

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН ДЛЯ СБОРНЫХ РЕЗЦОВ

Алексеевко С.А., Киселева И.В. (каф. МС. ДонГТУ, Донецк, Украина)

Отрезка заготовок на токарных станках является одной из наиболее трудоемких операций металлообработки. С увеличением диаметра отрезаемых заготовок трудоемкость значительно возрастает, а качество и точность отрезки резко снижаются.

Анализ различных конструкций отрезных резцов показал, что конструктивные особенности сборных резцов определяются следующими факторами:

- обработка ведется в условиях несвободного резания с переменными по значению составляющими силы резания;
- удлиненная и узкая часть резца с режущим элементом является аккумулятором выделяемой при резании теплоты;
- геометрия режущей части должна обеспечивать удовлетворительное стружкообразование и хороший отвод стружки из зоны резания;
- обеспечение точного позиционирования и быстродействия механизма крепления режущего элемента;
- обеспечение надежной фиксации режущего элемента от действия тангенциальной, радиальной и осевых составляющих силы резания.

Данная работа посвящена анализу существующих конструкций сменных пластин для отрезных резцов и влияния их геометрических параметров на стойкость и условия обработки.

На стойкость отрезных резцов большое влияние оказывают форма, размеры и геометрические параметры режущей пластины. Низкая стойкость отрезных резцов обусловлена малыми вспомогательными задними углами ($1...2^{\circ}$). Во избежание ослабления головки резца, а также из-за ограниченной толщины головки, приходится устанавливать для отрезных резцов вспомогательные углы в плане ϕ_1 небольшой величины в пределах $1^{\circ}30'...2^{\circ}$. При отклонении оси резца от оси заготовки такие углы оказываются недостаточными. Возрастают силы трения и заедание резца, появляется опасность поломки его из-за заклинивания в пазу. Это также является причиной выкрашивания и скалывания пластинки твердого сплава в момент окончания отрезки заготовки [1].

Для нормальной работы твердосплавных отрезных резцов необходимо иметь вспомогательные углы в плане не менее $2^{\circ}30'...3^{\circ}$. Отрезной резец должен также иметь утонение также по направлению от вершины до опорной плоскости под углом ϕ_2 . Обычно он принимается в пределах $2^{\circ}30'...3^{\circ}30'$. Для усиления головки заточку под углами ϕ_1 и ϕ_2 рекомендуется производить не по всей длине и высоте резца, а только на некоторых участках.

Передний угол оказывает большое влияние на виброустойчивость резца, которая резко снижается с уменьшением его величины. Во избежание появления вибраций рекомендуется принимать передний угол $\gamma=15...25^{\circ}$. Задний угол главной режущей кромки α рекомендуется принимать равным 8° на пластинке и 12° на державке.

При работе отрезных резцов большое значение имеет надежное формирование и дробление стружки, и ее отвод из зоны резания. С этой целью многие авторы предлагают использовать режущие пластины, имеющие различную форму и геометрические параметры.

Для отрезных резцов применяют режущие пластины, передняя поверхность которых имеет специальную геометрию: по краям она выше, чем в средней части, а вдоль режущей кромки прорезана фаска с положительным или отрицательным передним углом (в зависимости от обрабатываемого материала). Фаска повышает прочность режущей пластины при тяжелых условиях резания, например, при прерывистом резании,

при работе на нежестком оборудовании. Такая геометрия также позволяет получить стружку уже, чем ширина реза и обеспечивает компактность спирали. Такая стружка не повреждает торцовые обработанные поверхности, легко удаляется из прорезанного паза. Однако наличие фаски приводит к повышению усилий резания.

Этого недостатка лишена пластина, предложенная авторами [2]. Стабильное дробление стружки в этом случае обеспечивается за счет выполнения передней поверхности режущей пластины в виде вогнутой сферической поверхности (1) и секущей ее плоскости (2), образующей при пересечении с главной задней поверхностью (4) главную режущую кромку (3) (рис. 1).

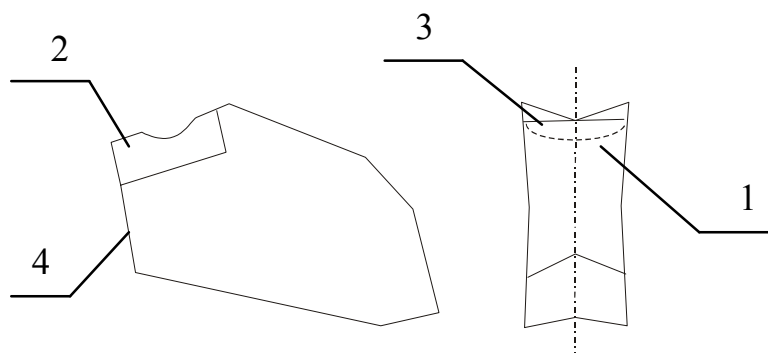


Рис. 1. Сборный резец

Форма передней поверхности выполнена таким образом, что фаски на вспомогательных режущих кромках отсутствуют, что приводит к снижению усилия резания и в конечном итоге повышает стойкость пластины.

Деформация стружки происходит в бесконечном множестве фронтальных плоскостей. В начальный период стружка испытывает циклические деформации растяжения-сжатия. Это значительно повышает ее жесткость и обеспечивает надежное дробление при обработке различных, в том числе, вязких материалов.

Другим способом повышения стойкости пластины за счет обеспечения стабильного дробления стружки авторами [3] предложена режущая пластина, которая имеет форму многогранника с плоской опорной поверхностью 1, боковыми выпуклыми гранями 2 и криволинейной передней поверхностью 3. Передняя поверхность выполнена с прямолинейными диагональными ребрами 4 и 5. Пересечение этих поверхностей с боковыми гранями образуют режущие кромки 6. Выполнение режущих кромок в виде выпуклых кривых повышает коэффициент использования пластины в два раза.

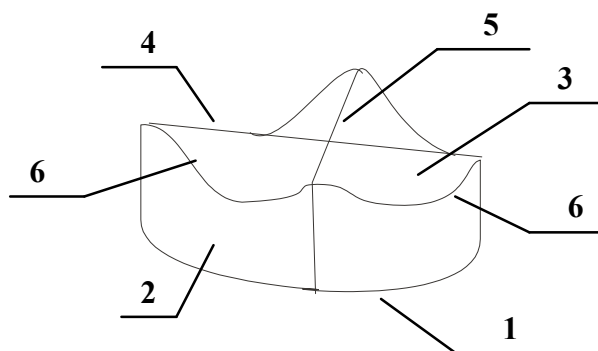


Рис. 2. Форма режущей пластины

Так как режущая кромка является криволинейной, то угол ее наклона λ меняется

от отрицательного до положительного, также меняется и направление схода стружки в зоне, принадлежащей этой режущей кромке. Образующаяся стружка будет стабильно формироваться и дробиться ребрами 4 и 5, выполняющими роль стружколомающих порожков.

Другим, широко используемым направлением совершенствования формы режущих пластинок отрезных резцов является расширение их технологических возможностей.

Для расширения технологических возможностей за счет совмещения черновых и получистовых операций предложена пластина в виде куба, на каждом ребре которого симметрично выполнены выемки. В результате пересечения граней куба с поверхностями выемок образуются четыре дополнительные режущие кромки. Увеличение количества режущих кромок приводит к повышению стойкости резца [4]. Для улучшения дробления стружки в центре выемки выполняют выступ в виде трехгранной призмы или V-образный.

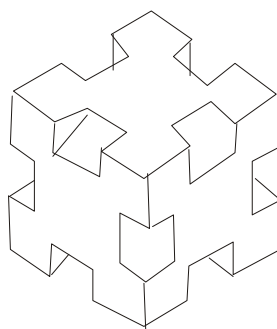


Рис. 3. Кубическая сменная режущая пластина

Для расширения области применения режущей пластины авторы [5] предлагают переднюю поверхность выполнять вогнутой в виде цилиндрических радиально расположенных участков (рис. 4). У трехгранной пластины верхняя поверхность представляет собой три вогнутых цилиндрических участка 1, 2 и 3, оси которых пересекаются в центре пластины. Режущие кромки 4, 5 и 6 образованы пересечением цилиндрического участка с плоскостью боковой грани, например участка 2 с гранью 7. В центре пластины имеется отверстие для крепления ее в державке. Пластина может быть выполнена с различными передними углами (положительным, нулевым или отрицательным), что позволит использовать ее при обработке различных материалов.

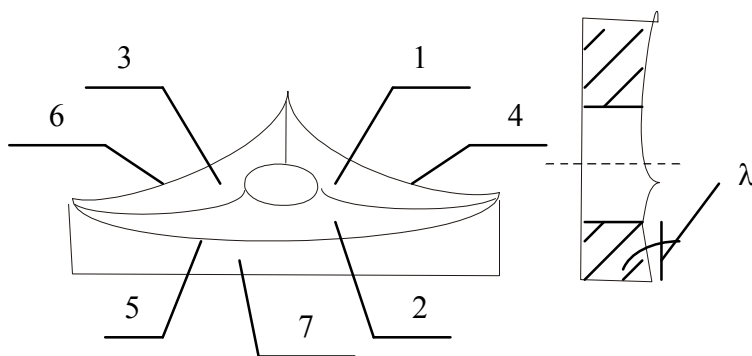


Рис. 4. Форма трехгранной сменной пластины

Авторами [6] предложена режущая пластина с боковыми поверхностями 1 в

форме параллелограмма выполненная так, что задние грани 2 и 3 служат поочередно опорными поверхностями и пересекаются между собой под углом, большим 90° , а с передними гранями 4 и 5, выполняющими поочередно роль передних поверхностей, - под углом β , образуя при этом режущие кромки 6 и 7 пластины (рис. 2). Большие оси параллелограммов 8 и 9, являющиеся основаниями, развернуты одна относительно другой на удвоенный угол самоторможения α . На пересечении передних граней 4 и 5 выполнен угловой паз 10.

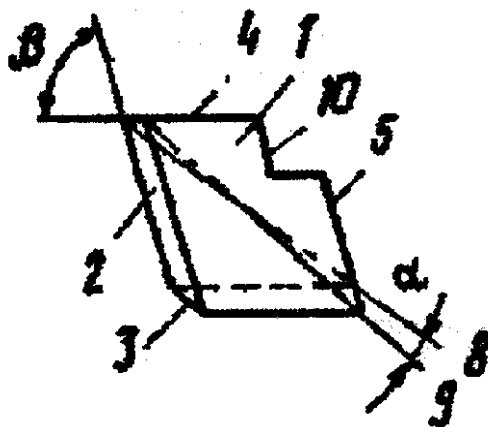


Рис. 5. Призматическая режущая пластина

При работе режущей пластины составляющая силы резания, направленная вдоль лезвия пластины, стремится сместить последнюю в направлении заготовки. Однако наличие двух клиновых пазов создает дополнительное торможение пластины, компенсирующее негативное воздействие интенсивных вибраций в условиях прерывистого резания. Повышение надежности крепления пластины предотвращает поломку режущей пластины. В случае применения новой режущей пластины в обычных условиях резания появляется возможность повысить режим обработки на 20-40%.

На основании проведенного анализа известных конструкций отрезных резцов можно сделать вывод, что в современных условиях наиболее перспективными направлениями совершенствования их конструкций с целью повышения стойкости является обеспечение стабильного стружкодробления и расширение технологических возможностей, то есть разработка отрезных резцов универсальной конструкции.

Список литературы: 1. Семенченко И.И. Проектирование металлорежущих инструментов. - М.: Машгиз, 1968. - 868 с. 2. А.с. 1710201 СССР МКИ В23В27/04. Режущая пластина/ В.Н. Алексеев Оpubл. 07.02.92. Бюл. № 5. 3. А.с. 1701432 СССР МКИ В23В27/16. Режущая пластина/ Н.И. Чаркин, О.С. Мальцева, А.Г. Степанов и др. Оpubл. 30.12.91. Бюл. № 48. 4. А.с. 1685614 СССР МКИ В23В27/16. Режущий элемент/ В.Н. Алексеев. Оpubл. 23.10.91. Бюл. № 39. 5. А.с. 6495086 СССР МКИ В23В27/18. Режущая многогранная пластина/ Б.И. Пономарев, Б.А. Чубченко, М.Ф. Сорокина Оpubл. 28.02.79 Бюл. № 8. 6. А.с. 1756022 СССР МКИ В23В27/16. Режущая пластина/ О.А.Тарасов, Ю.В. Чупрына, В.В. Зуевич и др. Оpubл. 23.08.92. Бюл. № 31.

К ВОПРОСУ О РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РЕЗЬБОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Балан Н.В., Коваленко Т.В. (каф. ТМ, ДонГТУ, г. Донецк, Украина)

В технологическом плане обработка резьб является одной из самых сложных операций. Очень часто требуется получение достаточно высокой точности размеров и высокой чистоты резьбовой поверхности. Различие свойств обрабатываемых материалов, различие технических требований как к точности выполнения резьбовой поверхности, так и к точности положения ее относительно других поверхностей детали, и обуславливает применение различных способов формообразования резьбы [1].

Все технологии изготовления резьб можно разделить на следующие операции: предшествующие обработке, обеспечивающие получение требуемой заготовки; непосредственно, резьбообразующие; финишные, применяемые при необходимости (отделочные, упрочняющие, зачистные, калибрующие).

Так же технологию изготовления резьбы можно представить в виде схемы - таблицы 1.

Таблица 1. Схема технологии обработки резьбы

Технология обработки резьбы	По методу выполнения технологических процессов	Технология обработки резьб формообразующими методами
		Технология механической обработки резьб
	По расположению резьбовой поверхности	Технология обработки внутренних резьб
		Технология обработки наружных резьб
	По способу воздействия инструмента на материал заготовки	Технология обработки резьб накатыванием (пластическим деформированием)
		Технология обработки резьб резанием

Приведенная схема может быть дополнена разнообразными методами и способами обработки резьбы. Из схемы видно, что разработка технологии изготовления резьбы - это многоуровневый процесс, и принятие решения о выборе той или иной технологии изготовления зависит от множества факторов.

В то же время технологический процесс можно рассматривать как иерархическую структуру, включающую множество подпроцессов, множество операций и множество технологических воздействий, причем, технологические воздействия являются базисом, а вершиной является технологический процесс. Технологический процесс это постепенный переход от низкого уровня к более высокому [2].

Тогда, технологический процесс может быть представлен как:

$$\sum_{i=1}^p f_i \Rightarrow \sum_{j=1}^n b_j \Rightarrow \sum_{m=1}^l g_m \Rightarrow G,$$

где G – технологический процесс (вершина);

f_i - технологические воздействия;

b_j - технологические операции;

g_m - технологические подпроцессы;

p, n, l - количество технологических воздействий, операций и подпроцессов соответственно.

Технологический процесс может иметь несколько вариантов, и выбор какого либо из вариантов задача сложная. Известно, что применение принципа концентраций операций позволяет значительно повысить производительность и снизить трудоемкость. Рассмотрим с использованием методов комбинаторного анализа, как уменьшается количество вариантов технологического процесса при концентрации операций [3]. Такие рассуждения применимы не только к операциям, но и к технологическим воздействиям и другим составляющим элементам технологического процесса.

При n – технологических операциях, число вариантов технологического процесса в общем случае можно определить как общее число перестановок:

$$P = n!,$$

При использовании принципа концентрации операций число вариантов уменьшается до следующего значения (количество перестановок с повторениями):

$$C_n(n_1 \dots n_k) = \frac{n!}{n_1! \dots n_k!},$$

где $n_1 \dots n_k$ - соответственно число объединяемых операций.

С учетом того, что некоторые операции занимают всегда определенные места в технологическом процессе, например, заготовительные, отделочные и контрольные операции, применяя формулу включения и исключения, получим число вариантов технологического процесса:

$$N(r) = \frac{k!}{r!} \sum_{s=0}^{k-r} \frac{(-1)^s}{s!},$$

где r – число операций, не изменяющих свое положение.

В итоге получаем число вариантов технологического процесса:

$$F = \frac{n!}{n_1! \dots n_k!} \cdot \left(\frac{k!}{r!} \sum_{s=0}^{k-r} \frac{(-1)^s}{s!} - (k-r)! \right) - k!,$$

где $k!$ – учитывает повторяющиеся варианты технологических процессов.

В результате становится очевидным (при сравнении числа P и F), что принципы концентрации операций обеспечивают значительное сокращение числа вариантов технологических процессов.

Список литературы: 1 Якухин В.Г. Оптимальная технология изготовления резьб. – М.: Машиностроение, 1985. – 184 с. 2 Матвиенко А.В. Повышение эффективности изготовления тонкостенных резьбовых изделий: Автореферат дис... канд. техн. наук.- Донецк: ДонГТУ, 1999.-177с. 3. Ежов И.И., Скороходов А.В., Ядренко М.И. Элементы комбинаторики. –М.: Наука, 1977. – 80.с.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ СПЛАВОВ АЛЮМИНИЯ

Гладчук Е.А., Вдовенко Е.А., Радионенко В.Н., Скрупник И.Ю.
(каф. ОИД, ДонГУЭТ им. М. Туган – Барановского, Украина)

Сплавы алюминия, несмотря на ряд достоинств (низкая плотность, высокая коррозионная стойкость и эстетические качества), вследствие низкой усталостной прочности, экологической вредности производства и специфических трудностей при обработке давлением и сварке до недавнего времени занимали узко специфичную и строго ограниченную область применения.

В последние годы, в связи с широким промышленным внедрением новейших технологий в обработке давлением (гидрофоминг) и создании неразъемных соединений (автоматическая лазерная сварка и роботизированная клепка), была создана реальная технологическая база использования сплавов алюминия в качестве основных материалов изделий машиностроения, традиционно изготавливаемых из стали [1].

Гидрофоминг (рис. 1) – вид обработки давлением, в котором роль формообразующего инструмента выполняет жидкость. Такой инструмент работает без износа и поломок. В качестве рабочей жидкости используются эмульсии – смеси воды и масла в строго определенном соотношении. Для сплавов алюминия необходимо создать давление до 700 МПа. Весь процесс занимает непродолжительное время и по [1] в зависимости от вида материала и конфигурации формируемой детали составляет 1...30 секунд. Необходимое давление жидкости создается специальным прессом с усилием до 55000 кН. В процессе обработки достигается высокопластичное состояние сплава алюминия в условиях отсутствия упругой деформации после сброса давления. Толщина стенки может колебаться в пределах 0,1...3 мм. При этом, чем меньше толщина, тем выше степень деформации, а, следовательно, может быть достигнута наивысшая однородность структуры сплава алюминия и максимальные механические свойства в строго определенном требуемом направлении.

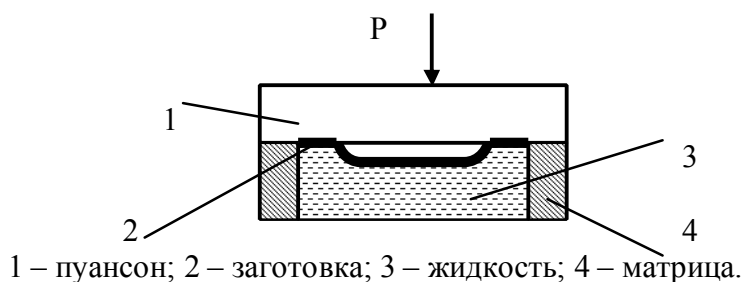


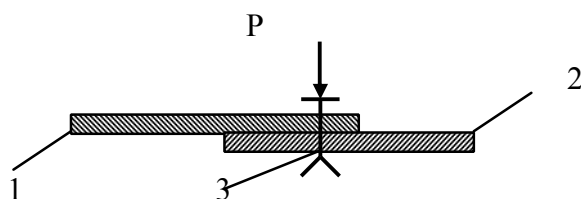
Рис. 1. Принципиальная схема гидрофоминга.

В процессе гидрофоминга детали из алюминиевых сплавов получают высококачественные полированные поверхности и не требуют дополнительного нанесения защитного лакокрасочного или декоративного покрытия из полимерных и других синтетических материалов [2].

Применение лазерной сварки в процессе сборки, в отличие от сварки в среде инертного газа, позволило обеспечить максимальную производительность процесса создания неразъемного соединения при минимуме теплопередачи в соединяемые детали. Это предохраняет детали малого сечения из сплавов алюминия от тепловых дефор-

маций в процессе сборки. Однако, вследствие экологической опасности из-за создаваемого вредного для окружающей среды излучения, использование лазерной сварки требует создания замкнутого пространства изолированного от окружающей среды и обслуживающего персонала. Последнее вполне осуществимо на современном этапе при условии использования автоматических технологических процессов, реально уже используемых целым рядом производителей.

Автоматическая клепка (рис.2) выполняется в процессе обработки давлением сплава алюминия путем прошивания заклепками цельных деталей без предварительного сверления отверстия. Такая технология выполнения автоматической клепки должна обеспечить в процессе сборки высокую вибрационную устойчивость сварного соединения и обеспечить визуальный контроль состояния изделия в процессе эксплуатации, что особенно важно для изделий из сплавов алюминия.



1, 2 – соединяемые детали; 3 – пробойник -заклепка.

Рис. 2. Принципиальная схема автоматической клепки.

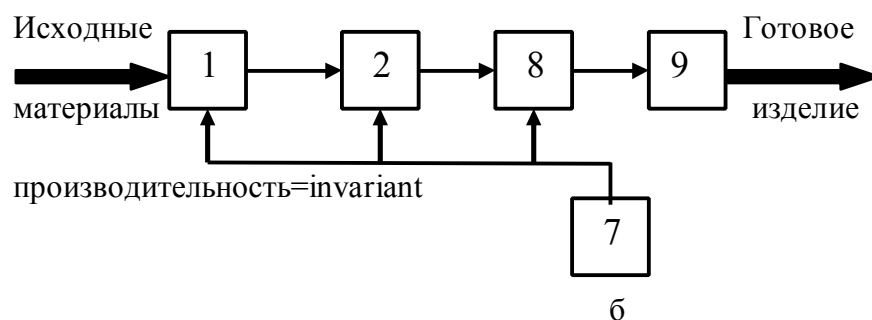
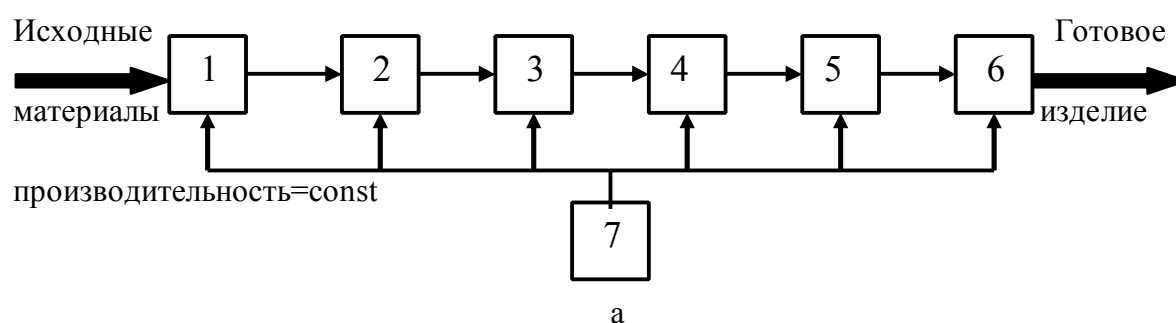
Использование современных технологий (гидрофоминг и автоматическую сборку на основе лазерной сварки и автоматической клепки) позволило концерну Volkswagen создать автоматический промышленный модуль для производства Audi A2 из сплавов алюминия (рис.3). Этот модуль должен обеспечить сокращение количества производственных операций на 40% при гарантированной гибкости производственной программы, что, по мнению специалистов Volkswagen, позволит дополнительно снизить производственные издержки и обеспечить высокую конкурентоспособность алюминиевого Audi A2 с Toyota Yuris в борьбе за рынки сбыта. Кроме этого, использование принципа гибкой дискретной технологии (в отличие от непрерывного Toyota) должно дополнительно гарантировать устойчивую маркетинговую политику Volkswagen в освоении новых рынков сбыта.

Концерн Volkswagen для Audi A2 [3] выполнил в соответствии с новым технологическим процессом (рис. 3 б) из полированного неокрашенного сплава алюминия все несущие и декоративные кузовные детали. Снаряженная масса полноразмерного (длина/ширина – 3,82/1,67 м) четырехместного Audi A2 – 895 кг. Таким образом обеспечен минимум энергопотребления и максимум управляемости в процессе эксплуатации. При этом достигнута высокая жесткость пространственной рамы с запрограммированным в течении всего срока эксплуатации поведением при деформациях и высокое поглощение энергии профилями из сплава алюминия. Обеспечена высокая пассивная безопасность, что особенно важно для автомобиля малого класса.

Использование современных технологических процессов производства изделий из сплавов алюминия предъявляет и специфические требования, как к отдельным деталям, так и к изделию в целом:

1. Ужесточение требований к точности расчетов деталей и изделий на стадии проектирования с целью обеспечения их строго фиксированного и равного эксплуатаци-

- онного срока.
- Преимущественное создание неразъемных конструкций даже традиционно разъемных.
 - Реализация возможности полного отсутствия дополнительного защитного лакокрасочного или декоративного покрытия из полимерных и других синтетических материалов.
 - Использование в конструкции деталей специальных элементов для обеспечения выполнения операции автоматической клепки.
 - Наличие плавных переходов сопрягаемых поверхностей с большими радиусами сопряжения и нетрадиционных криволинейных образующих объемных поверхностей при отсутствии острых и прямых углов.



а – стального кузова автомобиля (Toyota);

б – кузова из сплавов алюминия Volkswagen Audi A2.

1- получение стали (сплава алюминия); 2 – разливка; 3 – прокатка; 4 – штамповка; 5 – сварка; 6 – окраска; 7 – система автоматического управления технологическим процессом; 8 – гидрофоминг; 9 – автоматическая сборка.

Рис. 3. Технологический процесс изготовления кузова автомобиля.

Список литературы: 1. Новые технологии обработки давлением разработанные фирмой Thyssen Henrichshütte // Stahl und Eisen. – 1999. – 109, № 3. – С. 14 – 16. 2. Е. Егоров. Вода заливает заводы?/Motor News. – 1999, № 6. – С. 52 – 54. 3. Д. Бегишев. Нержавеющая мечта/Motor News. – 2000, № 9. – С. 42 – 45.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ТОРЦОВЫХ УПЛОТНЕНИЙ

Гусев В.В., Рожков Д.Б. (каф. МСтанки, ДонГТУ, Донецк, Украина)

Долговечность работы подшипниковых узлов во многом определяется надежностью их защиты от попадания пыли, абразива, воды и прочего загрязнения. Это особенно актуально для механизмов угольной промышленности, дорожных и сельскохозяйственных машин. Например, попадание угольной пыли в ролики конвейера приводит к увеличению крутящего момента в 2,5 раза и быстрому выходу из строя подшипникового узла.

Наиболее надежным средством защиты подшипниковых узлов являются торцовые уплотнения. Работоспособность торцовых уплотнений зависит от правильного выбора материалов и качества поверхностей. Наиболее перспективным материалом является конструкционная керамика с добавлением твердой смазки. Приоритет в этой области принадлежит Институту проблем материаловедения (г. Киев). Для исследований торцовых уплотнений использовался стенд (рис. 1), состоящий из подвижного суппорта 1, на котором в подшипниках качения 2 установлен испытательный узел 3, приводимый во вращение приводным роликом 4 [1].

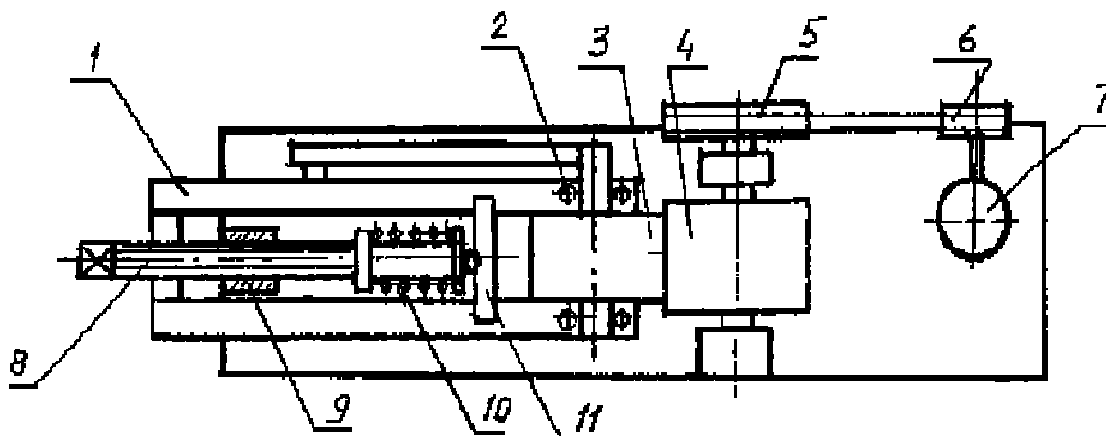


Рис. 1. Стенд для испытания торцовых уплотнений

Движение на ролик 4 подается через ременную передачу со сменными шкивами 5 и 6 от электродвигателя 7.

Поджим испытательного узла к ролику создается винтом 8, который проходит через гайку 9, закрепленную на неподвижном основании стенда. Перемещение винта в гайке сжимает пружину 10, сила сжатия которой определяет силу поджатия испытательного узла.

Испытательный узел (рис. 2), представляет собой сборную конструкцию с двумя установленными торцовыми уплотнениями. Левый 1 и правый 3 роторы соединены кольцом 2 и скреплены винтами 4. Подшипники 7 фиксируются в расточках роторов крышками 5 с помощью четырех винтов 6. Керамические кольца 12 торцовых уплотнений вклеены в крышки 13, которые установлены в расточки роторов и закреплены четырьмя винтами 14. Подвижные стальные закаленные кольца 11 поджимаются к керамическим втулкам с помощью пружин 9. Для герметизации зазора между валом 15 и

стальными кольцами применяются уплотнительные элементы в виде резиновых колец 10, установленных в канавках вала. Вал испытательного узла установлен в подшипниках 16, которые закреплены на подвижном суппорте стенда. Положение испытательного узла регулируется дистанционными втулками 8.

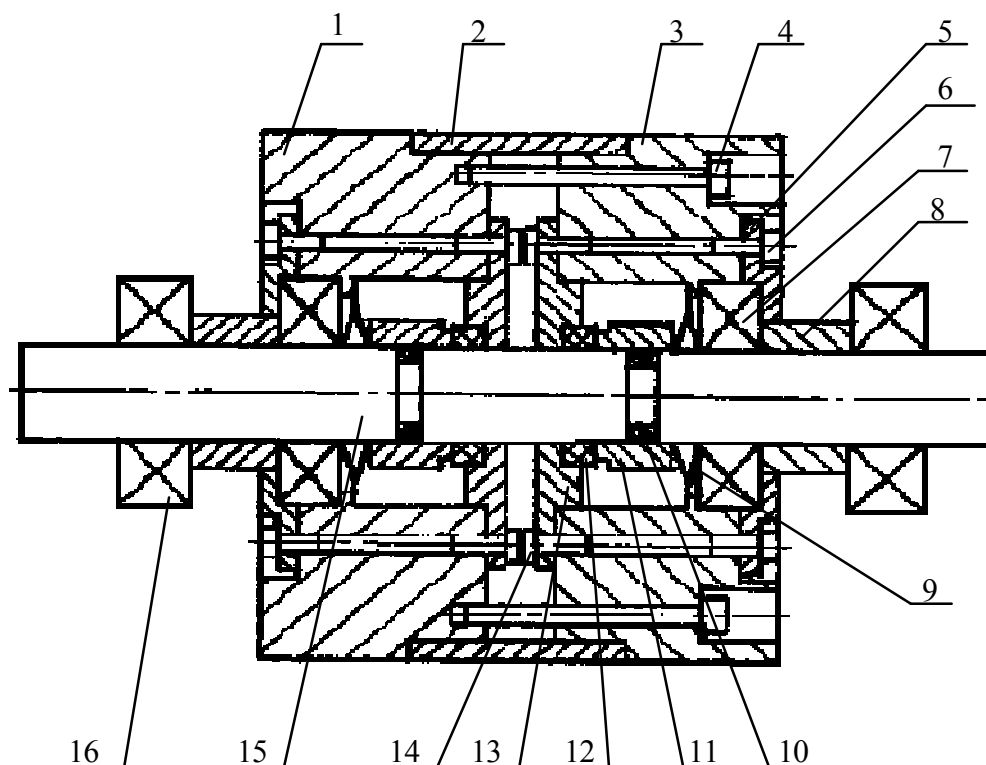


Рис. 2. Испытательный узел

Для измерения крутящего момента разработано и изготовлено тензометрическое устройство. В паз, профрезированный по оси вала, вставлена балка, опирающаяся на упор, закрепленный на подвижном суппорте стенда. На балке находится тензодатчик, информация с которого регистрируется на ленте самопишущего прибора.

В ходе экспериментов фиксировалось изменение момента трения ($M_{тр}$) в торцовом уплотнении в процессе его приработки и изменение шероховатости рабочей поверхности (на профилометре модели 296). Определение коэффициента трения проводилось по формуле:

$$f = \frac{M_y - M_{by}}{N \cdot \left(\frac{d_{cp}}{2} \right)}, \quad (1)$$

где M_y и M_{by} – моменты трения соответственно с торцовыми уплотнениями в испытательном узле и без них;

N – сила прижатия стального кольца;

d_{cp} – средний диаметр поверхности контакта.

Значения f , определенные по формуле 1 представлены на рисунке 3.

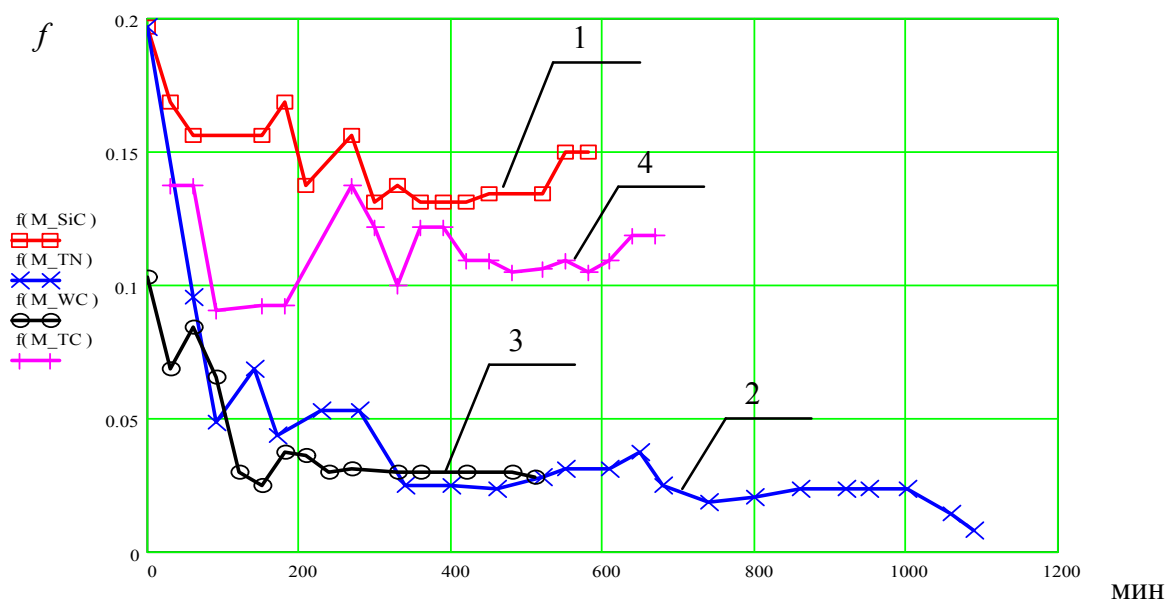


Рис. 3. Изменение коэффициента трения при приработке:
1 – карбид кремния; 2 – нитрид титана; 3 – карбид вольфрама; 4 – карбид титана

При этом устанавливалась такая шероховатость поверхностей:

- при исходной шероховатости керамической втулки $Ra=0,17$ мкм – после приработки $Ra=0,05$ мкм, на поверхностях наблюдались участки с различной шероховатостью;
- при исходной шероховатости стального контртела $Ra=0,03$ мкм – после приработки шероховатость составила $Ra=0,04$ мкм.

Исходя из принципа общности процессов работы и приработки [2], приработку можно сократить благодаря притирке до шероховатости, устанавливающейся при работе торцового уплотнения. Для этого при изготовлении торцовых уплотнений необходимо обеспечивать шероховатость, минимальное значение которой было бы равно величине шероховатости после приработки. Использование торцовых уплотнений на основе конструкционной керамики с добавлением твердой смазки обеспечивает коэффициент трения ниже 0,05. Предварительная притирка позволяет снизить момент трения в начале работы уплотнения в 5 раз.

Таким образом, на этапе технологической подготовки необходимо обеспечивать равновесную шероховатость трущихся поверхностей торцовых уплотнений, которая определяется структурой материала контактирующих поверхностей.

Список литературы: 1. Вяльцев Н.В., Горкуша А.Е., Гусев В.В., Молчанов А.Д. Стенд для исследования долговечности подшипников скольжения/ Прогрессивные технологии и системы машиностроения. Сб. научных статей. - Донецк: ДонГТУ, 1996. - Вып. 3. С.10-13. 2. Суслов А.Г. Совершенствование существующих и создание новых технологий и инструментов, исходя из функционального назначения обрабатываемых поверхностей./ Прогрессивные технологии машиностроения и современность. Сб. трудов международной научно-технической конференции. Севастополь, 1997.- Донецк: ДонГТУ, 1997.- с.238-240.

РАСЧЕТ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ ДЕТАЛИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДАХ ОБРАБОТКИ

Легашева Т.А., Ивченко Т.Г. (каф. ТМ, ДонГТУ, г. Донецк, Украина)

Качество деталей в значительной мере определяется состоянием поверхностного слоя, формируемого под влиянием силовых и температурных воздействий в процессе механообработки. В настоящей работе представляется методика расчета остаточных напряжений в поверхностном слое заготовки при различных видах обработки – лезвийной, алмазно-абразивной, отделочно-упрочняющей.

Для исследования влияния режимов механической обработки на остаточные напряжения, возникающие в поверхностном слое обработанной детали, остаточные напряжения представляются как алгебраическая сумма температурных σ_T и механических σ_M остаточных напряжений [1]:

$$\sigma_O = \sigma_T + \sigma_M \quad (1)$$

Температурные остаточные напряжения определяются с учетом распределения температур по глубине поверхностного слоя $\Theta(z)$ [2]:

$$\sigma_T(z) = \alpha E \Theta(z) \quad (2)$$

где α – коэффициент линейного расширения материала детали; E – модуль упругости материала; z – текущая координата, определяющая глубину поверхностного слоя.

На основании анализа температурного поля в поверхностном слое заготовки, возникающего в результате взаимодействия с инструментом под воздействием быстро движущегося полосового источника теплоты, для определения распределения температур по глубине поверхностного слоя получена следующая зависимость [2]:

$$\Theta(z) = \frac{PV\beta l}{2S_K \lambda_\delta \sqrt{\pi}} \frac{1}{\sqrt{Pe}} \int_0^1 \frac{f(\psi_u) d\psi_u}{\sqrt{1-\psi_u}} \exp\left(-\frac{Pe}{4} \cdot \frac{v^2}{1-\psi_u}\right) \quad (3)$$

где P сила в зоне обработки; V скорость перемещения источника; β – доля теплоты, поступающая в деталь; l – размер полосового источника теплоты; S_K – площадь контакта инструмента с заготовкой; λ , ω_δ – коэффициенты теплопроводности и температуропроводности детали; v – безразмерная координата, характеризующая глубину поверхностного слоя $v = z/l$; ψ_u – безразмерная координата, характеризующая положение полосового источника теплоты $\psi_u = x_u/l$; $Pe = Vl/\omega_\delta$ – критерий Пекле; $f(\psi_u)$ – закон распределения плотности тепловыделения.

Механические остаточные напряжения определяются на основании формулы:

$$\sigma_M(z) = \frac{P}{\pi} \left[\frac{3}{2(r^2 + z^2)} + \frac{1.2}{r^2} \ln\left(\frac{z}{2r}\right) - \frac{3}{10r^2} \right] \quad (4)$$

где r – радиус кругового поля контакта.

В формуле (4) введем безразмерную координату $v = z/r$:

$$\sigma_M(z) = \frac{P}{S_K} \left[\frac{3}{2(1+v^2)} + 1.2 \ln\left(\frac{v}{2}\right) - 0.3 \right]. \quad (5)$$

Тогда остаточные напряжения в поверхностном слое детали могут быть представлены в безразмерном виде следующим образом:

$$\sigma_{об} = \frac{S_K}{P} \sigma_o = \frac{S_K}{P} (\sigma_{Tб} + \sigma_{Мб}). \quad (6)$$

Безразмерная температурная составляющая остаточных напряжений равна:

$$\sigma_{Tб} = \frac{V\beta l}{2\lambda_0\sqrt{\pi}} \frac{1}{\sqrt{Pe}} \int_0^1 \frac{f(\psi_u) d\psi_u}{\sqrt{1-\psi_u}} \exp\left(-\frac{Pe}{4} \cdot \frac{v^2}{1-\psi_u}\right) \quad (7)$$

Безразмерная механическая составляющая остаточных напряжений равна:

$$\sigma_{Мб} = \left[\frac{3}{2(1+v^2)} + 1.2 \ln\left(\frac{v}{2}\right) - 0.3 \right] \quad (8)$$

С использованием полученных зависимостей проведены исследования безразмерных остаточных напряжений в поверхностном слое детали при различных видах обработки – точении, шлифовании и обкатывании. В результате анализа безразмерных составляющих остаточных напряжений установлено, что безразмерная механическая составляющая не зависит от вида обработки. Безразмерная температурная составляющая зависит от скорости перемещения источника и закона распределения плотности тепловых потоков, которые для различных видов обработки различны, что и обуславливает различие в распределении безразмерных остаточных напряжений, представленных на рис.1.

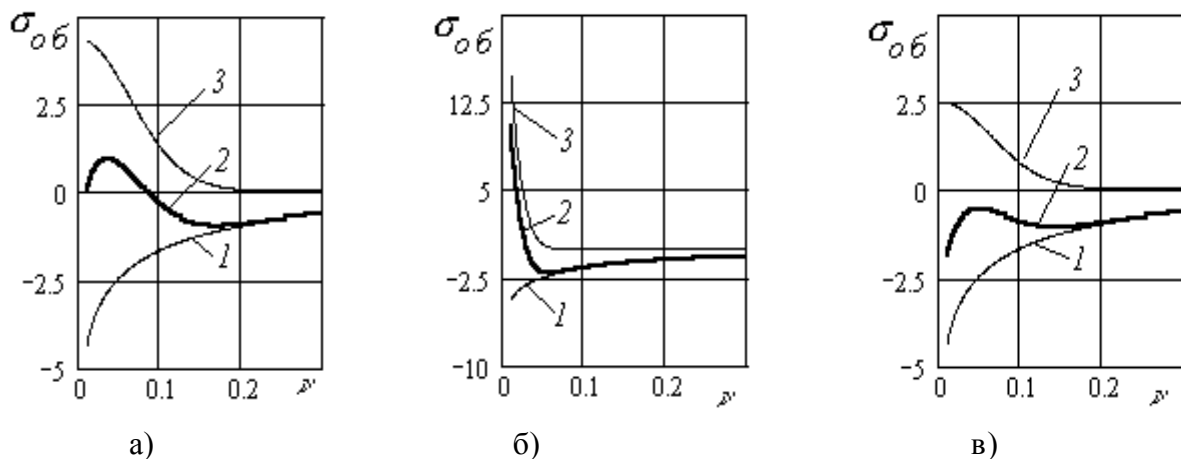


Рис.1. Распределение безразмерных остаточных напряжений по глубине поверхностного слоя при точении – а), шлифовании – б), обкатывании – в).

На формирование безразмерных суммарных остаточных напряжений (кривая 2) оказывают влияние безразмерные температурные (кривая 3) и механические (кривая 1) остаточные напряжения. Скорости перемещения теплового источника, соответствующие скорости резания при точении и шлифовании и скорости детали при обкатывании, приняты следующими: $V_{точ} = 3\text{ м/с}$, $V_{шл} = 30\text{ м/с}$, $V_{обк} = 1\text{ м/с}$. При точении и обкатывании

плотность распределения теплового потока имеет нормальный закон распределения с функцией $f(\psi_u) = \exp[-k_0(1-\psi_u)]$, при шлифовании – равномерный $f(\psi_u) = 1$. В результате указанных различий температурная составляющая остаточных напряжений при шлифовании более чем в 2 раза превышает температурную составляющую при точении, температурная же составляющая при обкатывании почти в 2 раза ниже, чем при точении.

Выполненные по формулам (6), (7), (8) расчеты и представленные графики свидетельствуют о том, что механические остаточные напряжения являются сжимающими, а температурные – растягивающими. При различных сочетаниях уровней температурных и механических составляющих суммарные остаточные напряжения могут быть растягивающими или сжимающими. При шлифовании преобладает температурная составляющая, поэтому суммарные остаточные напряжения в поверхностном слое преимущественно растягивающие. При обкатывании преобладает механическая составляющая, вследствие чего суммарные остаточные напряжения по всей глубине поверхностного слоя сжимающие. При точении в зависимости от скорости возможно возникновение в поверхностном слое как растягивающих, так и сжимающих напряжений.

Определяя для конкретных условий механообработки действующие силы и размеры площадки контакта, от безразмерного распределения остаточных напряжений легко перейти к их фактическому распределению. На рис. 2 представлены графики распределения остаточных напряжений по глубине поверхностного слоя при точении, шлифовании и обкатывании.

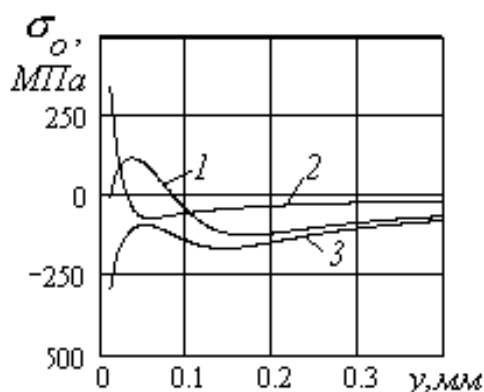


Рис.2. Распределение остаточных напряжений по глубине поверхностного слоя при точении – 1), шлифовании- 2), обкатывании 3).

Расчеты остаточных напряжений выполнялись для следующих режимов обработки: при точении - скорость резания $V_{точ} = 3\text{ м/с}$, подача $s = 0,2\text{ мм/об}$, глубина резания $t = 1\text{ мм}$; сила резания составляла $P = 400\text{ Н}$; при шлифовании $V_{шл} = 30\text{ м/с}$, подача $s = 16\text{ мм/об}$, глубина резания $t = 0,01\text{ мм}$; сила резания составляла $P = 100\text{ Н}$; при обкатывании скорость детали $V_{обк} = 1\text{ м/с}$, сила $P = 500\text{ Н}$.

Из графиков следует, что для указанных режимов обработки при обкатывании (кривая 3) имеют место сжимающие остаточные напряжения; при шлифовании (кривая 2) в поверхностном слое преобладают остаточные напряжения растяжения; при точении (кривая 1) остаточные напряжения растяжения на глубине 0,1 мм переходят в сжимающие.

Таким образом, на основании разработанной методики выполнен анализ остаточных напряжений, возникающих в поверхностном слое детали при различных видах обработки – лезвийной, алмазно-абразивной, отделочно-упрочняющей. Полученные результаты позволяют регламентировать рациональные режимы обработки в зависимости от заданного уровня остаточных напряжений.

Список литературы: 1. Безъязычный В.Ф. Назначение режимов резания по заданным параметрам качества поверхностного слоя. - Ярославль: ЯПИ, 1978. - 86с. 2. Резников А.Н. Теплофизика процессов механической обработки материалов. - М.: Машиностроение, 1981. - 279с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ θ° ВДОЛЬ РЕЖУЩЕЙ КРОМКИ СВЕРЛА

Малышко И.А. Полока Д.А. (каф. МСтанки, ДонГТУ, г. Донецк)

Спиральное сверло является наиболее распространенным режущим инструментом для сверления или рассверливания отверстий диаметром до 80 мм. Сверла из быстрорежущей стали с коническим хвостовиком диаметром от 6 до 60 мм и с цилиндрическим хвостовиком диаметром от 8 до 16 мм должны быть изготовлены сварными, кроме сверл из шлифованной стали диаметром менее 12 мм, которые могут быть цельными. Сверло является многокромочным инструментом; в резании участвуют две главные кромки, вспомогательные режущие кромки по ленточкам и поперечная кромка. Форма и положение передней поверхности характеризуется углом наклона винтовой канавки, влияющий на характер образования и транспортирования стружки. ω изменяется от 18° для $\varnothing 0.25-1.0$ мм и до 33° для $\varnothing 44.5-80$ мм. Линии пересечения передних и задних поверхностей образуют режущие кромки с углом при вершине 2φ , изменяемый в зависимости от обрабатываемого материала $2\varphi=116-120^\circ$ (см. рис. 1). Передний угол сверла является величиной переменной, зависящей от геометрических параметров сверла. Наибольшее значение на периферии (35°), наименьшее – у оси (-23°). Перспективные направления повышения качества инструмента можно определить лишь при условии установления аналитических зависимостей между конструктивными параметрами инструмента и критериями, характеризующими его качество в процессе использования. На качество сверла влияют его геометрические параметры. Изменяя какие-либо из них можно улучшить одни качества сверла, но в тоже время ухудшить другие. Необходимо определить критерий, отражающий качество инструмента на всех этапах его производства. За такой параметр принимают качество поверхностного слоя инструмента. В процессе эксплуатации качество инструмента остается наиболее высоким при наличии оптимальной температуры резания. Зная изменения температуры от геометрических параметров инструмента и его эксплуатации, можно совершенствовать конструкцию инструмента.

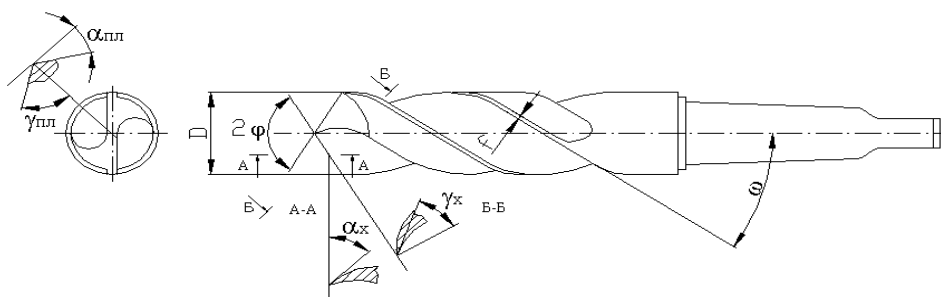


Рис.1. Геометрические параметры спирального сверла

Для определения влияния элементов сверла на температуру надо знать не среднее значение температуры, а характер распределения ее вдоль режущей кромки. Для расчета температуры в любой точке тела в каждый момент времени необходимо решать дифференциальное уравнение теплопроводности а конкретных краевых условиях, при этом целесообразна схематизация процесса, принимая следующие допущения: основное тепловыделение происходит от источников, расположенных на режущей лезвиях; фактическая мощность источников определяется суммарным тепловыделением от де-

формации металла и трения стружки о переднюю поверхность; режущая часть сверла в зоне резания есть бесконечный клин, движущийся по полупространству; значения коэффициентов теплопроводности и температуропроводности не зависят от температуры резания.

Зададим следующие исходные данные: Угол при вершине $2\varphi=120^\circ$; угол наклона винтовой канавки $\omega=30^\circ$; угол наклона поперечной кромки $\psi=55^\circ$; Диаметр сердцевины $2a=0,15D$.

Для определения изменения величины главной составляющей силы резания, нам необходимо знать изменение переднего угла вдоль режущей кромки инструмента. Передний угол γ в данной точке x в нормальном сечении к режущей кромке, определяется по формуле, выведенной П.Р.Родиным [2]:

$$\operatorname{tg} \gamma_{nx} = \frac{(1 - \sin^2 \mu_x \sin^2 \varphi) \operatorname{tg} \varpi_x}{\sin \varphi \cos \mu_x} - \cos \varphi \operatorname{tg} \mu_x$$

причем
$$\sin \mu_x = \frac{a_x}{r_x},$$

где r_x -расстояние от оси сверла до касательной к проекции режущей кромки на плоскость, перпендикулярную к оси сверла;

μ_x - угол между радиусом окружности, на которой лежит данная точка x и проекцией режущей кромки на плоскость, перпендикулярную к оси сверла;

ω_x - угол наклона винтовой образующей поверхности канавки, проходящей через точку x , выражается уравнением:

$$\operatorname{tg} \varpi_x = \frac{r_x}{R} \operatorname{tg} \varpi$$

где R - наружный радиус сверла

ω - угол наклона винтовой канавки сверла (отнесенный к наружному диаметру)

Вывод зависимости для определения главной составляющей силы резания, основан на равенстве касательных напряжений при резании и при сжатии или растяжении при равной степени эквивалентных деформаций [3]:

$$P_z = \tau a b \left(\frac{k - \sin \gamma}{\cos \gamma} + \operatorname{tg} c \right), \text{ Н}$$

где τ - сопротивление деформации при резании ($\tau=0.9\sigma_b$);

k - коэффициент усадки стружки ($k=2.88$);

Толщину и ширину среза определим по следующим формулам [4]:

$$a = \frac{S}{2} \sin \varphi, \quad b = \frac{t}{\sin \varphi} = \frac{D}{2 \sin \varphi}$$

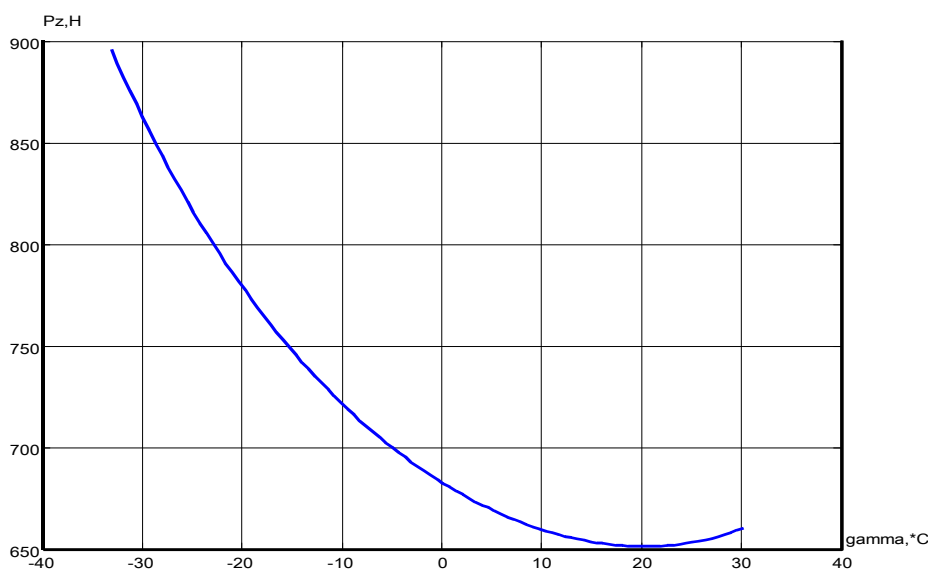
Таким образом, $\tau_{сд}=0.9 \bullet 610=550 \text{ Н/мм}^2$; $a=0.16 \text{ мм}$; $b=2 \text{ мм}$

Результаты расчетов занесем в таблицу (табл.1)

Таблица 1. Величина главной составляющей силы резания

№ п/п	r_x/R	γ°	P_z, H
1	1	$30^\circ 28'$	660
2	0.8	$23^\circ 24'$	652
3	0.6	$14^\circ 48'$	660
4	0.4	$3^\circ 09'$	674
5	0.2	$-23^\circ 24'$	803
6	0.183	$-33^\circ 14'$	896

По полученным значениям построим график изменения силы резания

Рис. 3. График изменения главной составляющей силы резания от γ

Для определения скорости резания воспользуемся следующей формулой [5, с.276]:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v,$$

где D — диаметр сверла, мм
 T — период стойкости сверла, мин
 S — подача, мм/об

Значение коэффициентов и показателей степени выбираем по источнику [5, с.276]. Период стойкости и подача по табл.30 и табл.25 соответственно:

$T=45$ мин; $D=20$ мм; $k_v=1$; $C_v=9.8$; $q=0.4$; $y=0.5$; $m=0.2$;

Скорость резания равна:

$$v = \frac{9.8 \cdot 20^{0.4}}{45^{0.2} 0.37^{0.5}} \cdot 1 = 25 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

Число оборотов сверла будет равно соответственно:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 25}{\pi \cdot 20} = 400 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Так как скорость резания вдоль режущей кромки будет изменяться, то в любой точке режущей кромки сверла, скорость резания определим по формуле

$$n = \frac{1000v}{\pi D},$$

где n - число оборотов сверла, об/мин;

D – диаметр сверла, мм

Для определения температуры на режущих кромках сверла, сперва определим интенсивность тепловыделения. Особенностью процесса сверления является неодинаковое тепловыделение в различных точках каждой из режущих кромок инструмента.

На любом участке режущей кромки, в единицу времени выделяется

$$Q(x) = 0.039V(d)P_z(d),$$

где V – скорость резания в м/мин;

P_z - тангенциальная составляющая силы резания в кГ;

Результаты расчета приведены в табл.2

Расчет температуры произведем по следующей формуле [6, с.166]:

$$\theta_{\max} = 27.6 \frac{Q_u \sqrt{\omega}}{\lambda b \sqrt{v(l_0 + l_1)}},$$

где Q_u - тепловыделение, кал/с;

ω - коэф-нт температуропроводности ($\omega = 0.08 \text{ см}^2/\text{с}$)

λ - коэф-нт теплопроводности ($\lambda = 0.096 \text{ кал/см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}$)

b - ширина среза, мм

v - скорость резания, м/мин

l_0 - ширина срезаемого слоя, мм

l_1 - длина контактной площадки, мм

Результаты расчета приведены в табл.2

Таблица 2. Значение температуры вдоль режущей кромки сверла

№ п/п	R/г	V, м/мин	Q, кал/с	$\theta^\circ\text{C}$
1	1	25	64	351
2	0.8	22.8	58	333
3	0.6	20.3	52	316
4	0.4	17.3	45	297
5	0.2	13	41	312
6	0.183	12	43	330

По полученным данным построим график изменения температуры режущей кромки сверла (рис.2)

Максимальный нагрев отмечен на расстоянии 0.8-0.9 диаметра сверла от его оси.

Затем темп роста температуры снижается. Температура наиболее удаленной от оси точки контакта, как правило, ниже максимальной. Такое распределение температуры вдоль режущей кромки является результатом совместного влияния подвода тепла к данной точке контакта инструмента с деталью и отвода его в массу детали. В сечениях, расположенных близко к оси, темп снижения температуры по мере удаления точек от лезвия сверла заметно падает, что объясняется неблагоприятными условиями образования стружки в области поперечной кромки, которое вызывает дополнительное трение при заполнении стружечной канавки по мере удаления от режущей кромки.

Температура на поперечной кромке составляет 60-80% от максимального значения. С $\uparrow S$ и особенно с $\uparrow V$ темп нарастания температуры на периферийных участках оказывается выше, чем у поперечной кромки, здесь сказывается влияние теплоотвода в сердцевину сверла.

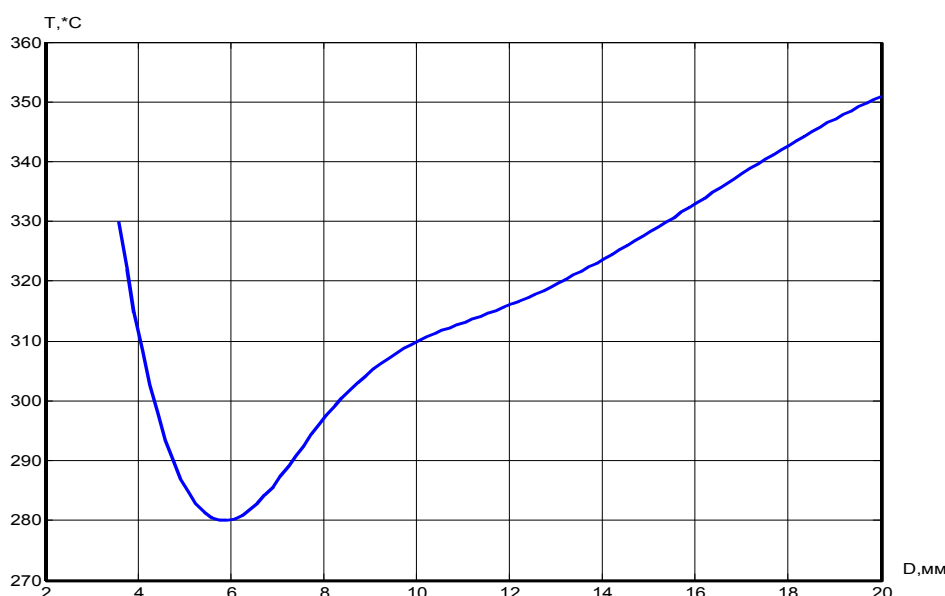


Рис. 2. График изменения температуры вдоль режущей кромки сверла

Таким образом, основное влияние на температуру режущей кромки сверла кроме переднего угла γ , оказывает скорость резания V . Увеличение переднего угла и скорости повышает температуру. Из графика видно, что влияние отрицательных передних углов приводит к дополнительному выделению тепла и повышению температуры. С увеличением переднего угла до $3^{\circ}09'$ происходит резкое снижение температуры, в связи с облегчением процесса резания, с дальнейшим повышением температуры происходит повышение температуры в связи с удлинением пути стружки и ее затрудненному отводу, что приводит к дополнительному тепловыделению и повышению температуры.

Список литературы: 1. Юдковский П.А. Автоматизация производства и повышение качества конечного режущего инструмента. – М.: Машиностроение, 1980.- 120с. 2. Семенченко И.И. Проектирование металлорежущих инструментов. – М.,1963.-922с. 3. Филоненко С.Н. Резание металлов. - М.: «Вища школа»,1969.-253с. 4. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов. – М.:Машиностроение,1975.-330с. 5. Справочник технолога машиностроителя.Т.2/под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова.-М. Жмашиностроение,1985, 496 с. 6. Резников А.Н. Теплофизика резания .-М.: Машиностроение,1981.-279с.

РАЗНОВЫСОТНОСТЬ РАСПОЛОЖЕНИЯ ВЕРШИН АЛМАЗНЫХ ЗЕРЕН НА ПОВЕРХНОСТИ ИНСТРУМЕНТА НА ЭЛАСТИЧНОЙ СВЯЗКЕ

Титусь С.В.* (каф. ТМ, ДонГТУ, г. Донецк, Украина)

В связи с вышесказанным, перспективно применение на операциях чистового шлифования хрупких неметаллических материалов инструментов на эластичной полимерной основе, процесс обработки которыми соединяет элементы «жесткого» шлифования и доводки свободным абразивом, что гарантирует, в сравнении с инструментом на металлической связке, существенное улучшение качества обработанной поверхности [1]. Закрепление режущего зерна в упругом основании существенно изменяет характер его взаимодействия с обрабатываемым материалом: амортизируется удар зерна о материал, повышается стойкость и работоспособность алмазных зерен, сглаживается разновысотность и увеличивается одновременно участвующих в резании зерен, уменьшается напряженность теплового потока. Изменение характера протекания процесса резания обеспечивает улучшение шероховатости обработанной поверхности.

Знание закона распределения высоты выступания алмазных зерен над уровнем связки необходимо для решения задач определения количества зерен, активно участвующих в диспергировании обрабатываемого материала, производительности шлифования и качества обработанной поверхности.

Экспериментальные исследования разновысотности зерен алмазных кругов на металлических связках показывают, что закон распределения плотности вероятности распределения вершин зерен по высоте имеет правостороннюю асимметрию. Это обусловлено скалыванием вершин зерен и износом вершин при силовом воздействии на зерна при правке или шлифовании. При рассмотрении кругов на органической связке износ круга характеризуется преимущественно вырыванием зерен из связки, что позволяет предположить симметричный нормальный закон распределения алмазных зерен. Статистическая обработка результатов исследования [2], приведенных на рис.1, подтверждает данное предположение.

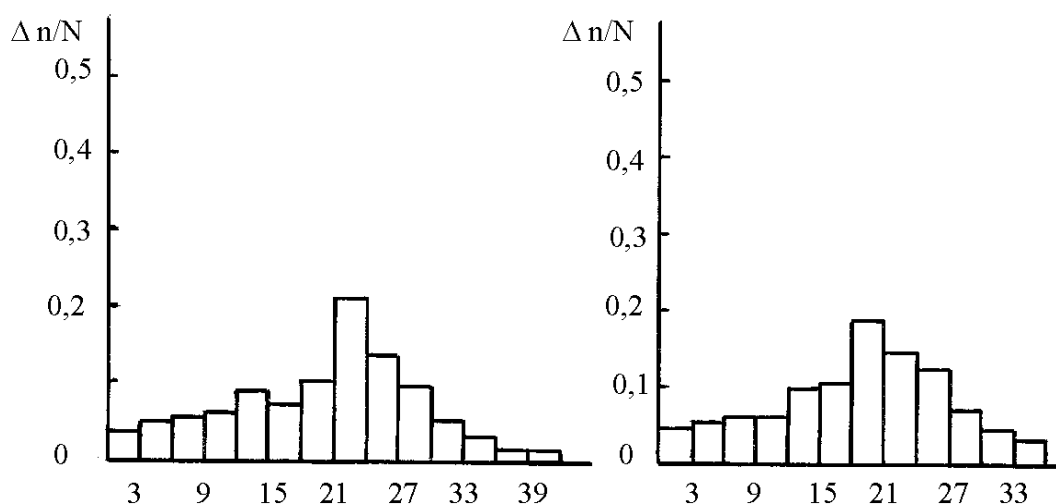


Рис. 1. Распределение по высоте выступания над связкой алмазов: а) АС6-160/125-3-B3-30; б) АС6-125/100-4-B3-30.

* Работа выполнена под руководством асс. Байкова А.В.

Проверка гипотезы соответствия, проведенная с помощью критерия согласия А.Н. Колмогорова показала, что на 5% уровне значимости распределение вершин зерен кругов на органической связке может быть описано нормальным законом с параметрами распределения: для круга АС6-160/125-3-В3-30 среднее значение $\bar{X} = 20,1$ мкм, среднеквадратичное отклонение $S = 8,8$ мкм; а для круга АС6-125/100-4-В3-30 среднее значение $\bar{X} = 18,5$ мкм, среднеквадратичное отклонение $S = 8,0$ мкм. Сравнивая полученные результаты с рекомендациями [3] следует отметить следующее. Рассчитанное значение среднеквадратичного отклонения превышает рекомендованное [3] $S = \Delta_{\max}/6$, где Δ_{\max} - высота поверхностного слоя. Это может быть результатом погрешности измерения на границах диапазона, особенно у поверхности связки. Очевидно, что среднеквадратичное отклонение должно быть равно $S = \Delta_{\max}/6$, чтобы вершины зерен не выходили за пределы поверхностного слоя. Глубина поверхностного слоя кругов на органической связке совпадает с результатами, рассчитанными по методике [3] при значении критической глубины заделки $\varepsilon = 0,73$ для круга зернистостью 125/100 и $\varepsilon = 0,78$ для круга зернистостью 160/125. Центр группирования вершин зерен расположен для кругов обеих зернистостей практически по середине поверхностного слоя.

На основании проведенного анализа для шлифовального инструмента на эластичной органической связке с ориентированным расположением зерен можно принять распределение вершин алмазных зерен в поверхностном слое по нормальному симметричному закону с высотой поверхностного слоя

$$\Delta_{\max} = l(1 - \varepsilon),$$

средним значением:

$$\bar{X} = \Delta_{\max} / 2,$$

и среднеквадратичным отклонением:

$$S = \Delta_{\max} / 6$$

Коэффициент критической глубины заделки зерна $\varepsilon = 0,75$.

Данная модель рабочей поверхности эластичного шлифовального инструмента с ориентированным расположением зерен позволяет с достаточной степенью приближения к реальному инструменту аналитически описывать механизм взаимодействия алмазных зерен с обрабатываемым материалом.

Список литературы: 1. Ящерицын П.И., Забавский М.Т. Алмазно-абразивная обработка и упрочнение изделий в магнитном поле. - Мн.: Наука и техника, 1988. - 272 с. 2. Олейников А.Б. Экспериментальное исследование режущего профиля шлифовальных кругов на эластичной связке // Сверхтвердые материалы, 1994, №2, с. 33-37. 3. Абразивная и алмазная обработка материалов. Справочник / Под ред. А.Н. Резникова. - М.: Машиностроение, 1977. - 390 с.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОННЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Тихомиров И.В.* (*каф. ТМ, ДонГТУ, г.Донецк*)

В 90-х годах произошёл большой прорыв в развитии компьютерной техники. Обычные «персоналки» были наделены широкими возможностями для проектирования, моделирования и решения инженерных задач различной сложности. В наше время развитие продолжается с не менее быстрыми темпами. Теперь для расчёта и реализации сложных инженерных проектов, для обработки огромного количества информации и её систематизации, и т.д. инженерам различных областей просто необходимо использовать «электронных помощников». В области машиностроения актуальной проблемой является создание гибких производственных комплексов, управляемых из одного центра. Проблемы, возникающие при создании такого производства, невозможно было бы решить без применения ЭВМ. Сложные расчёты (расчёты различных аэродинамических профилей и поиск оптимального профиля, расчёты влияния на прочность конструкций различных условий, оптимизация параметров технологических процессов и т.д.) требующие обработки большого количества информации просто невозможно выполнить быстро и точно без ЭВМ. Неоценимые услуги ЭВМ предоставляет в условиях конкуренции на рынке продукции, так как предоставляет возможность визуального моделирования работы оборудования и его внешнего вида, а также рекламу в сети Internet и быструю пересылку исчерпывающей информации об объекте.

В связи с необходимостью углублять свои познания в области систем автоматического проектирования (САПР) передо мной была поставлена задача: применить при выполнении курсового проекта на тему: «Разработать технологический процесс изготовления звёздочки комбайна ERNITE MAISTER 525/525H» средства САПР, например персональную ЭВМ.

Для решения задач на ЭВМ необходимо использовать соответствующее программное обеспечение (ПО), которое можно условно разделить на:

- специальное;
- специализированное.

К специальному ПО можно отнести программы направленные на достижение цели, используя совокупность исходных данных. К нему можно отнести, например программу для расчёта параметров объекта при заданных условиях, программу для проектирования оптимального технологического процесса изготовления детали и т.д.

К специализированному ПО можно отнести электронные инструменты, которые лишь помогают проектировщику автоматизировать механические действия в творческом процессе мышления, например такие приложения как AutoCAD, Microsoft Word, Corel Draw, Adobe PhotoShop и многие другие.


При решении поставленной задачи целесообразней было бы применить специальное ПО так как это повысило бы производительность во много раз (на проект потребовался бы 1 день, а не 4 месяца), но учебный процесс требует творческого подхода студента к решению поставленных задач. Поэтому при выполнении курсового проекта я применил текстовый редактор Microsoft Word, и графический редактор AutoCAD 14, которые помогли мне промоделировать множество решений и выбрать оптимальное; исправить ошибки, допущенные в ходе проектирования; качественно выполнить документацию (чертежи, записку).

* Работа выполнена под руководством профессора Михайлова А.Н.

Текстовый редактор создаёт большое удобство работы: точно форматирует страницу, выравнивает предложения, автоматически создаёт нумерованные или маркированные списки, создаёт несложные рисунки и многое другое [1]. Единственный недостаток – надо уметь быстро набирать текст, умело пользоваться предоставляемыми инструментами, знать приёмы быстрой работы, что достигается лишь с практическим опытом, иначе работа с редактором покажется долгой и не эффективной. Например:

1. Создание формул: можно ввести в документ формулу запустив Equation (редактор формул) для Word проделав путь: «Вставка→объект→Microsoft Equation 3.0» при этом приходится ждать пока откроются все меню. Если это надо сделать один раз, вставить одну формулу, то это недолго, а если в документе их больше 100... Тогда у вас уйдёт только на эти повторяющиеся действия не менее 1 часа, а моральный ущерб от нудной работы будет ещё выше. Чтобы этого избежать, можно проделать следующее: «Вид→панели инструментов→настройка→команды→клавиатура→в левом окошке выбрать “вставка”, в правом – Insert Equation→присвоить сочетание клавиш например Ctrl+z». Теперь редактор формул будет каждый раз вызываться при нажатии Ctrl+z.

2. Создание рисунков: можно долго рисовать правильный круг, выравнивая его мышкой, а можно просто кликнуть на объекте два раза и ввести его параметры.

3. Создание выносок: трудоёмкую работу связанную с размещением, перемещением, редактированием выносок, а можно упростить, кликнув по выноске два раза, преобразовать в рамку, а затем (это хитрость)  отменить преобразования кнопкой и редактировать её станет намного проще.

Также при возникновении вопросов надо обращаться к справочной системе Word или книгам типа [1].

Графический редактор AutoCAD 14 предоставляет большой набор инструментов для разработки чертежей и рисунков. Приёмы работы с этим редактором также как и с Word требуют хороших навыков и опыта. Используя AutoCAD 14, я спроектировал чертежи приспособлений, карты эскизов, карты наладок, рисунки поясняющие разработки проекта.

В ходе проектирования решались многие задачи некоторые из них, которые наиболее наглядно представляют ход разработки проекта, приведены ниже.

1. Размерный анализ и построение графов размерных цепей.

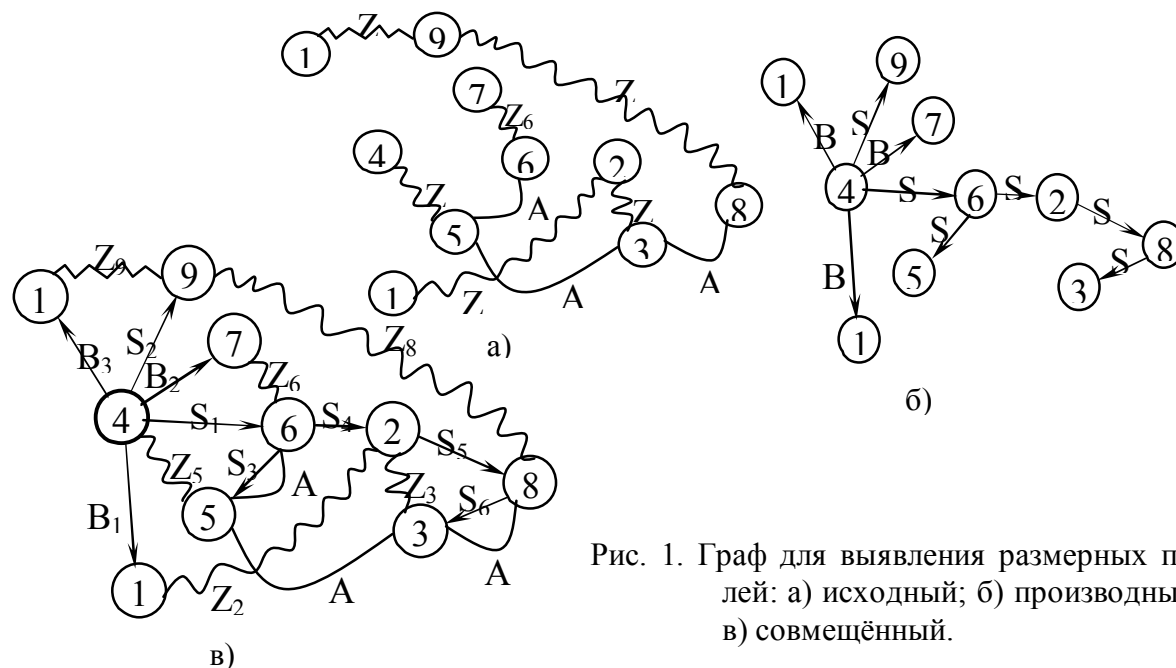


Рис. 1. Граф для выявления размерных полей: а) исходный; б) производный; в) совмещённый.

2. Определение припусков на обработку и построение схемы расположения припусков и допусков.

Таблица 1. Припуски для механической обработки.

Поверхность №	Размер	Припуск, мм		Допуск, мм
		табличный	расчётный	
1	Ø32H7	2·1,5	2·1,2	±0,2
2	Ø50	2·1,5	—	±0,2
3	Ø106,153H12	2·2,2	—	±0,3
4	Ø78,877	2·2,0	—	±0,3
5	Толщина зуба	2·1,5	—	±0,2
6	36	2·1,5	—	±0,2
7	18	2·1,0	—	±0,2

3. Расчёт одного из зажимных приспособлений.

Расчётная схема приспособления представлена на рисунке 3.

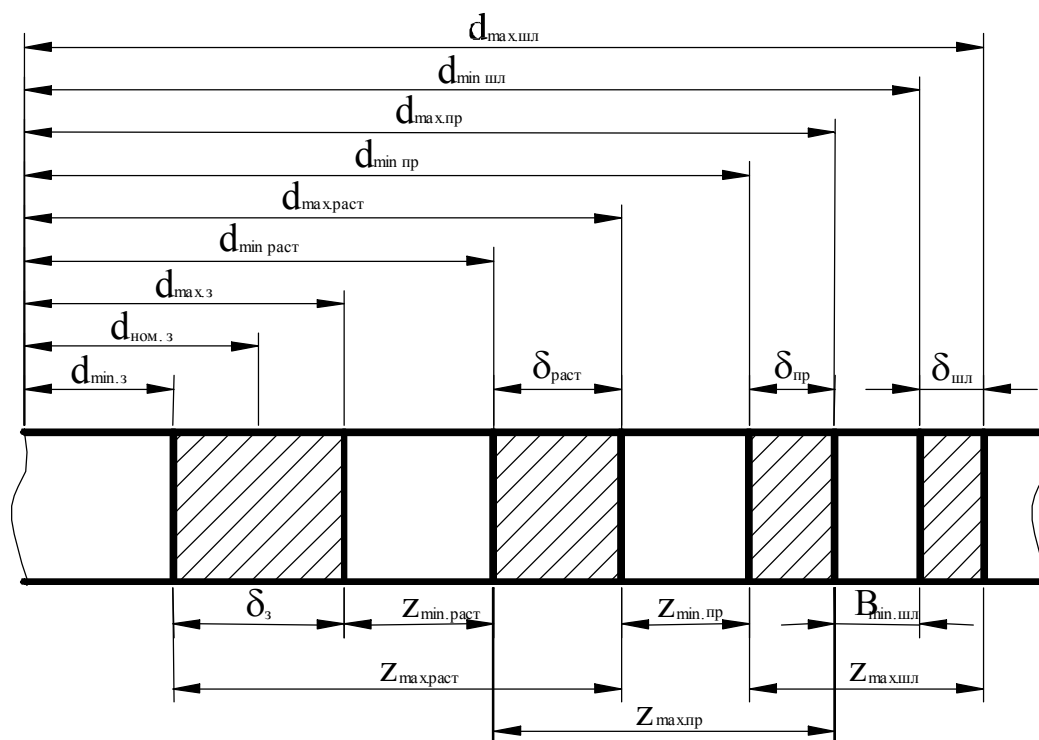


Рис. 2. Графическая схема расположения припусков и допусков на обработку отверстия Ø32H7 звёздочки.

Момент трения согласно [2]: $M_{\text{трения}} = k(M_{\text{рез1}} + M_{\text{рез2}})$, где $M_{\text{рез1,2}}$ — момент сил резания, k — коэффициент запаса.

Сила создающая момент трения находим на основании [2]:

$$P = k \frac{0,5R_{z1}d_1 + 0,5R_{z2}d_2}{d_{\text{цанги}} f} = 1,5 \frac{0,5 \cdot 1413 \cdot 50 + 0,5 \cdot 855 \cdot 106}{32 \cdot 0,25} = 15120 \text{ Н},$$

где $R_{z1,2}$ — силы резания, f — коэффициент трения.

Сила, сжимающая лепестки цанги определяем по формуле [2]:

$$U = k_u \frac{10 \cdot \Delta \cdot d^3 \cdot h}{l^3} = 100 \cdot \frac{10 \cdot 0,155 \cdot 32^3 \cdot 5}{38^3} = 463 \text{ Н},$$

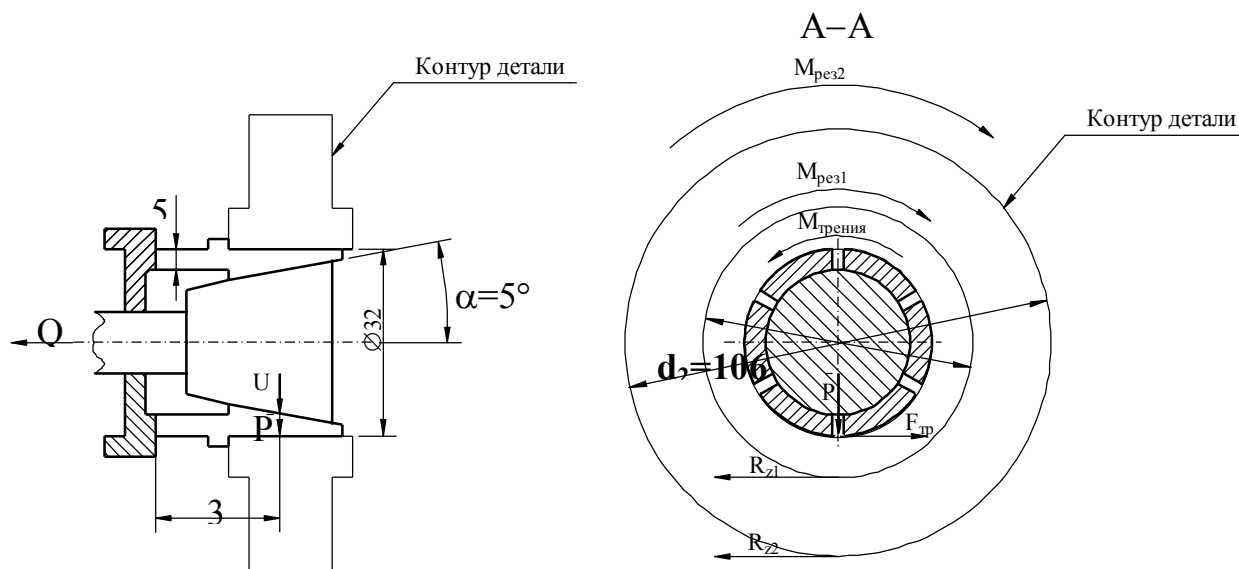


Рис. 3. Расчётная схема приспособления.

Расчётные уравнения.

где k_u —коэффициент, зависящий от количества лепестков цанги ($k_u=100$);

Δ —диаметральный зазор между цангой и заготовкой ($\Delta=0,155$);

l —расстояние от плоскости задела до середины зажимающего конуса цанги;

h —толщина лепестка цанги.

Сила на штоке вычисляем в соответствии с [2]:

$$Q = (P + U) \frac{\sin \alpha + f \cos \alpha}{\cos \alpha - f \sin \alpha} = (15120 + 463) \frac{\sin 5^\circ + 0,25 \cos 5^\circ}{\cos 5^\circ - 0,25 \sin 5^\circ} = 5225 \text{ Н}.$$

Выбор пневмопривода для цанги.

Выбираю диафрагменную камеру двустороннего действия.

Диаметр диафрагмы исходя из [2]:

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{(1 - c^2)\pi p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5225}{(1 - 0,021) \cdot 3,14 \cdot 0,4}} = 130 \text{ мм},$$

где p —расчётное давление ($p=0,4$ МПа);

c —отношение диаметра диафрагмы к диаметру штока.

Выбираю диафрагменную камеру с диаметром диафрагмы $d=150$ мм.

Электронные инструменты позволяют редактировать документы проекта быстро и качественно, позволяя выбирать более приемлемый вариант проекта, устраняют повторяющуюся работу, позволяют обнаружить и исправить серьезные ошибки, что создаёт хорошие условия для творческой работы. Подобное было бы невозможно при ручном проектировании.

Список литературы: 1. Борланд Р. Microsoft Word 97. Углубленный курс. Шаг за шагом. — М.: Издательство ЭКОМ, 1998. — 360с. 2. Горошкин В.А. Проектирование и расчёт приспособлений — Минск: Выш. шк., 1986. — 238с. 3. AutoCAD 14. Для специалиста. — Киев: Изд. «Ирина», ВНУ, 1998.— 420с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ УНИВЕРСАЛЬНО-СБОРНОГО РЕЗЦА

Цымбал М.В., Матюха П.Г. (каф. МС, ДонГТУ, г. Донецк, Украина)

В настоящее время перед машиностроением стоит задача повышения производительности обработки металлов резанием без потери качества изделия. В частности, это относится к обработке отверстий расточными резцами со сменными твердосплавными режущими пластинами (РП). На кафедре металлорежущих станков и инструментов была разработана конструкция расточного универсально-сборного резца, механизм крепления РП которого обеспечивает повышенную жесткость, а, следовательно, точность и производительность обработки.

Восточной резец (рис.1) состоит из державки 1, которая имеет круглое сечение с глухим отверстием 2 конической формы. В отверстии расположена вставка 3, имеющая участок 4 также конической формы, контактирующий с поверхностью отверстия 2. Во вставке выполнено гнездо, в котором расположена РП 5 и стружколом 6. В поверхность стружколома упирается прижим 7, имеющий участок конической формы 8. Вставка и прижим имеют наклонные поверхности 9 и 10, контактирующие между собой. На конической поверхности вставки выполнен паз 11, в который входит штифт 12, расположенный в державке. Он обеспечивает угловую ориентацию вставки относительно державки. Винт 13, расположенный в отверстии державки, своим резьбовым участком входит в соответствующее отверстие, выполненное во вставке. Затяжкой винта осуществляется крепление блока “вставка - РП 5 - стружколом - прижим”.

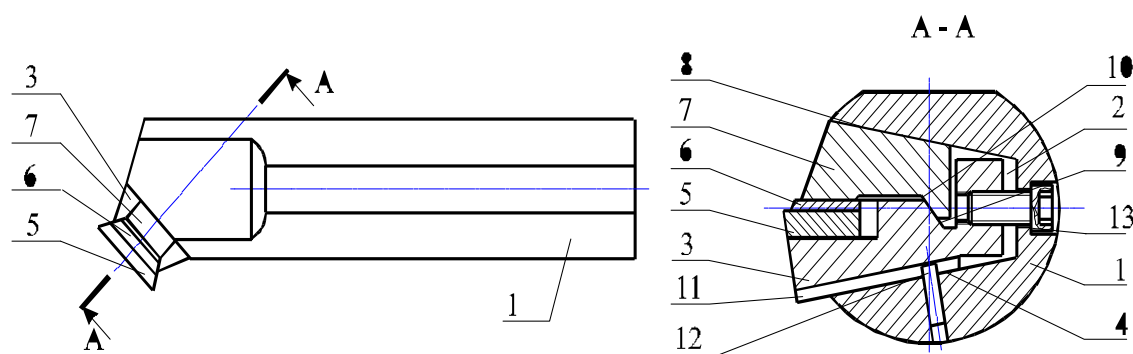


Рис. 1. Расточной резец.

Проведем расчет допускаемой подачи, ограниченной прочностью механизма крепления режущей пластины.

Момент, передаваемый конической поверхностью, определяется по формуле [1]:

$$M_{CP} = f \frac{P_O \cdot D_{CP} \cdot 10^{-3} (1 - 0.04 \times \Delta\alpha)}{2 \times \sin \frac{\alpha'}{2}}, \text{H}_M, \quad (1)$$

где f - коэффициент трения;

P_0 - сила, вдавливающая конус по направлению оси при затяжке винта, Н;

 α' -угол конуса, град; $\Delta\alpha$ - погрешность изготовления конуса, рад;

D_{cp} - средний диаметр конического соединения, мм.

В процессе резания составляющая силы резания P_z , будет создавать момент, пытающийся провернуть вставку в державке. Однако, составляющие P_x , P_y будут способствовать увеличению момента трения от сил затяжки винта. В связи с этим, рассмотрим условие отсутствия проворота вставки в процессе обработки, которое определяет ограничивающую подачу в державке.

Для данной конструкции это условие будет выполнено при

$$M_{TP} \leq M_{рез}, \text{ Нм}, \quad (2)$$

где $M_{рез}$ - момент, создаваемый силой резания P_z .

На рис.2 представлена расчетная схема, на которой равнодействующая силы резания разложена на составляющие P_x , P_y , P_z , а усилие P_0 направлено вдоль вспомогательной оси OK , проходящей через ось вставки и составляющей угол μ с осью OX .

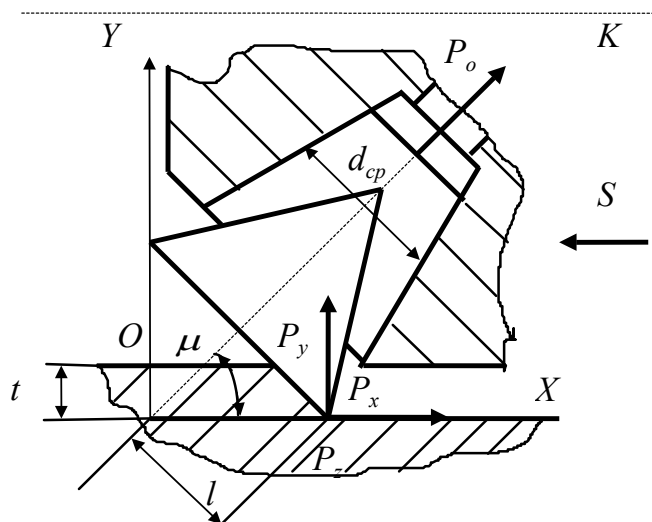


Рис. 2 Расчетная схема для определения подачи ограниченной прочностью закрепления вставки в державке расточного универсально-сборного резца.

Момент от сил резания

$$M_{рез} = P_z l, \text{ Нм}, \quad (3)$$

где l - расстояние от вершины твердосплавной пластины до оси OK .

Спроектировав силы P_x , P_y , P_0 на ось OK , получаем уравнение усилия закрепления

$$P_{закр} = P_0 + P_x \cos \mu + P_y \sin \mu. \quad (4)$$

Составляющие силы резания определим по формулам [2]

$$P_x = 10 C_{px} t^{X_{px}} S^{Y_{px}} V^{n_x} K_p, \text{ Н}; \quad (5)$$

$$P_y = 10 C_{py} t^{X_{py}} S^{Y_{py}} V^{n_y} K_p, \text{ Н}; \quad (6)$$

$$P_z = 10 C_{pz} t^{X_{pz}} S^{Y_{pz}} V^{n_z} K_p, \text{ Н}. \quad (7)$$

Подставляя (5) и (6) в (4), а затем в (1), получим момент, передаваемый вставкой в процессе резания

$$M = f \frac{P_0 + 10 C_{px} t^{X_{px}} S^{Y_{px}} V^{n_x} K_p \cos \mu + \dots}{2 \sin \frac{\alpha'}{2}} \rightarrow$$

$$\dots \rightarrow \frac{+10C_{PY}t^{X_{PY}}S^{Y_{PY}}V^{n_Y}K_P \sin \mu}{(1-0.04\Delta\alpha)}, \text{ Нм.} \quad (8)$$

Подставляя в (2) значения момента из (3) и (8) с учетом (7), а также значение P_0 , получим неравенство

$$f \frac{P_0 + 10C_{PX}t^{X_{PX}}S^{Y_{PX}}V^{n_X}K_P \cos \mu + \dots}{2 \sin \frac{\alpha'}{2}} \rightarrow \dots \rightarrow \frac{+10C_{PY}t^{X_{PY}}S^{Y_{PY}}V^{n_Y}K_P \sin \mu}{(1-0.04\Delta\alpha)} \geq 10C_{PZ}t^{X_{PZ}}S^{Y_{PZ}}V^{n_Z}K_P K_2 l, \quad (9)$$

где K_2 - коэффициент запаса.

Расчет допускаемой подачи, ограниченной прочностью вставки расточного резца проводим для следующих исходных данных: средний диаметр конического соединения $D_{cp}=14$ мм; угол конуса $\alpha'=25^\circ$; крепежный винт М6; материал винта - сталь 40Х ($\sigma_T=900$ МПа); погрешность изготовления конуса $\Delta\alpha=0.003$ рад; коэффициент трения $f=0.1$; геометрические параметры резца: главный угол в плане $\varphi=45^\circ$; вспомогательный угол в плане $\varphi_1=75^\circ$; передний угол $\gamma=10^\circ$; задний угол $\alpha=10^\circ$; наклон лезвия $\lambda=0^\circ$; обрабатываемый материал - сталь 45

Решая неравенство (9) при значениях $V=120$ м/мин и $t=2.5 - 5$ мм и изменяя S пошаговым методом с помощью ПЭВМ, определяем максимальную допустимую подачу.

Данные расчета приведены в табл. 1.

Таблица 1. Зависимость ограничивающей подачи S от глубины резания t

№	Скорость резания, м/мин	Глубина t , мм	Подача S , мм
1	120	2.5	1.98
2	120	3	1.5
3	120	3.5	1.25
4	120	4	1.05
5	120	4.5	0.9
6	120	5	0.8

Выводы

Как видно из приведенных данных, учитывая толщину пластины $S=3.17$ мм, подача, ограниченная механизмом закрепления режущей пластины в державке соизмерима с величиной подачи, ограниченной прочностью твердосплавной пластины (при глубине резания $t=4$ мм и толщине пластины 4 мм подача, ограниченная прочностью твердосплавной пластины $S=1.3$ мм/об). Таким образом, механизм закрепления следует считать надежным.

Список литературы: 1. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 /Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова.-4-е изд., перераб. и доп. -М.: Машиностроение, 1985, 496с. 2. Проектирование металлорежущих инструментов: Под ред. Семенченко И.И. -М.: Машиностроение, 1980.

ФОРМИРОВАНИЕ ЗУБЬЕВ ЗВЕЗДОЧЕК ДЛЯ ТЯГОВЫХ КРУГЛОЗВЕННЫХ ЦЕПЕЙ

Черников А.В., Голубов Н.В. (каф. ТМ, ДонГТУ, г. Донецк, Украина)

Большое распространение в промышленности и сельском хозяйстве получили транспортные машины, в которых в качестве тягового органа используется круглозвенная цепь. Наиболее нагруженным элементом системы их привода являются звездочки, поскольку они воспринимают, как правило, высокую динамическую нагрузку, обусловленную характером взаимодействия рабочих органов машин со средой и местными сопротивлениями перемещению тяговой цепи. До настоящего времени тяговые звездочки изготавливались из отливок с последующей механической обработкой только центрального посадочного отверстия. Такая конструкция обуславливает низкую надежность звездочек в условиях динамических и ударных нагрузок вследствие частых поломок зубьев, [1].

Исследования, проведенные кафедрой «Технология машиностроения» ДонГТУ, доказывают возможность изготовления звездочек для тяговых круглозвенных цепей из поковок, [1]. В соответствии с рекомендуемым способом получения заготовки механической обработке должны подвергаться не только поверхности центрального отверстия, но и впадин между зубьями для размещения в них звеньев цепи, [2].

Наиболее сложной поверхностью звездочки являются впадины между зубьями, которые представляют собой сложную поверхность, образованную пересечением эвольвентной и цилиндрической поверхностями. Геометрические параметры впадин нормализованы, [3].

При использовании в качестве заготовки отливки, для удобства построения и упрощения изготовления литейной формы, эвольвентную поверхность аппроксимируют двумя цилиндрическими, что приводит к искажению формы поверхности впадин между зубьями.

Разработана технология, в которой для формообразования ложа впадины под звенья цепи используются концевые модульные фрезы, предназначенные для фрезерования зубьев зубчатых колес. Обработка впадин ведется на горизонтально-расточном станке с поворотным столом.

Стоит задача выбора концевой модульной фрезы под соответствующий калибр и шаг цепи (d , p). Для решения данной задачи разработан следующий алгоритм решения этой задачи:

- 1) Определяем возможные значения делительного диаметра модульной фрезы из условия, что делительный диаметр фрезы должен быть больше удвоенного радиуса впадины ложа звезды по ее делительному диаметру.
- 2) При обработке делительный диаметр фрезы должен «находиться» на делительном диаметре звезды.
- 3) Определяем число зубьев фиктивного зубчатого колеса, фрезеруемого с помощью выбранной модульной фрезы:
- 4) Уточняем параметры фрезы.
- 5) Поскольку число зубьев фиктивного зубчатого колеса всегда больше 12 (фрезы нормализованы), а фактическое число зубьев звезды принимается в соответствии с требованиями стандартов равным 5, 7 или 9, то делительный диаметр выбранной фрезы всегда будет меньше удвоенного радиуса впадины ложа звезды по ее делительному диаметру.
- 6) Определяем величину заглупления фрезы и угол поворота фрезы относительно оси зуба звездочки.

В соответствии с предложенными зависимостями была разработана программа



Рис. 2. Блок – схема программы по подбору параметров пальцевой модульной фрезы.

подбора параметров пальцевых модульных фрез для фрезерования ложа зуба. Она была реализована на ПЭВМ. Блок – схема этой программы приведена на рис.2.

Результат реализации программного определения координат формообразования профиля зуба звезды были опробованы при изготовлении звездочек экспериментального стенда в ДонГТУ.

Разработанная программа позволяет оценить реальный профиль зуба звезды в любом его сечении плоскостью, перпендикулярной оси вращения звезды. Входные параметры: радиус делительной окружности, радиус отверстия звезды, радиус ложа звезды, наружный радиус фрезы и др. (рис. 3)

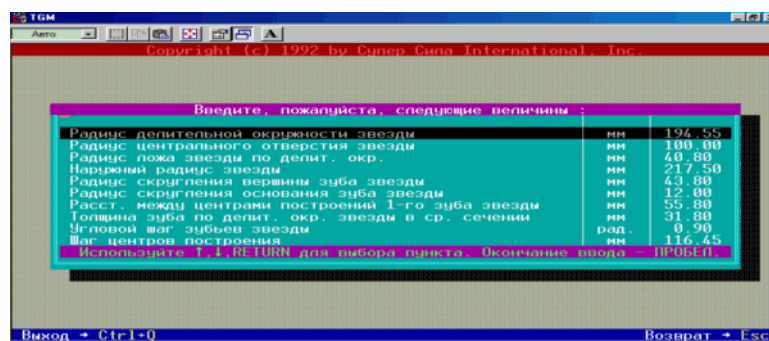


Рис. 3. Исходные данные для подбора параметров фрезы

Выходные параметры: модуль фрезы, число зубьев, величина заглубления фрезы и угол ее доворота (рис.4). Они являются исходными данными для наладки горизонтально-расточной операции.

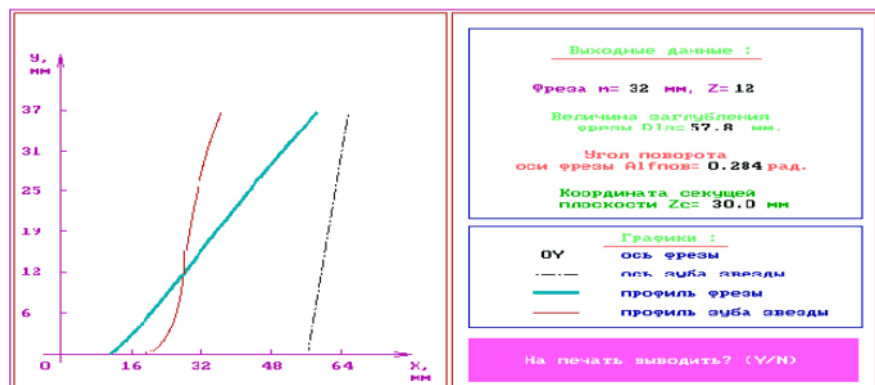


Рис. 4. Результаты работы программы.

Список литературы: 1. Выбор формы и метода изготовления звездочек для тяговых круглозвенных цепей / Болтян

А.В., Голубов Н.В., Горобец И.А., Черников А.С. // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. – Донецк: ДонГТУ, 2001. Вып. 15. – С. 26 – 30. 2. Новый способ изготовления тяговых звездочек приводов горных машин / Болтян А.В., Куликов Д.Н., Барило А.В. // Тезисы докладов научн.-техн. конференции «Проблемы зубчатых передач и редукторостроения». – Харьков: НТО машиностроителей Украины, 1993. – С.90. 3. ГОСТ 13561-89 «Звездочки для грузовых и тяговых круглозвенных цепей. Методы расчета и построения профиля зубьев. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – Введ. с 01.01.90. – 5с.