}$);
 F - внутренняя поверхность пояса;
 d_1 - диаметр матрицы в верхнем сечении;
 d_2 - диаметр в нижнем сечении;
 c - коэффициент формы профиля матрицы;
 p_z - осевое давление в нижнем сечении матрицы;
 h - высота матрицы;
 m_1, m_2 - коэффициенты конусности матрицы.

1. Разработка нового метода прессования заготовок цельного твердосплавного инструмента с полным профилем

Данный метод (а.с. № 179172) выгодно отличается своей универсальностью, экономичностью и большой производительностью. Существо его заключается в том, что прессование заготовок цельного твердосплавного инструмента в профилирующих матрицах как бы соединяет в себе два метода: метод выдавливания и метод прессования в прессформах, объединяя в себе достоинства, присущие обоим методам, и исключая их недостатки. Процесс прессования заготовок в данном случае протекает в две стадии:

а/ выдавливание твердосплавной смеси из контейнера через цилиндрическое отверстие, диаметром, равным диаметру заготовки. При этом в этой стадии происходит радиальное уплотнение смеси за счет соответствующей разности диаметров контейнера и отверстия истечения;

б/ заполнение профилирующей матрицы равномерно уплотненной твердосплавной смесью. Матрица имеет полный профиль, соответствующий профилю заготовки, с технологической конусностью, обеспечивающей извлечение заготовки инструмента из матрицы жидкостью под давлением.

Ш. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ **ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛОВОГО РЕЖИМА ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ** **И НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗАГОТОВОК** **ЦЕЛЬНОГО ТВЕРДОСПЛАВНОГО ИНСТРУМЕНТА С ПОЛНЫМ** **ПРОФИЛЕМ**

Методика исследования

Определение давлений твердосплавной смеси на стенки контейнера и на матрицу основано на измерении упругих деформаций специальных стальных опор под действием внутреннего давления твердосплавной смеси. Измерение деформации производилось с помощью проволочных датчиков, наклеенных на наружную поверхность стальных опор. Усилия снимались в одиннадцати точках.

Показания усилий фиксировались микроамперметрами приборного щита и на осциллограммах приборов Н-105 и Н-700, предварительно оттарированных. С целью обеспечения комплексности исследований и снижения влияния случайных факторов при проведении экспериментов одновременно измерялись перечисленные выше показатели, а каждый опыт повторялся до 5 раз. В качестве опытных образцов прессовались твердосплавные заготовки фрез концевых, сверл, разверток, цилиндрических стержней диаметрами 3; 6 и 12 мм.

Измерялись следующие показатели:

1. Общие усилия прессования и его составляющие.
2. Радиальные и осевые напряжения в контейнере, конусе и матрице.
3. Физико-механические характеристики и структура спрессованных и опеченных образцов.
4. На слойных заготовках исследовалась картина деформирования твердого сплава.

В результате измерений были определены следующие характеристики процесса прессования:

1. Коэффициент боковой передачи давления.

2. Контактные напряжения трения на различных стадиях прессования.

3. Удельные давления на различных участках прессования.

4. Коэффициент трения плакированного твердого сплава по закаленной стали f

$$\xi = \frac{P_r}{P_z} \quad (7)$$

$$\tau = \frac{P_z' - P_z}{\pi d l} \quad (8)$$

$$P_m = \frac{4P}{\pi d^2} \quad (9)$$

$$f = \frac{(\sigma_z' - \sigma_z) R}{(\sigma_z' + \sigma_z) l} \quad (10),$$

где ξ — коэффициент боковой передачи давления;

P_z — осевое давление;

P_r — радиальное давление;

τ — напряжение контактного трения;

P_z' — осевое давление в нижнем сечении;

P_z — осевое давление в верхнем сечении;

l — длина исследуемого участка;

P_m — удельное давление;

P — общее давление;

d — диаметр соответственно контейнера, конуса;

пояска, матрицы;

σ_z' — напряжение в верхнем сечении;

σ_z — напряжение в нижнем сечении;

R — радиус контейнера.

В результате экспериментальных исследований силового режима и напряженно-деформированного состояния установлено:

— напряжения в прессуемой твердосплавной массе в контейнере распределяются по закону прямой линии, уменьшаясь от верхней плоскости контейнера к нижней за счет влияния внешнего и внутреннего трения. Коэффициент боковой передачи давления при температуре 40°C равняется 0,6.

С изменением температуры от 20 до 50°C величина коэффициента боковой передачи колеблется в пределах 0,45–0,65 за счет изменения пластических свойств парафина как пластификатора твердого сплава.

Выше температуры 55°C парафин теряет свои пластические свойства.

Установлено, что с изменением температуры в интервале 20–55°C напряжение контактного трения значительно уменьшается, соответственно, от 1,2 до 0,1 кг/мм².

Уменьшение напряжения контактного трения устраняет неравномерность напряженно-деформированного состояния твердого сплава при прессовании.

Оптимальной температурой прессования следует считать температуру 40°C.

С увеличением степени деформации, обжатия и вытяжки твердого сплава при прессовании напряжение контактного трения увеличивается незначительно и имеет примерно одинаковый характер.

При обжатии твердого сплава, равном 95–98%, обеспечивается равномерная и достаточная пластическая деформация прессованных заготовок. Заготовки в этом случае получаются качественными.

Скорость, являясь определяющим фактором производительности процесса, оказывает также влияние на силовой и напряженный режим прессования заготовок. Проведенные исследования показывают, что хотя напряжение контактного трения с увеличением скорости прессования растет незначительно, однако, при скоростях выше 150 мм/мин заготовки выходят некачественными (с поперечными трещинами) из-за больших растягивающих напряжений в поверхностных слоях.

Существенное влияние на величину контактного трения при прессовании оказывает форма и геометрические размеры обжимающего конуса. Оптимальным углом конуса, как показали исследования, является угол 60°. Отклонение угла конуса от этой величины в ту или другую сторону вызывает увеличение напряжения контактного трения, а следовательно, и общего усилия.

Такая зависимость объясняется значительным увеличением контактной поверхности при угле конуса 30° и образованием тормозящих зон застоя твердого сплава при угле конуса 180° .

Заготовки ЦТИ в сечении имеют различную конфигурацию и при равновеликих поперечных сечениях разнятся своим относительным периметром. Расчеты показывают, что относительные параметры цилиндрического стержня, сверла, концевой фрезы и развертки выражаются отношением $1; 1,3; 1,4; 1,6$.

Увеличение периметра приводит к росту контактной поверхности и соответственно сил трения. Для учета указанного влияния в работе экспериментально установлен поправочный коэффициент - C , учитывающий влияние относительного периметра сечения заготовки на величину напряжения контактного трения.

IV. ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА НОВОГО МЕТОДА ИСКЛЮЧЕНИЯ КРИВИЗНЫ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ЗАГОТОВОК В ПРОЦЕССЕ СПЕКАНИЯ

Кривизна заготовок в большей мере, чем, другие погрешности технологического процесса влияет на величину припуска и в целом на качество заготовок.

При существующей технологии спекания заготовок ЦТИ по кривизне отбраковывается до 40% заготовок, при этом кривизна заготовок достигает 2 мм.

Анализируя причины и условия возникновения кривизны оси заготовок при спекании последних, установлено, что искривление оси заготовки может быть исключено в случае надоявления на заготовки в процессе спекания определенных жестких связей (а.с. № 199405 и патенты, выданные ФРГ, Швецией, Италией).

Это достигается расположением заготовок в конических отверстиях специальной кассеты. В процессе спекания заготовки за счет усадки уменьшаются в размерах и под действием

собственного веса оползают вниз по конической поверхности отверстия кассеты, находясь при этом в обжатом состоянии.

В результате исследований установлено, что величина оптимального технологического уклона равняется 10-20'.

Движение заготовки вниз по конической поверхности кассеты под собственным весом осуществляется ввиду того, что угол наклона конической поверхности гнезда кассеты, равный 89,5°, примерно в 4 раза больше минимального угла трения, равного 18-25°.

В работе исследована и установлена зависимость высоты кассеты - Н от технологической конусности и коэффициента усадки заготовки, выражающаяся формулой:

$$H = \frac{D - d}{2 \tan \alpha} + \frac{h}{k} + S, \quad (II)$$

где D - диаметр спрессованной заготовки, мм;
h - высота спрессованной заготовки, мм;
k - коэффициент усадки твердого сплава;
 α - величина технологического уклона, мин;
S - постоянная величина 5-10 мм.

Спекание твердосплавных заготовок по новому методу в специальных кассетах обеспечивает получение заготовок с искривлением оси не более 0,05 мм, что в 20 раз меньше искривлены заготовок, спекаемых по существующей технологии

7. ПРИПУСКИ И ДОПУСКИ НА ТВЕРДОСПЛАВНЫЕ ЗАГОТОВКИ ИНСТРУМЕНТА

Припуски на твердосплавные заготовки инструмента есть величина комплексная, представляющая собой сумму систематических и случайных погрешностей, присущих новому технологическому процессу изготовления заготовок цельного твердосплавного инструмента.

Величина припуска P_{Σ} складывается из следующих составляющих

$$P_{\Sigma} = \Delta c + \Delta m + \Delta d + \Delta t + \Delta a + \Delta b + \Delta f + \Delta n, \quad (I4)$$

где Δc – величина искривления оси заготовки, мм;
 Δm – величина технологической конусности, мм;
 Δd – величина колебания усадки заготовки, мм;
 Δt – величина колебания усадки матрицы, мм;
 Δa – толщина дефектного слоя, мм;
 Δb – величина овальности, огранки, мм;
 Δf – величина смещения центров заготовки, мм;
 Δn – величина допуска на изготовление эталона, мм.

Для удобства пользования расчетные формулы составляющих припуска сведены в таблицу I.

Таблица I

Составляющие диаметрального припуска на заготовки ЦТИ

Составляющие суммарного припуска	Обозначение:	Расчетная формула
Дефектный слой	Δa , мм	$\Delta a = 0,1$
Технологическая конусность	Δm , мм	$\Delta m = L \cdot 2 \cdot \alpha$
Овальность, огранка	Δb , мм	$\Delta b = 0,004D$
Искривление оси заготовки	Δc , мм	$\Delta c \leq 0,05$
Колебание усадки заготовки	Δd , мм	$\Delta d = 0,008D$
Смещение центров заготовки с учетом точности изготовления узла центrovания	Δf , мм	$\Delta f = \frac{0,12}{K}$
Колебание усадки матрицы	Δt , мм	$\Delta t = \frac{0,008D_m}{K}$
Погрешность изготовления эталона	Δn , мм	$\Delta n = \frac{0,002D_{\Sigma}}{K^2}$

где D – номинальный диаметр заготовки, мм;
 D_m – номинальный диаметр матрицы, мм;
 D_{Σ} – номинальный диаметр эталона, мм;
 K – коэффициент усадки;
 α – технологическая конусность заготовки, мин;
 L – длина заготовки, мм.

Суммируя погрешности процесса изготовления заготовок, имеем следующую формулу для определения суммарного припуска P_z

$$P_z = 0,1 + \frac{1}{K} \cdot 2 \sqrt{a} + 0,004Д + 0,05 + 0,008Д + \frac{0,12}{K} + \frac{0,008Д_1}{K} + \frac{0,002Д_2}{K^2} \quad (I4a)$$

По формуле (I4a) рассчитаны конкретные величины припусков на заготовки ЦТИ в диапазоне диаметром 2-12 мм (табл.2). Величина допуска для указанного диапазона диаметров заготовок составляет 0,14-0,3 мм.

Таблица 2

Диаметральные припуски на заготовки цельного твердосплавного инструмента, изготовленного методом прессования

Диаметр, мм	Припуск, мм		
	фрез	разверток	сверл
2	-	-	0,68
2,5	-	-	0,76
3	0,61	0,6	0,8
3,5	-	0,64	0,89
4	0,68	0,67	0,94
4,5	-	0,70	-
5	0,74	0,72	1,05
5,5	-	0,74	-
6	0,82	0,77	1,1
7	-	0,79	1,23
8	0,92	0,85	1,3
9	-	0,89	1,39
10.	1,02	0,95	1,47
12	1,13	-	-

УІ. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ ЗАГОТОВОК ЦТИ С ПОЛНЫМ ПРОФИЛЕМ

В результате исследований установлены оптимальные технологические параметры прессования:

удельное давление	- 120-150 кг/см ² ;
скорость прессования	- не более 150 мм/мин;
температура прессования	- 35-42°C;
угол обжимающего конуса	- 50-60°C;
величина обжатия не менее	95%

По схеме четырехпозиционного автомата с последовательным агрегатированием разработан технический проект автомата АГ-І и изготовлен опытный образец автомата (а.с.№ 247048 и патенты, выданные ФРГ и Италией).

УІІ. СРАВНИТЕЛЬНЫЕ СТОЙКОСТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ФРЕЗ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ РАЗЛИЧНЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Для оценки метода прессования были проведены стойкостные испытания фрез, полученных по различной технологии. Фрезы диаметром 8 мм, $X = 4$ изготавливались из сплава марки ВК8; длина рабочей части 20 мм, общая длина 45 мм.

Чтобы максимально исключить возможное число случайных факторов заготовки изготавливались в одинаковых условиях. Геометрические параметры фрез: $\alpha = 20^\circ$; $f = 5^\circ$; $\omega = 30^\circ$; $\alpha_f = 10^\circ$; $\gamma_n = 6^\circ$; $\alpha_{nf} = 10^\circ$. Биение фрез в шпинделе станка было в пределах 0,015 мм.

Фрезы, изготовленные по различной технологии, испытывались автором при обработке стали ЭИ654 на фрезерном станке модели 6МІ2П с применением СОЖ (10%-ный раствор эмульсола). Режим фрезерования: $V_f = 12$ м/мин; $U = 20$ м/мин; $U_s = 34$ м/мин; $S_z = 0,0125$ мм/зуб; $t = 7$ мм; $B = 1,0$ мм.

На каждой скорости резания испытывалось по две фрезы каждого технологического варианта. Все фрезы на принятых режимах работали до критерия затупления $h_z = 0,3 - 0,4$ мм и были сняты с испытаний с нормальным износом.

Средние кривые зависимости $k_s = f(T)$ для каждой скорости резания показывают, что интенсивность износа у прессованных фрез несколько меньше чем у пластифицированных и вышлифованных, стойкость их приблизительно на 30% выше.

Повышение стойкости прессованных фрез объясняется более равномерным распределением плотности твердосплавной смеси в заготовке за счет стабильности параметров автоматизированного процесса прессования заготовок.

ВЫВОДЫ

1. Исследован и разработан новый метод прессования заготовок цельного твердосплавного инструмента с полным профилем (а.с. № 179172).

2. Установлено, что напряжение контактного трения, являясь главным и определяющим фактором силового режима прессования изменяется в зависимости от температуры, степени обжатия заготовок, скорости прессования и угла раствора обжимающего конуса.

3. Установлены теоретические и экспериментальные зависимости силового режима прессования и напряженного деформированного состояния твердосплавных заготовок.

4. Установлены теоретические зависимости величины припусков и допусков на заготовки инструмента в зависимости от различных погрешностей; кривизны и конусности заготовок, коэффициентов усадки заготовок и профилирующих матриц и т.д.

5. Исследован и разработан новый метод исключения твердосплавных заготовок в процессе спекания (а.с. № 199404 и патенты, выданные ФРГ, Швецией, Италией).

Определены оптимальные режимы и условия изготовления твердосплавных заготовок, обеспечивающие качество твердого сплава согласно ГОСТ 4872-65 на твердые сплавы.

6. Установлено, что стойкость прессованных фрез концевых на 30% выше пластифицированных и вышлифованных, что объясняется более равномерной плотностью прессованных заготовок за счет стабильности параметров автоматизированного процесса прессования.



7. На основе теоретических и экспериментальных исследований разработанного метода прессования твердосплавных заготовок с полным профилем спроектирован и изготовлен экспериментальный образец автомата (а.с.№ 247048 и патенты, выданные ФРГ и Италией).

8. Годовая экономическая эффективность автоматизированного технологического процесса изготовления только заготовок концевых фрез и разверток в количестве 315000 штук оставляет 680000 руб.

ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ СЛЕДУЮЩИЕ СТАТЬИ:

1. КАЛМЫКОВ В.И. Инструмент повышенного качества, журнал "Стандарты и качество", № 4, 1967 г.
2. КАЛМЫКОВ В.И., КОРОЛЕВ А.А., БИТЮКОВА А.А. Растачивание отверстий в труднообрабатываемых материалах, обзор по металлообрабатывающей тематике, серия 3 № 12/3-69, ГОСИНТИ, 1969 г.
3. КАЛМЫКОВ В.И., ПРИБЫЛОВ Б.П., МАРТЫНОВА Н.И. Прочностные испытания и расчеты концевых цельных твердосплавных фрез. Сборник ВНИИ по прочности инструмента, 1967 г.
4. КАЛМЫКОВ В.И. Цельный твердосплавный инструмент. Сборник ВНИИ, 1966 г.
5. КАЛМЫКОВ В.И. Фрез и поочные концевые цельные твердосплавные, журнал "Станки и инструмент", № 5, 1967 г.
6. КАЛМЫКОВ В.И., АНАНИНА Г.С.. Устройство для изготовления сверл, авт.свид. № 140409, 1961 г.
7. КАЛМЫКОВ В.И. Устройство для изготовления цельного твердосплавного концевого инструмента, авт.свид. № 179172, 1965 г.
8. КАЛМЫКОВ В.И., ИВЕНСЕН В.А., СОКОЛОВ В.И. Способ извлечения твердосплавных изделий из матрицы, авт.свид. № 236768, 1968 г.
9. КАЛМЫКОВ В.И. Способ исключения кривизны твердосплавных изделий в процессе спекания, авт.свид. № 199404, 1967 г., патенты, выданные Швецией, ФРГ, Италией - 1971 г.
10. КАЛМЫКОВ В.И., СЕЛЕЗНЕВ В.А., КРАСНИЦКИЙ Я.Я. Автомат для изготовления твердосплавного инструмента, авт. свид. № 247048, 1969 г.; патенты, выданные ФРГ, Италией - 1971 г.

Материалы диссертации докладывались на:

1. Всесоюзной научно-технической конференции "Новые конструкции и технология производства режущих инструментов", Москва, 1966 г.
2. Всесоюзном совещании по фрезам, Сестрорецк, 1966 г.

М 179573