

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА УЗЛОВ КРЕПЛЕНИЯ ТОНКОСТЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ПЛАСТИЧЕСКОГО СВЕРЛЕНИЯ

Анзыряев Р. А. – магистрант, Хоменко В.В. – к.т.н., ст. преподаватель
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В современном машиностроении особый интерес вызывают тонкостенные детали с узлами крепления: корпуса, поддоны, крышки, теплообменники, элементы трубопроводов и т.д. Узлы крепления в тонкостенных деталях, в большинстве случаев изготавливают с использованием дополнительных крепежных элементов: гладкие и резьбовые втулки, гайки, болты и шпильки, повышающие надежность крепления. При этом для соединения крепежных элементов к тонкостенным деталям применяют сварку, склеивание, пайку или прессование, что на сегодняшний день относится к устаревшим технологиям, т.к. данные методы являются многооперационными, и приводят к дополнительным затратам труда, материальных и энергетических ресурсов. Одним из эффективных способов обеспечения технологичности процесса, снижения трудоемкости и затрат при изготовлении узлов крепления является пластическое сверление, представляющее собой процесс нагрева металла до состояния пластичности достигаемого за счет сил трения, возникающих при контакте вращающегося с определенной частотой инструмента с тонкостенной деталью. Материал детали нагревается и под воздействием давления инструмента пластически деформируется, принимая форму инструмента.

В настоящее время в литературе рассмотрены вопросы повышения производительности и снижения трудоемкости изготовления узлов крепления. Несмотря на это, малоисследованной областью остается влияние геометрических параметров инструмента на качество тела узла крепления, полученного методом пластического сверления. В результате анализа полученных данных из литературных источников, совершенствование геометрических параметров инструмента является перспективным направлением в обеспечении качества тела узлов крепления тонкостенных деталей, полученных методом пластического сверления.

Актуальной проблемой процесса пластического сверления тонкостенных деталей сверлом с конической рабочей частью, является формирование разрывов металла в теле узла крепления. Одной из гипотез, объясняющих формирование разрывов металла в теле узла крепления, является гипотеза, основанная на том, что на этапе окончательного формообразования узла крепления, коническая часть инструмента выходит наружу и вызывает резкое увеличение радиально направленной силы на стенку втулки. Данное обстоятельство способствует формированию разрывов в зоне выхода рабочей части пуансона-сверла. Решением данной проблемы является применение в процессе пластического сверления инструмента (пуансон-сверла) с пулевидной формой рабочей части, позволяющей избежать резкого увеличения радиальной силы в зоне выхода рабочей части инструмента. Это доказывает применение в процессе исследования метода конечно-элементного анализа. Полученные данные указывают на зоны максимальных напряжений, возникающих на выходе рабочей части инструмента.

Принятые исходные данные процесса исследования: пуансон-сверло диаметром 8 мм, угол при вершине пуансон-сверла 45° , материал инструмента твердый сплав ВК8; толщина образца 3 мм, материал – конструкционная сталь Ст3. Сила, прилагаемая к инструменту 4000 Н. Из эпюры, изображенной на рисунке 1 видно, что область максимальных напряжений материала заготовки, с наибольшим значением 105 МПа, находится ниже границы пересечения конусной части инструмента с цилиндрической. Выше этой границы напряжения составляют от 83,96 МПа до 55,98 МПа, и чем выше от нее, тем они меньше.

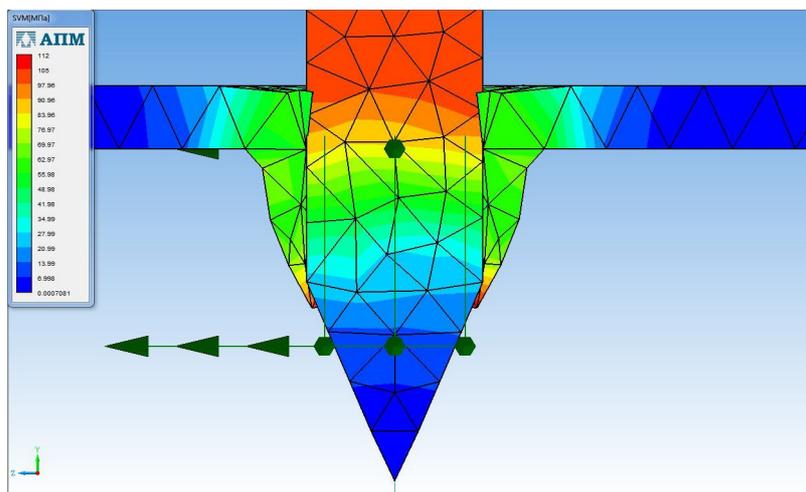


Рисунок 1 – Эпюра распределения напряжений на этапе выхода пуансон-сверла с конической рабочей частью из втулки.

На рисунке 2 изображена эпюра распределения напряжений на этапе выхода из втулки пуансон-сверла с пулевидной рабочей частью. Из данной эпюры видно, что напряженность по всему сечению нижней втулки распределена равномерно и составляет 16 - 20,5 МПа. В зоне выхода пуансон-сверла напряжения равны 16 МПа, что в 6,5 раз меньше напряжений, возникающих при сверлении инструментом с конической рабочей частью. При применении пуансон-сверла с пулевидной рабочей частью напряжения в теле нижней втулки распределяются более равномерно в сравнении с напряжениями, возникающими при использовании инструмента с конической рабочей частью. Отсутствует явно выраженная область максимальных напряжений в зоне выхода рабочей части пуансон-сверла.

Данные результаты позволяют сделать вывод о том, что на этапе окончательного формообразования узла крепления радиально направленная сила увеличивается плавно по мере продвижения инструмента из зоны формирования узла крепления. Таким образом, применение в процессе пластического сверления пуансон-сверла с пулевидной формой рабочей части позволяет снизить влияние радиально направленной силы на материал тела узла крепления, а также исключить формирование разрывов в материале.

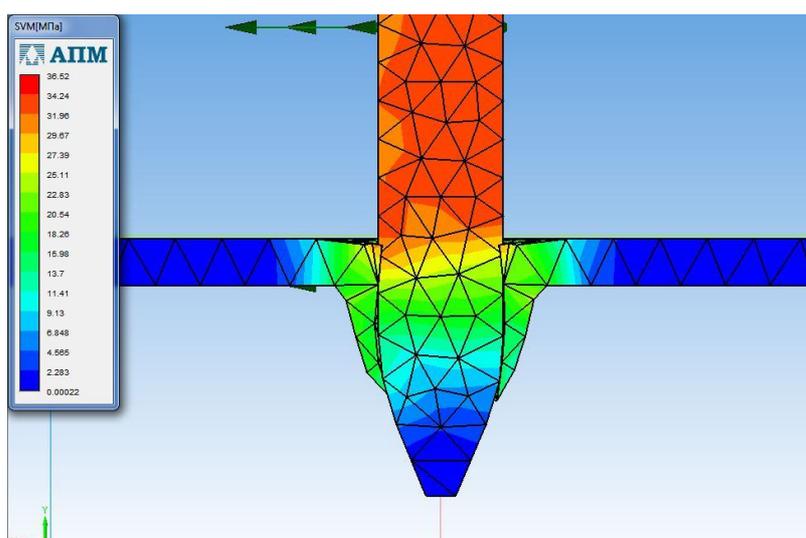


Рисунок 2 - Эпюра распределения напряжений на этапе выхода пуансон-сверла с пулевидной рабочей частью из втулки.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОПОГРАФИИ ПОВЕРХНОСТИ ОБРАБОТАННОЙ ПРЕРЫВИСТЫМИ ШЛИФОВАЛЬНЫМИ КРУГАМИ

Сараев Е.С.– магистрант гр.8МТАП-92, Татаркин Е.Ю. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Перспективным направлением в абразивной обработке следует считать прерывистое шлифование. При таком виде обработки происходит периодическое прерывание контакта шлифовального круга с заготовкой, что приводит к уменьшению теплового насыщения поверхностных слоёв обрабатываемого материала. Это позволяет повысить качество обработки при одновременном увеличении производительности шлифования. Однако использование таких кругов приводит к скачкообразным силам резания, что негативно сказывается на качестве обработки и жёсткости системы.

Применение прерывистых шлифовальных кругов с канавками расположенными под углом от 10° до 80° к оси вращения (рисунок 1) позволяет обеспечить постоянную силу резания.

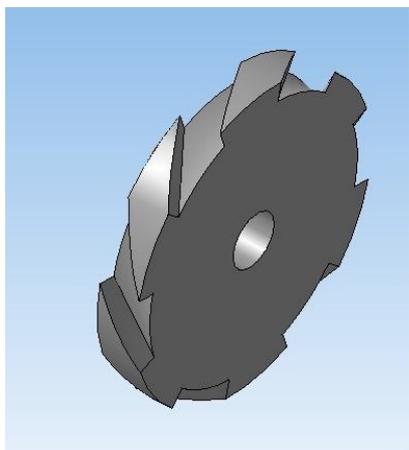


Рисунок 1- прерывистый шлифовальный круг с канавками расположенными под углом от 10° до 80° к оси вращения

В данной работе решалась задача о математическом моделировании топографии поверхности обработанной данными кругами. Модель позволяет определить волнистость обрабатываемой поверхности образуемой из-за прерывистого характера обработки.

В работе рассмотрена схема плоского шлифования прерывистыми кругами, при которой задаются геометрические параметры круга и режимы шлифования, а производными являются параметры волнистости (высота, шаг), графическое представление обработанной поверхности (топография) и профиля обработанной поверхности в продольном сечении.

Математическую модель можно представить как чёрный ящик (рисунок 2):



Рисунок 2- чёрный ящик математической модели

где: V_k – скорость вращения шлифовального круга; S – продольная подача; R_k – радиус шлифовального круга; $N_{впад}$ – количество впадин круга; $\phi_{впад}$ – угловой размер впадины; β – угол наклона канавок к оси вращения шлифовального круга. W – высота волнистости, W_{max} – максимальная высота волнистости, S_w – средний шаг волнистости.

При плоском шлифовании прерывистыми кругами, за время пока передняя кромка выступа, вращаясь вокруг оси шлифовального круга вступит в работу, деталь пройдёт

некоторое расстояние L . В результате на обработанной поверхности образуется волна высотой равной:

$$H = R \cdot (1 - \cos(L/2R)) \quad (1)$$

где L - расстояние, которое пройдёт деталь с момента окончания резания i -ого выступа и началом резания $i+1$ -ого выступа.

$$L = \varphi_i \cdot R \cdot S / V_k \quad (2)$$

где φ_i - угол поворота шлифовального круга, рад.; S - продольная подача заготовки, м/с; V_k - скорость вращения шлифовального круга, м/с; R - радиус шлифовального круга, м.

При нахождении в зоне резания текущая высота волны W принимается равной нулю. При нахождении в зоне от начала до середины впадины включительно W рассчитывается по второй формуле выражения (3), а при нахождении в зоне от середины до конца впадины W определяется по третьей формуле выражения (3):

$$\left. \begin{aligned} 1) W &= 0, \\ 2) W &= R \cdot (1 - \cos(\varphi_n \cdot S / V_k)), \\ 3) W &= R \cdot (1 - \cos((\varphi_{\text{впад}} - \varphi_n) \cdot S / V_k)), \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Используя выражения (2) и (3) можно построить профиль обработанной поверхности в продольном сечении (рисунок 3):

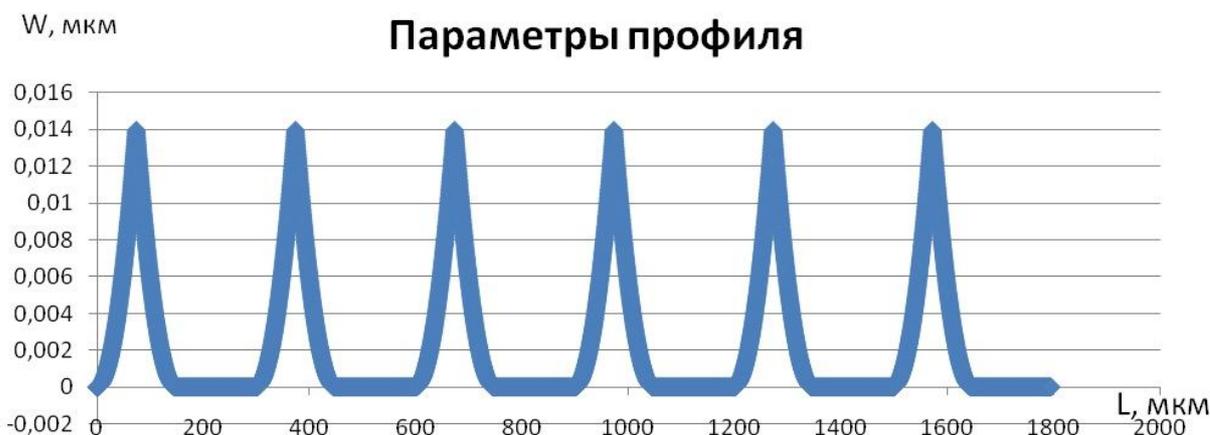


Рисунок 3- Профиль обработанной поверхности в продольном сечении (при обработке шлифовальным кругом радиуса $R = 200$ мм, с 6-ю впадинами величиной 30° , скорость круга $V_k = 35$ м/с, продольная подача $S = 0,05$ м/с,).

Для построения топографии обработанной поверхности, необходимо определить профили поверхности в следующих сечениях. Т.к. у рассматриваемых кругов канавки расположены под углом к оси вращения, то выступ в следующем продольном сечении, находящимся на расстоянии h_y , будет входить в работу через некоторое время Δt .

Для определения смещения профиля в следующем сечении рассмотрим развёртку прерывистого шлифовального круга на плоскость (рисунок 4).

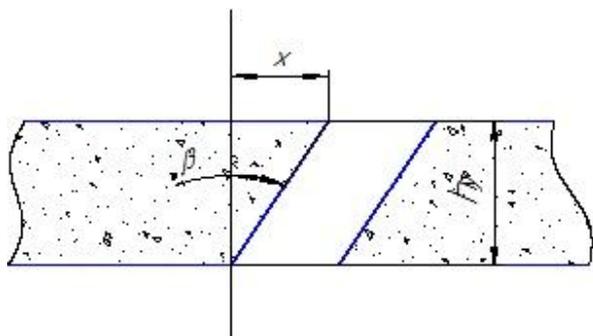


Рисунок 4- развёртка прерывистого шлифовального круга

Следовательно, угол на который должен повернуться шлифовальный круг для входа в работу кромки в следующем сечении:

$$\Delta\varphi_{п} = h_y \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot V_k / (R \cdot (V_k + S)) \quad (4)$$

Используя выражения (2), (3) и (4) можно смоделировать топографию обработанной поверхности (рисунок 5):

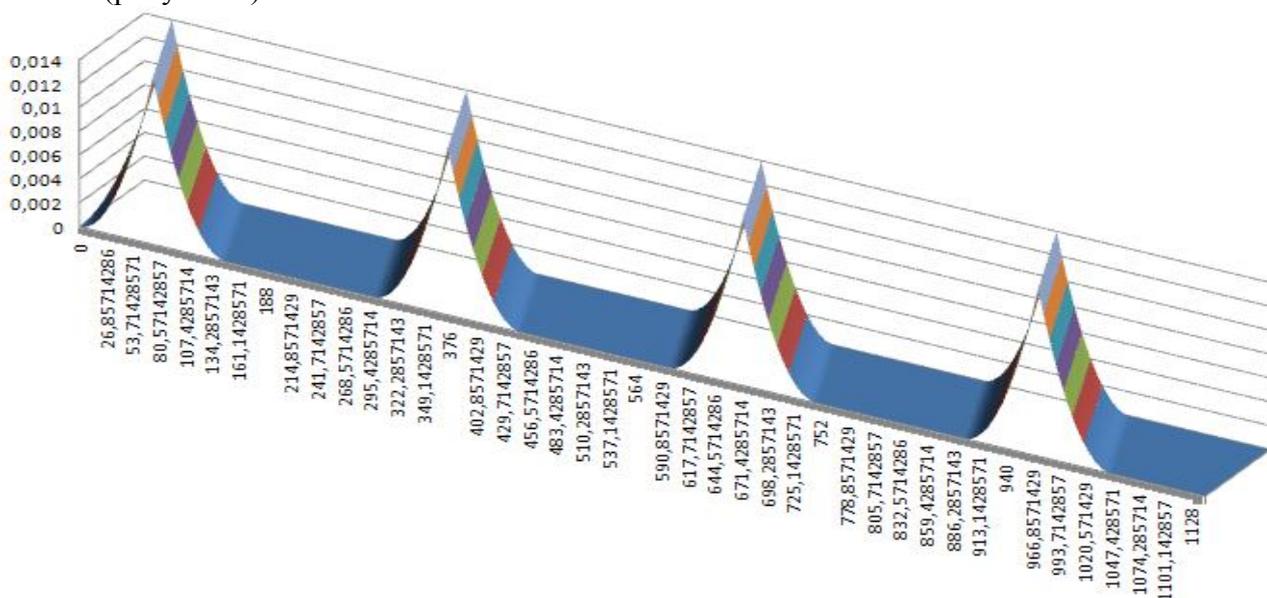


Рисунок 5 – Топография обработанной поверхности (при обработке шлифовальным кругом радиуса $R = 200$ мм, с 6-ю впадинами величиной 30° , скорость круга $V_k = 35$ м/с, продольная подача $S = 0,05$ м/с).

Таким образом, разработанная модель позволяет рассчитать параметры волнистости поверхности обработанной прерывистыми кругами, получить топографию обработанной поверхности и использовать эти расчёты для выбора конструкции прерывистого шлифовального круга.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПЛАЗМОТРОНОВ ДЛЯ НАПЫЛЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПОРОШКОВЫХ ПОКРЫТИЙ

Гейм Д.А. студент, Федоров В.А. к.т.н., доцент каф. ОТМ
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Во многих отраслях отечественной и зарубежной промышленности защитные порошковые покрытия применяются всё обширнее, а конструкции плазматронов при этом усложняются, увеличивается их вес и стоимость. Сложные конструкции плазматронов более функциональны и надежны, но менее ремонтпригодны, чем конструктивно простые. Перечисленные проблемы сдерживают применение плазменных технологий в малых производствах и полевых условиях. Поэтому задача упрощения конструкции плазматронов для напыления порошковых покрытий, повышение их портативности и снижение веса при

сохранении благоприятных условий для плазмообразования, являются актуальными научными и конструкторскими задачами.

Анализ конструкции плазмотронов проведен по базе данных федерального института промышленной собственности на глубину 20 лет. Анализ конструкции плазмотронов показал, что большинство из них отличаются конструктивной сложностью, прежде всего из-за введения систем охлаждения зоны плазмообразования и устройств компенсации выгорания катодно-анодной пары и связанного с этим увеличения межэлектродного зазора.

Так, например, известен плазмотрон по патенту RU № 2225084 для напыления покрытий, который содержит корпус, катодный узел с острым катодом, анодный узел, секционированную межэлектродную вставку, узел подвода охлаждающей среды к электродам, узел подачи плазмообразующего газа в межэлектродное пространство и узел подачи потока транспортирующего газа с порошком, предназначенным для напыления. Порошок подается через конусообразный канал, образованный между секциями межэлектродной вставки, в направлении к анодному узлу. Выходная часть конусообразного канала удалена от острейшего катода вдоль оси симметрии плазмообразующего канала на расстояние не более $3d$, но не менее $0,5d$, где d - диаметр проходного сечения ближайшей к катоду секции межэлектродной вставки. Конусообразный канал сообщается с узлом подачи транспортирующего газа с порошком через кольцевую промежуточную камеру. Узел содержит канал, обеспечивающий тангенциальную подачу потока транспортирующего газа с порошком в кольцевую промежуточную камеру. Изобретение позволяет улучшить однородность и снизить пористость покрытий за счет создания условий для ламинарного режима течения плазменного потока в зоне ввода порошка в дуговой разряд. При этом высокая сложность конструкции представленного устройства делает его дорогостоящим в производстве и эксплуатации.

Анализ существующих конструкций показал, что их разработчики идут по пути постоянного усложнения конструкции, что негативно сказывается на стоимости готовой продукции, портативности и ремонтпригодности. Таким образом, направление совершенствования плазмотронов в направлении снижения сложности их конструкции и повышения портативности будут развиваться в ближайшей перспективе.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДОВ КОНЦЕВОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ ТОНКОСТЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ

Казакеев С.В. - магистрант, Гончаров В.Д. - профессор
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Основными причинами технологических трудностей при обработке тонкостенных корпусных деталей коробчатого типа являются сравнительно высокие упругие свойства материалов, которые вызывают упругие деформации на всех стадиях обработки, сборки и эксплуатации деталей; различная податливость технологической системы; склонность к короблению вследствие возникновения температурных напряжений; склонность к короблению вследствие пластических деформаций стенки; способность деталей вызывать вибрации технологической системы.

Рассмотрение оптимизации процесса обработки начинается с выделения его управляемых и выходных параметров. В зависимости от возможностей, предоставленных в конкретном случае перечень этих параметров может меняться. Также можно выделить ряд промежуточных параметров процесса фрезерования. Основной особенностью оптимизации операций обработки концевыми фрезами тонкостенных корпусных деталей является то, что здесь главным ограничением выступают деформации и тепловые повреждения тонкостенных элементов заготовки. Тогда как при аналогичной обработке деталей с высокой жесткостью ограничением будет являться динамическая деформация самого инструмента, нагрузки на станок и приспособления. При фрезеровании непосредственно тонкостенного элемента его

податливость в большинстве случаев намного выше, чем податливость самого инструмента. В случаях обработки фрезами малого диаметра может быть проанализирована жёсткость всей системы. Основными управляемыми параметрами процесса фрезерования являются подача на один зуб s_z , параметры инструмента в пределах доступного выбора, распределение припуска, определяющие ширину B и глубину t фрезерования. Оптимальная скорость резания v может быть зависимой переменной от подачи на зуб и вычисляться по эмпирическим степенным зависимостям. Выбор параметров режимов резания может также осуществляться с использованием нормативных табличных данных или по рекомендациям производителя инструмента. В настоящее время экспериментальные данные, прилагаемые как в виде математических зависимостей, так и в виде таблиц имеют во многом приближённый характер, в связи с чем, оптимальная скорость резания определяется путём пробных проходов, а справочные данные берутся как исходные. За управляемый параметр также можно взять стойкость инструмента в определённом диапазоне.

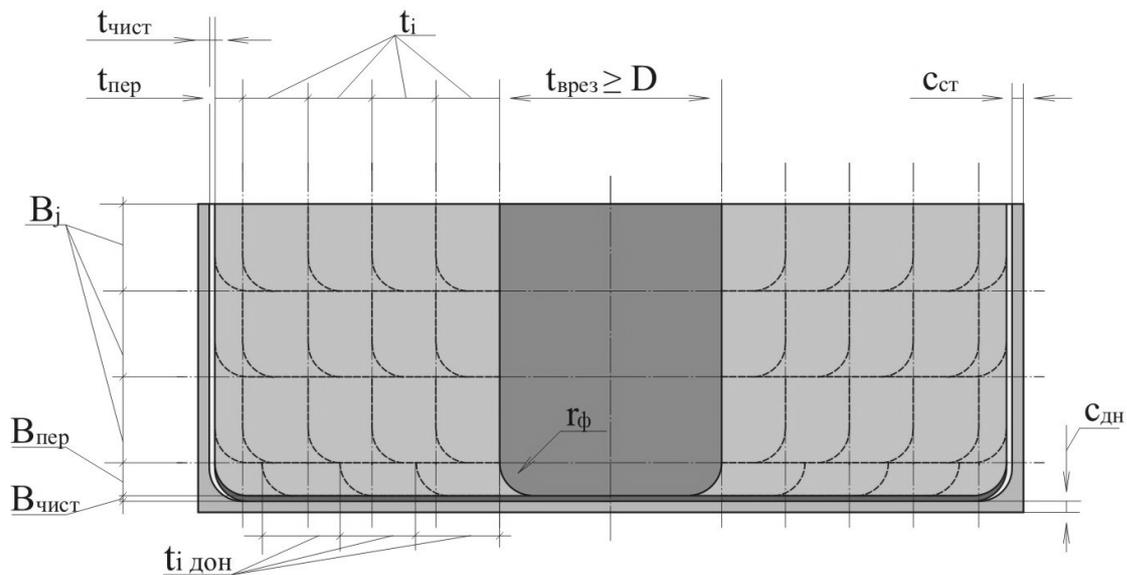


Рисунок 1 - Распределение припуска при обработке закрытого колодца.

Оптимальное распределение припуска является также важной задачей, особенно при выборке материала с формированием полости колодца. Сначала рассчитывается величина припуска на чистовой проход. Характеристики обрабатываемых центров с числовым программным управлением, как правило, позволяют выполнять чистовую обработку за один проход. Рассчитываемое значение может быть как глубиной фрезерования t , так и шириной фрезерования B , для обработки вертикальной стенки и дна соответственно. Выборку колодца можно считать черновым переходом, однако в отдельных случаях возможно обеспечение заданного качества и точности поверхности дна без чистового фрезерования, что требует некоторого занижения толщины слоя снимаемого материала и увеличения скорости резания. Организация распределения припуска между элементарными проходами при выборке колодца предполагает три основных входных параметра: глубину фрезерования t , ширину фрезерования B и стратегию фрезерования, определяющую траекторию относительного движения инструмента. Для выборки закрытых колодцев наиболее рациональной стратегией фрезерования является эквидистанта с началом движения от центра. На рисунке 1 показано распределение припуска в общем случае обработки закрытого колодца по эквидистанте. Наличие двух управляемых параметров, произведение которых является площадью сечения удаляемого слоя – ширины и глубины фрезерования – делает решение задачи во многих случаях многовариантным. Имеющийся ряд ограничений может

включать в себя максимально допустимое значение произведения глубины и ширины фрезерования $[t \times B]_{\max}$ [1];

Производительность обработки падает с увеличением числа удаляемых слоёв по вертикали j (рисунок 1). Предварительные расчёты показали, что с каждым увеличением j на единицу объём металла, снимаемый за единицу времени снижается приблизительно в 1,2 раза. При этом в расчётах использовались стандартные эмпирические зависимости для расчета скорости резания и скорости подачи [2]; для определения подачи на зуб были аппроксимированы данные из нормативов режимов резания; при изменении j производился пересчёт глубины резания по ограничению $[t \times B]_{\max}$. Расчёты проводились средствами приложения MathCAD. В тоже время, с уменьшением ширины фрезерования падают силовая и тепловая нагрузки на инструмент и заготовку. На рисунке 1 показано снижение величины припуска при подходе непосредственно стенке и дну заготовки. Введение параметров t_{nep} и B_{nep} при построении траектории позволяет снизить нагрузки на формируемую стенку за счёт уменьшения снимаемого слоя. Определение оптимальных значений t_{nep} и B_{nep} позволит избежать неоправданного занижения производительности.

В нашем случае для моделирования был использован пакет программ SolidWorks/COSMOSWorks. В COSMOSWorks дискретизация области тела твёрдотельной модели производится конечными элементами в виде тетраэдральных областей, рёбра которых представляют собой параболические кривые или в частном случае прямые.

Для определения оптимального припуска на последний проход с формированием стенки t_{nep} или оптимального чистового припуска $t_{чист}$ (рисунок 1) нужно определить максимальное отклонение точек стенки от её начального положения в результате воздействия сил резания и теплового растяжения поверхностного слоя. Перемещения точек желательно измерять в направлении контролируемого размера детали. В случае попутного фрезерования можно допустить, что величина максимального перемещения точек стенки равна величине её утолщения. Также важно определить величину внутренних напряжений в теле детали и определить их критическое значение.

Предварительные расчёты производились с целью выявить зависимость

$$\Delta_{\max} = f(t), \quad (1)$$

где Δ_{\max} - максимальное отклонение точек заготовки, t - величина глубины резания.

При этом тепловое состояние заготовки не учитывалось. Для получения зависимости (1) в приложении SolidWorks была предварительно построена твёрдотельная модель заготовки, имеющая типовые геометрические параметры. Расчёты производились для диапазона значений припуска t , изменяемого с определённым шагом, при этом для каждого значения модель перестраивалась, заново строилась сетка конечных элементов, и рассчитывались силы резания. Из графика на рисунке 2 видно, что в определённый момент деформация заготовки уменьшается с ростом её жесткости за счёт тела неснятого припуска.

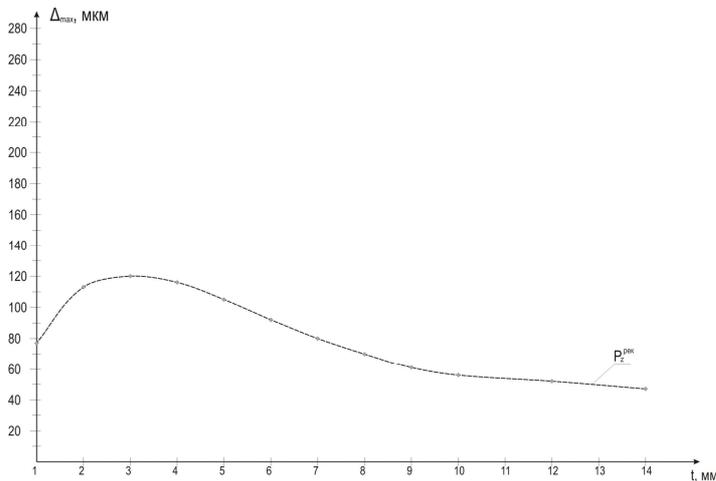


Рисунок 2 – График зависимости суммарного максимального перемещения точек стенки от глубины резания при соответствующих ей силовых нагрузках.

Список использованных источников

Даниленко Б.Д. Выбор режима обработки концевыми фрезами. СТИН № 2, 2005.

Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. С74 Т. 2/Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. 4-е издание. – М.: Машиностроение, 1986.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗНОСА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ОБРАБОТКЕ ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ СТАЛЕЙ

Бабушкина Г.В. - магистрант, Некрасов В.Н. - к.т.н., ст. преподаватель, Дудкевич А.Г. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В современном мире все большее применение находят стали с повышенными эксплуатационными свойствами. Это напрямую связано с увеличением требований к характеристикам конечных изделий, будь то авиационный двигатель или протез сустава, находящийся в теле человека. Несомненно, что требования к материалам различны. Где-то лимитирующим фактором будет теплостойкость, где-то коррозионная стойкость, а где-то это инертность по отношению к мышечным тканям человеческого тела. Однако и тот, и это материал нужно обработать, прежде чем запустить его на следующий этап жизненного цикла. В большинстве случаев по ряду причин (как технологических, так и экономических) в качестве метода обработки выбирается обработка резанием. Процесс резания труднообрабатываемых сталей всегда сопровождается повышенным износом режущего инструмента.

Чем выше механические свойства обрабатываемого материала и содержание в нем углерода, хрома, вольфрама, титана, молибдена, тем интенсивней износ инструмента.

Величина износа непрерывно увеличивается по мере работы режущего инструмента.

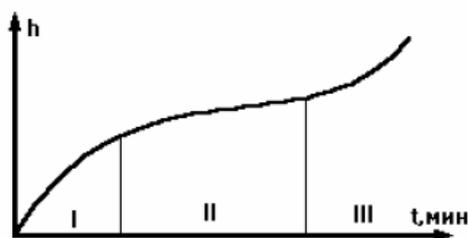


Рисунок 1 - Зависимость величины износа инструмента от времени.

На рисунке 1 показана зависимость величины износа от времени. Участок I — период приработки, далее следует период нормального износа (участок II) и затем интенсивность износа резко возрастает и наступает период катастрофического износа (участок III).

Характер износа режущего инструмента, то есть распределение его по рабочим поверхностям инструмента, зависит от многих конкретных условий, в которых производится резание. Износ режущего инструмента выражается в появлении лунки на передней поверхности, площадок износа на главной и вспомогательной задних поверхностях и в уменьшении вылета вершины резца или режущего лезвия иного инструмента.

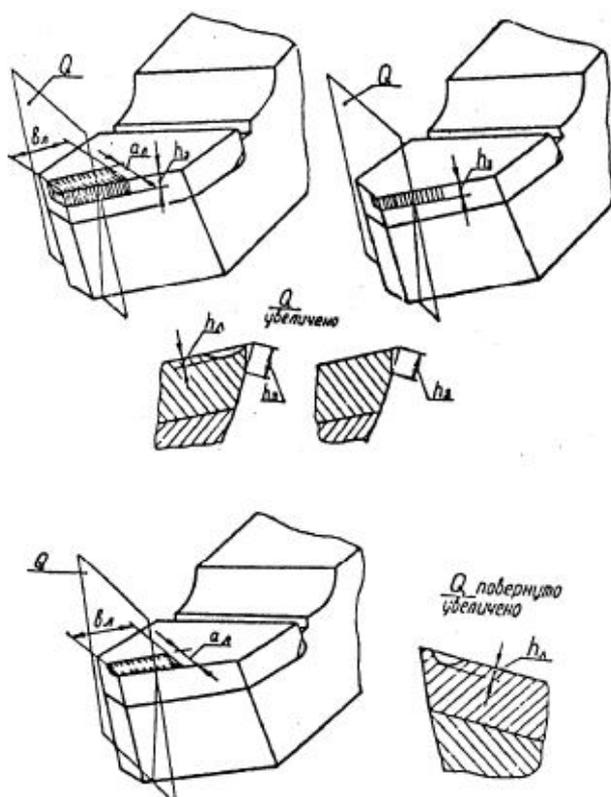


Рисунок 2 - Виды износа режущего клина.

Виды износа режущего клина представлены на рисунке 2. Износ по задней поверхности в виде площадки износа, которая характеризуется высотой износа h_3 (рисунок 2 верхний правый). Износ по передней поверхности представлен на рисунке 2 внизу, в виде лунки имеющей параметры: b_1 — длина лунки, a_1 — ширина лунки, h_1 — глубина лунки. И на левом верхнем рисунке 2 представлен смешанный вид износа.

Износ бывает следующих видов:

- 1) Механическое изнашивание режущего инструмента;
- 2) Абразивное действие обработанного материала и стружки на инструментальный материал (абразивный износ);
- 3) Адгезионное воздействие материалов инструментальной и обрабатываемой деталей (адгезионный износ);
- 4) Окислительный износ. Химическое взаимодействие инструментального материала с активными компонентами внешней среды;
- 5) Диффузионное растворение составляющих структуры инструментального материала в обрабатываемый материал (диффузионный износ);

Основными факторами влияющие на износ режущего инструмента являются режимы резания (скорость, подача, глубина резания), геометрия и материал режущего инструмента, обрабатываемый материал, вибрация станков. Известно, что наибольшее влияние на износ оказывают режимы резания, и из них скорость резания стоит на первом месте, меньшее - подача и глубина резания.

При обработке деталей изношенным инструментом возникает брак, который проявляется в виде ухудшения качества обработанной поверхности, выходом размера за поле допуска, сильным нагревом обрабатываемой детали вследствие высокого трения, который может привести к структурным изменениям поверхностного слоя изделия.

Предупреждение брака изготовления деталей из труднообрабатываемого материала на стадии проектирования технологических операций, возможно путем прогнозирования состояния режущего инструмента.

Для прогнозирования износа инструмента наиболее удобным способом является модель черного ящика. В упрощенном виде модель процесса можно представить следующим образом (рисунок 3).

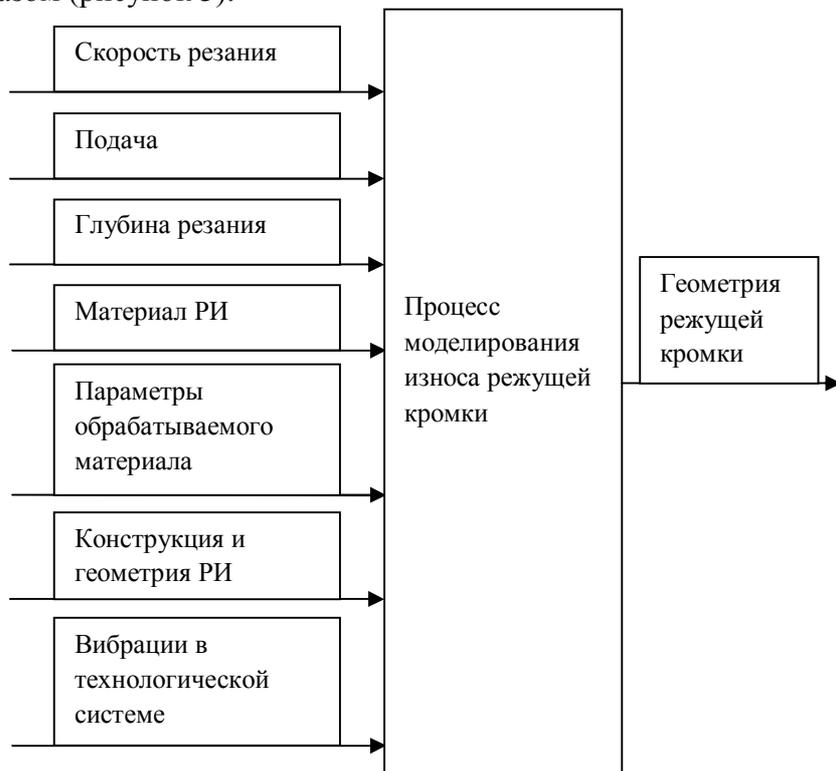


Рисунок 3 – Модель чёрного ящика процесса износа режущего инструмента. Модель, описывающая состояние режущего инструмента в процессе работы, позволит прогнозировать момент появления брака, сократит время проектирования операций за счет автоматизированного выбора параметров режима резания.

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ИМПРЕГНИРОВАНИЯ

Глечиков А.С. – магистрант, Татаркин Е.Ю. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Следует различать пропитку абразивного инструмента как средство регулирования его прочностных свойств и твердости и пропитку как способ применения СОТС. В первом случае производят пропитку специальными органическими полимеризующимися смолами, например фенолформальдегидной смолой (бакелитовым лаком), керамических кругов, металлизацию алмазного инструмента. Во втором случае пропитку выполняют для изменения процессов контактного взаимодействия инструмента с обрабатываемой заготовкой.

Импрегнирование инструмента производят для формирования на поверхностях абразивных зерен и связки смазочного покрытия и для создания в порах инструмента микрообъемов смазки. Смазка в порах инструмента находится в твердом или пластичном состоянии и перемещается в зону обработки под действием центробежных сил после размягчения теплотой, выделяющейся при резании.

В качестве пропитывающих составов (импрегнаторов) используют различные вещества: суспензии, химически активные масла, расплавы металлов. Из суспензий чаще всего используют дисперсии графита, дисульфида молибдена, нитрита бора в углеводородных жидкостях. Поскольку импрегнатор является по существу смазочным средством, принципы его разработки такие же, как и для масляных СОЖ. Поэтому, как и СОЖ, импрегнаторы легируют химически активными соединениями серы, хлора, фосфора.

Эффективность импрегнирования определяется конкретными условиями обработки. Эффект от импрегнированного круга больше при сухом шлифовании, чем при работе с СОЖ. Применение импрегнированных кругов при шлифовании деталей из закаленных сталей эффективнее, чем при обработке деталей из незакаленных сталей. В среднем импрегнирование позволяет существенно повысить стойкость шлифовальных кругов, снизить их засаливаемость, уменьшить шероховатость обрабатываемой поверхности. В ряде случаев при использовании импрегнированных кругов устраняются скрытые тепловые дефекты шлифованной поверхности (прижоги, микротрещины).

Импрегнировать абразивно-алмазный инструмент можно четырьмя способами: 1) за счет свободного капиллярного поднятия; 2) вакуумированием; 3) ультразвуковым способом; 4) за счет создания высоких гидростатических давлений. Каждый из перечисленных способов можно интенсифицировать путем нагрева импрегнатора или инструмента. Выбор способа импрегнирования зависит от состава импрегнатора, характеристики инструмента и требуемой производительности процесса.

Импрегнирование за счет свободного капиллярного поднятия — самый простой и распространенный способ. Процесс импрегнирования абразивных кругов расчленяют на следующие стадии: подогрев, пропитку путем погружения в импрегнатор, охлаждение (в вытяжном шкафу или вращением на вариаторе) и контрольные испытания.

Скорость свободного капиллярного импрегнирования возрастает с увеличением зернистости инструмента и практически не зависит от величины кажущейся пористости. При одинаковой длительности импрегнирования его полнота растет с увеличением номера структуры круга.

Пропитку кругов дисперсиями графита целесообразно производить способом свободного капиллярного поднятия. Для этого круг постепенно погружают в суспензию коллоидно-графитового препарата до появления импрегнатора на верхнем торце. Затем круг выдерживают в суспензии в течение 40 мин, при этом ее перемешивают. После этого круг вынимают и просушивают в перевернутом виде при температуре 90—100° С.

Также используют другую технологию пропитки шлифовальных кругов дисперсиями графита. В качестве импрегнатора применяют суспензию графита (7%) в изопропиловом спирте, куда добавлено 15% жидкой фенолформальдегидной смолы. Шлифовальный круг в холодном состоянии погружают в импрегнатор на несколько минут до прекращения выделения пузырьков воздуха. Затем круг извлекают, излишку импрегнатора дают стечь, после чего производят сушку кругов с целью полимеризации и прочного фиксирования импрегнатора в порах круга. Сушку производят в два этапа: в течение 2 ч при 105°С и в течение 2 ч при 75°С. При такой обработке снижается температура шлифования, круги обладают высокой стойкостью и СОЖ не смывает импрегнирующий состав с поверхности круга.

К недостаткам способа свободного капиллярного поднятия относятся невысокая производительность и ограничения в выборе импрегнатора (применяют только те жидкости, которые хорошо смачивают поверхность инструмента).

Импрегнирование в вакууме позволяет использовать в качестве импрегнаторов плохо смачивающие абразив среды, а также высоковязкие расплавы и смазки. В частности, в вакууме производят пропитку абразивных инструментов серой, одним из наиболее распространенных импрегнаторов.

Для пропитки в вакууме применяют установку, изображенную на рисунке 1. В расплав серы температурой 140—155°, находящийся в вакуум-баке, полностью погружают абразивный инструмент, предварительно нагретый до 160° С. Затем систему герметизируют, в баке с расплавом и инструментом создают вакуум. После непродолжительного вакуумирования рекомендуется создать в баке небольшое избыточное давление. На этом пропитку заканчивают, инструмент извлекают и охлаждают в перевернутом виде.

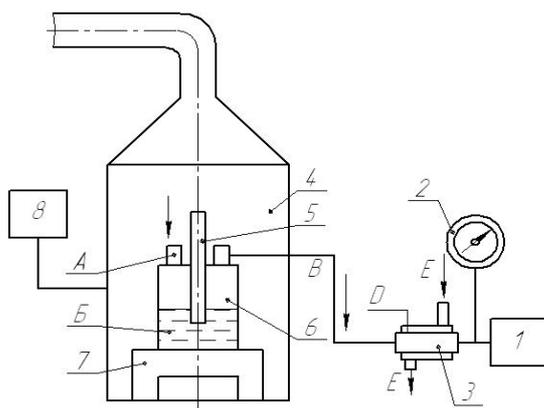


Схема установки для пропитки абразивного инструмента в вакууме

*1-вакуум-насос; 2-вакуумметр; 3-холодильник;
4-вытяжной шкаф; 5-термометр; 6-вакуум-бак;
7-песочная баня; 8-сушило; А-атмосферное давление;
Б-расплав импрегнатора; В-насос; D-пары импрегнатора;
E-вода*

Рисунок 1. Схема установки для пропитки абразивного инструмента в вакууме

Перед выгрузкой инструмента из расплава следует понизить температуру расплава настолько, чтобы она была чуть выше температуры его затвердевания. Кроме того, выгрузку круга нужно производить медленно и осторожно.

Рекомендуется после извлечения круга из расплава вращать его для ускорения затвердевания и равномерного удаления излишков импрегнатора. При этом частоту вращения выбирают так, чтобы линейная скорость круга на периферии была ~5 м/с. Для интенсификации процесса пропитки используют ультразвук. Пропитка с помощью ультразвука в несколько раз производительнее пропитки за счет свободного капиллярного поднятия.

Принципиальная схема установки для пропитки посредством ультразвука представлена на рисунке 2. Импрегнатор 1 находится в емкости 2, дном которой служит мембрана 6, соединенная с магнитостриктером 5. В боковые стенки емкости 2 вмонтированы электронагреватели 4 для изменения температуры импрегнатора. Абразивный инструмент 3 полностью погружен в пропитывающий раствор.

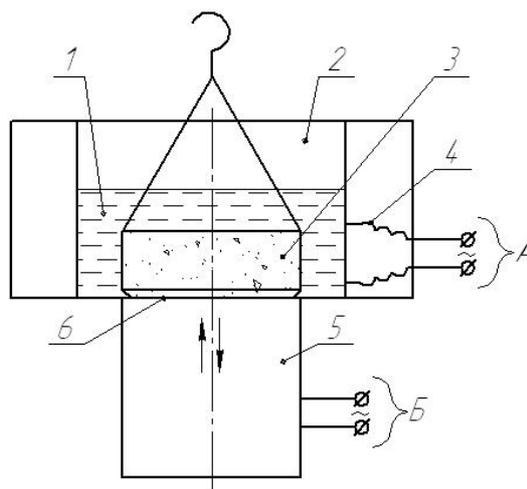


Схема установки для пропитки абразивного инструмента ультразвуковым способом

*1-импрегнатор; 2-емкость; 3-абразивный инструмент;
4-электронагреватели; 5-магнитостиктор; 6-мембрана;
А-сеть 220 В; Б-ультразвуковой генератор*

Рисунок 2. Схема установки для пропитки абразивного инструмента ультразвуковым способом

Пропитку с помощью ультразвука целесообразно применять для: обработки мелкозернистых абразивных инструментов, хонинговальных брусков, а также для пропитки твердых сплавов и минералокерамики.

Импрегнирование под высоким гидростатическим давлением — сравнительно новый и высокопроизводительный способ пропитки пористых тел несмачивающими и плохо-смачивающими жидкостями. Для самых мелкопористых структур время пропитки высоковязкими несмачивающими жидкостями не превышает 3—5 с. При этом способе часто отпадает необходимость в нагреве импрегнатора, что расширяет возможности применения новых продуктов для импрегнирования. Широкому развитию способа препятствуют необходимость специального оборудования, которое позволяло бы в контейнере, где производится пропитка, развивать давление 10—12 тыс. кгс/см².

На сайте [3] был выполнен патентный поиск. В информационно-поисковой системе ключевыми словами для поиска были: методы импрегнирования, способы пропитки, устройство для пропитки.

По ключевым словам было найдено несколько патентов. Наиболее типичными по конструктивным признакам можно выделить следующие:

- 2224649 – Устройство ультразвуковой пропитки;
- 2022388 – Устройство вакуумной пропитки;
- 2014994 – Устройство для пропитки под давлением;
- 84287 (полезная модель)– Устройство для пропитки шлифовального круга.

Список использованных источников

Худобин, Л.В., Бердичевский, Е.Г. Техника применения смазочно-охлаждающих средств в металлообработке. М., «Машиностроение», 1977. – 192 с.

Худобин, Л.В. Смазочно-охлаждающие средства, применяемые при шлифовании. М., «Машиностроение», 1971. – 214 с.

Материалы сайта http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru/inform_resources/

ТЕПЛОВЫЕ ДЕФОРМАЦИИ ЗАГОТОВКИ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ

Бочаров Ю.В. – магистрант, Балашов А.В. – к.т.н, доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В процессе фрезерования происходит выделение теплоты вызванной работой режущих зубьев, которое в свою очередь переходит в температуру. Температурное воздействие вызывает деформации заготовки в направлении инструмента. Тепловые деформации нежестких деталей вызывают трудности с обеспечением показателей точности обработки.

Многочисленные исследования показали, что основное количество тепла аккумулируется в стружке. В обрабатываемую заготовку переходит незначительное количество тепла. Это положение справедливо для таких методов обработки, как точение, фрезерование, строгание, растачивание, наружное протягивание. Для таких методов, как сверление, распределение тепла изменяется, — его большая часть остается в заготовке.

При фрезеровании в стружку уходит 50—86% тепла, а при высоких скоростях резания свыше 90%; 10—40% тепла переходит в инструмент; 3—9% остается в заготовке и около 1% рассеивается в окружающую среду.

Определение температурной деформации заготовки решается в предположении ее постоянного температурного поля.

Предположение можно считать достаточно точным, если обработка поверхности заготовки ведется за несколько проходов, в результате чего получается равномерное распределение тепла.

Среднюю температуру нагрева заготовки можно определить по зависимости:

$$t = \frac{Q}{C \cdot \gamma \cdot V} \quad (1)$$

где: Q — количество теплоты в Дж.

C — удельная теплоемкость материала заготовки в дж/кг-град ;

γ — плотность материала заготовки в кг/м^3 ;

V — объем заготовки в м^3 .

Чтобы рассчитать количество теплоты (Q) необходимо определить работу затрачиваемую на фрезерование.

Работа определяется по следующей зависимости:

$$A = M_{рез} \cdot n + F_{рез} \cdot S_{мин} \quad (2)$$

где: $M_{рез}$ — момент от окружной силы фрезерования, Н·м;

n — частота вращения шпинделя, мин^{-1} ;

$F_{рез}$ — проекция силы резания вдоль подачи, Н

$S_{мин}$ — минутная подача, мм/мин.

Рассчитываем количество теплоты, как:

$$Q = \eta \cdot A \quad (3)$$

где: η — КПД резания.

Температурную деформацию можно определить по формуле:

$$\Delta L = \alpha \cdot L \cdot t \quad (4)$$

где: α — коэффициент линейного расширения материала заготовки.

Величина температурной деформации может быть использована для расчета точности фрезерования и моделях оптимизации режимов резания.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАСТОЧНЫХ ОПРАВОК НА И-ИЛИ ГРАФЕ

Верховская А.А., Светлова Т.Г. – студенты, Балашов А.В. – к.т.н., доцент, Дятчин Н.И. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Проектирование расточных оправок является сложной, многовариантной задачей, связанной с хранением и переработкой большого количества информации. Для более эффективной организации проектирования удобно воспользоваться методом синтеза решений на И-ИЛИ-графе.

Суть метода состоит в том, что информацию о прототипах и известных технических решениях (ТР) представляют и записывают в виде связного графа. На основе И-ИЛИ – графа ТР и общего списка требований разрабатывается модель оценки синтезированных ТР, которая позволяет сравнивать различные варианты ТР, выбирать ТР, удовлетворяющие заданному списку требований, а также получать наилучшие ТР.

Граф $G(X,U)$ включает в себя два типа множеств: множество вершин X и множество ребер U . Вершины графа описывают элементы и признаки ТР, выявленные в результате предварительных исследований. Ребра показывают иерархическую соподчиненность между элементами и признаками, а также принадлежность признаков элементам. Множество вершин X состоит из пары подмножеств X_1 и X_2 . Вершины подмножества X_1 называются И-вершинами; они представляют собой элементы технических объектов, общие для всех ТР. Подмножество X_2 составляют ИЛИ-вершины, которые объединяют альтернативные элементы и признаки, учитывающие особенности каждого из ТР. Особенности построения И-ИЛИ – графа подробно рассмотрены в [1, 2].

И-ИЛИ-граф в первую очередь представляет интерес как средство компактного представления и хранения информации о многих известных ТР, полученных по результатам патентного поиска и из литературных источников. Однако, И – ИЛИ - графы, построенные на основе только известных ТР, часто содержат мало новых патентоспособных решений. Поэтому необходимо обеспечить расширение множества возможных технических решений. Такое расширение может осуществляться с помощью метода и фонда эвристических приемов и фонда физических принципов действия [1, 2].

Анализ литературы и патентов на изобретения дал достаточную информации для построения И-ИЛИ-графа, посвященный конструкциям люнетов (см. рисунок 1).

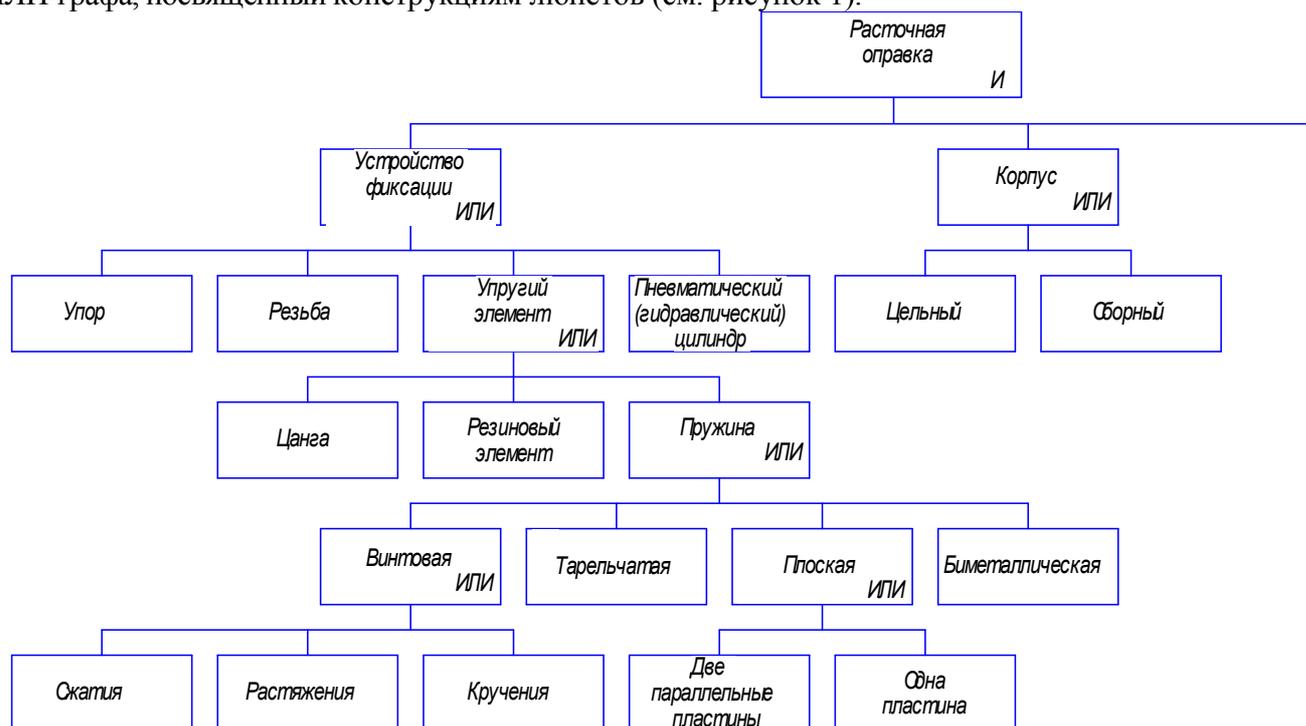


Рисунок 1. – Фрагмент И-ИЛИ графа расточных оправок

В конструкции расточных оправок можно выделить пять основных функциональных элемента: корпус, резцедержатель, устройство фиксации резцедержателя, привод резцедержателя, резец.

В разработанном И-ИЛИ-графе содержится 5236 конструкций расточных оправок, отличающихся друг от друга, по крайней мере, хотя бы одним элементом или признаком. Структура И-ИЛИ – графа не является закрытой. Она предполагает свое дальнейшее дополнение по мере накопления новой информации по интересующей тематике.

При формировании модели оценки технических решений, содержащихся в И-ИЛИ-графе, достаточно провести оценку элементов и признаков, соответствующих только вершинам не имеющим вершин потомков (висячим вершинам). Фрагмент матрицы соответствий основных элементов, использующихся при создании расточных оправок, приведен в таблице 1, где висячие вершины И–ИЛИ-графа оценивались по пятибалльной системе оценок, приведенной в таблице 2.

Таблица 1 - Матрица соответствия (фрагмент)

Элемент	Требование			
	Точность поднастройки	Возможность применения на станке с ЧПУ	Стоимость	Обеспечение точности обработки
Корпус - цельный	5	5	5	5
Корпус - сборный	5	5	4	5
Устройство фиксации - цапга	5	0	3	5
Устройство фиксации – пружина кручения	5	5	5	4

Таблица 2 - Система оценок вершин И-ИЛИ дерева

Оценка	Степень соответствия
5	Вершина отлично соответствует данному требованию
4	Вершина хорошо соответствует данному требованию
3	Вершина удовлетворительно соответствует данному требованию
2	Вершина плохо соответствует данному требованию
1	Вершина не соответствует требованию, но может быть включена в решение
0	Вершина не оценивается по данному требованию, но допускается в составе решений

После составления И-ИЛИ-графа следует синтез структуры технических решений на ЭВМ, удовлетворяющих требованиям технического задания. Синтез выполнен при следующих иребованиях: точность поднастройки – 5; возможность применения на станке с ЧПУ – 5; стоимость оправки – 3; точность обработки - 5.

Результатом работы служат синтезированные структуры технических решений, которые выводятся на дисплей ЭВМ или принтер в виде иерархической последовательности совокупности описаний их основных элементов. На основе выданных решений разрабатываются принципиальные схемы из осуществления.

В результате были получены ряд решений одно из которых представлено ниже (см. рисунок 2).

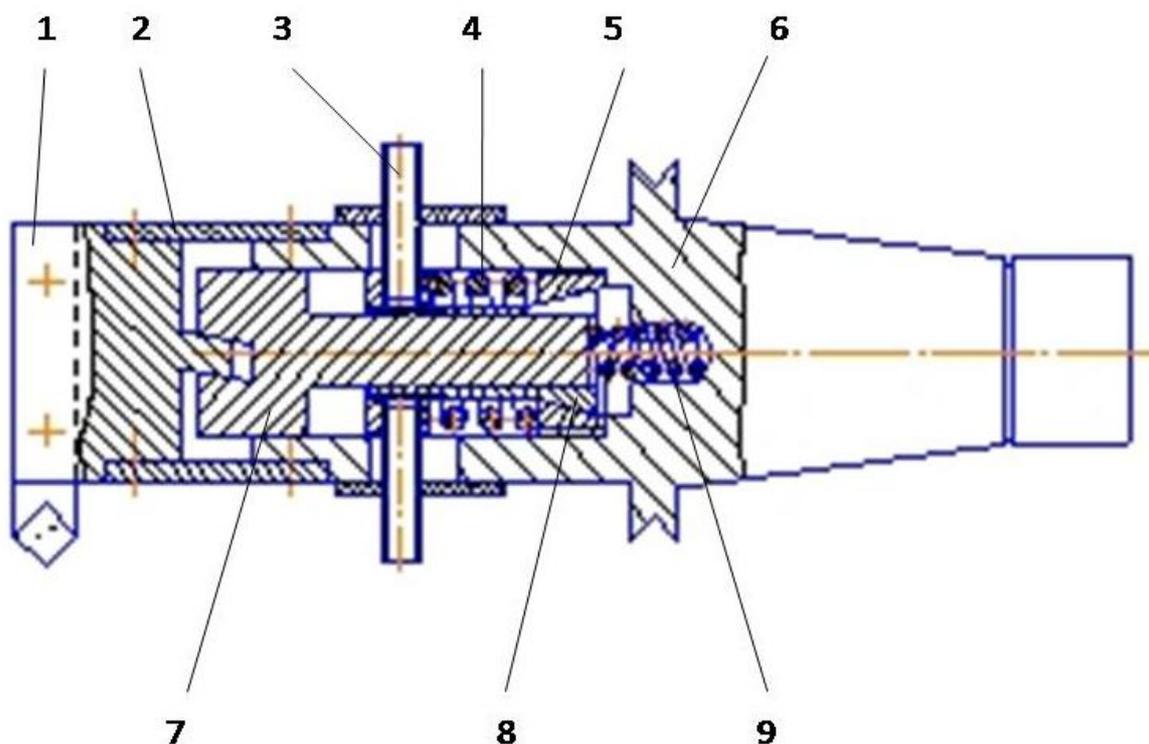


Рисунок 2. – Конструкция расточной оправки полученной при синтезе решений на И-ИЛИ графе

Расточная оправка состоит из цельного корпуса 6, в отверстии которого расположены пружина 9, взаимодействующая с плунжером 7. Осевое перемещение плунжера 7 вызывает радиальное перемещение резцедержателя 1. Радиальное перемещение резцедержателя 1 обеспечивают две плоские пружины 2. Так же в отверстии корпуса 6 установлена коническая втулка 5, пружина 4, рычаги 3 и цанга 5, которая фиксирует плунжер 7 и резцедержатель 1.

Схема использования оправки показана на рисунке 3.

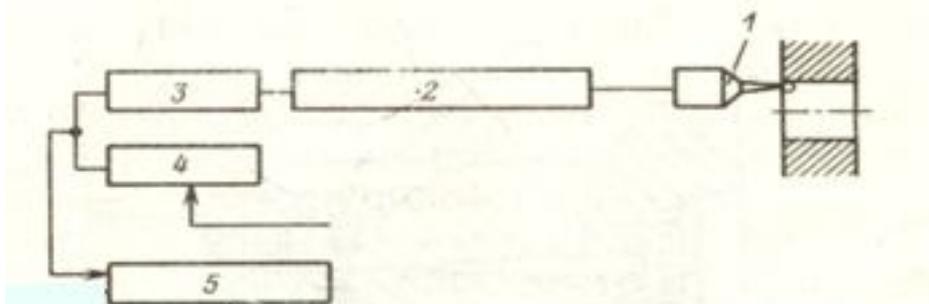


Рисунок 3 - Схема измерения и коррекции размерного износа резца расточной оправки

С помощью щупа 1 измеряют диаметр отверстия детали. Полученная информация поступает в блок управления 2 и далее в блок 3, в котором определяется действительный диаметр. Из блока 4 поступает информация о требуемом диаметре. В блоке 5 вырабатывается сигнал управления. В соответствии с сигналом управления шпиндель станка перемещает расточную оправку в позицию поднастройки до совпадения осей расточной оправки и отверстия в эталонной детали. Далее при осевом перемещении шпинделя станка торец эталонной детали воздействует на рычаги расточной оправки 3 (рисунок 2), которые перемещают цангу 8 и освобождает плунжер 7. Под давлением пружины 9 плунжер 7 перемещается вдоль оси оправки и воздействует клином на резцедержатель 1. Клиновые

поверхности плунжера 7 и резцедержателя 1 вызывают радиальное выдвигания резца до соприкосновения последнего с отверстием эталонной детали.

Фиксация достигнутого положения резца осуществляется при обратном перемещении шпинделя. При этом пружина 4 воздействует на цангу, которая закрепляет плунжер 7 и резцедержатель 1.

Таким образом осуществляется компенсация размерного износа резца.

Выводы: Разработанный подход к систематизации расточных оправок, основанный на принципах поискового конструирования, позволяет не только выбрать требуемую оправку из уже существующих, но и предложить новые конструкции, являющиеся результатом комбинаторного синтеза структуры технических решений.

2. Синтезированная конструкция расточная оправка обладает признаками патентной чистоты.

Литература

1. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества. – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.
2. Информационное и методическое обеспечение поискового конструирования технологических систем: Учебное пособие / Под. ред. Е.Ю. Татаркина. – Барнаул: Изд – во АлтГТУ, 2006. – 254 с.

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШАТУНОВ ПУТЕМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Ильиных В.В. – студент, Малышев А.А. – студент, Кряжев Ю.А. – к.т.н., доцент,
Огневенко Е.С. – аспирант, Титова Е.В. – аспирант
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Повышение качественных показателей и эффективности процессов механической обработки деталей дизелей является весьма актуальной задачей совершенствования технологических процессов изготовления деталей из труднообрабатываемых материалов. К данному классу сталей относится сталь 40X2H2MA, из которой изготавливается шатун с крышкой двигателя типа Д-6.

Анализ технологического процесса изготовления данной детали показал, что наибольшую трудоемкость обработки составляют черновые операции до термической обработки. Устранение данных операций позволит сократить трудоемкость изготовления деталей шатунов.

В результате проведения экспериментальных исследований обрабатываемости стали 40X2H2MA в закаленном состоянии при процессах фрезерования по контуру и тавру шатуна на станках с ЧПУ разработаны рекомендации по выбору материала, и характеристики режущих инструментов, а также оптимальных режимов резания.

Обработку шатунов производили на вертикально-фрезерном станке с ЧПУ модели 654Ф3.

Для обработки контура и тавра шатуна была разработана конструкция фрез с механическим креплением твердосплавных пластинок.

Корпус фрезы изготовлен цельным, в котором выполнены пазы для установки режущих пластинок. Режущие пластинки устанавливаются в паз и крепятся посредством цилиндрических вставок с косыми лысками.

В отличие от метода напайки твердосплавных пластинок, при котором образуются мельчайшие трещины, резко снижающие стойкость инструмента, разработанная конструкция фрезы с механическим креплением пластинок позволяет повысить стойкостные характеристики инструмента.

Для обработки контура шатуна разработана конструкция 6-и зубой цилиндрической фрезы (рисунок 1) и 3-х зубая фреза с механическим креплением режущих элементов (рисунок 2) для обработки тавра главного шатуна.

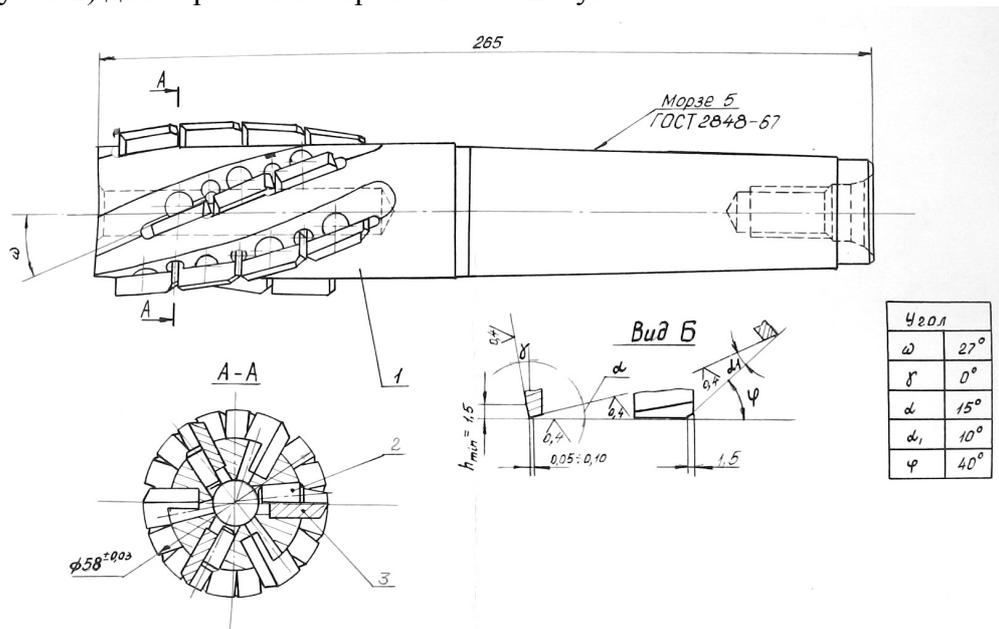


Рисунок 1 – Цилиндрическая фреза: 1 – корпус фрезы; 2 – штифт со скосом; 3 – пластина твердого сплава

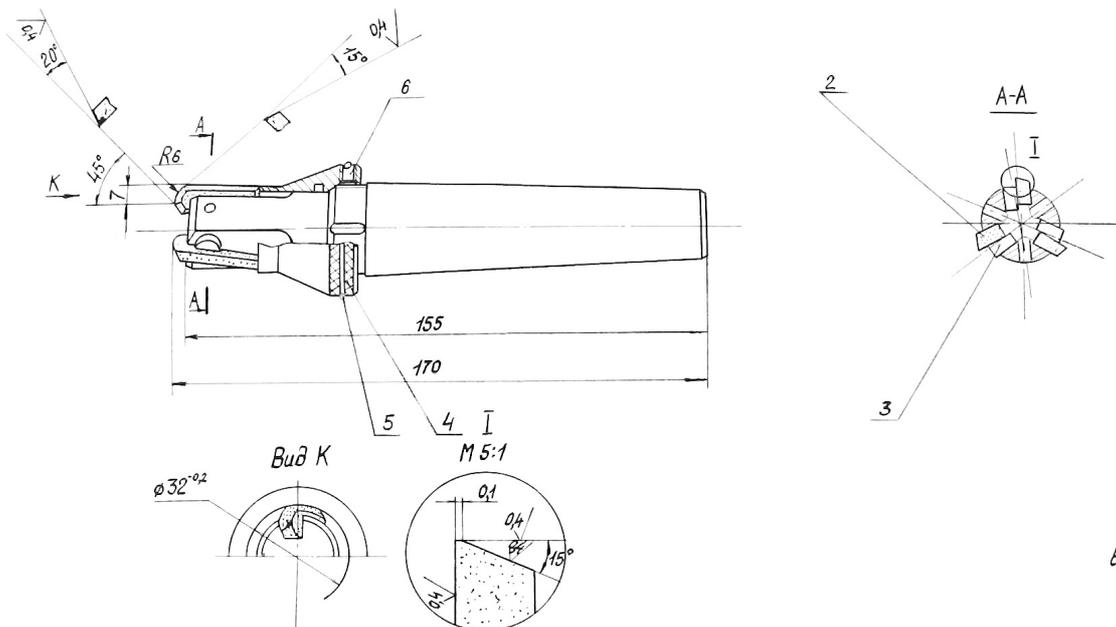


Рисунок 2 – Фреза цилиндрическая: 1 – корпус; 2 – пластина твердого сплава; 3 – штифт; 4 – гайка

Испытания на стойкость твердых сплавов марок ТТ20К9, Т5К10 и ВК8 при фрезеровании цилиндрическими фрезами с механическим креплением пластинок на закаленных образцах показали, что наибольшей стойкостью при обработке контура шатуна обладает сплав ТТ20К9, а при обработке тавра шатуна – сплав ВК8.

Таким образом, для фрезерования контура шатуна из закаленной стали рекомендуется твердый сплав ТТ20К9.

Были установлены следующие рекомендуемые режимы резания при обработке контура шатуна из закаленной стали:

- при черновой обработке: глубина фрезерования $t = 2-3$ мм, подача $S = 0,1$ мм/зуб, частота вращения $n = 630$ об/мин;
- при чистовой обработке – глубина фрезерования $t = 1,5-2$ мм, подача $S = 0,12$ мм/зуб, частота вращения $n = 630$ об/мин.

И рекомендуемые режимы резания при фрезеровании тавра шатуна из закаленной стали:

- при черновой обработке: глубина фрезерования $t = 2,5$ мм, подача $S = 0,06-0,08$ мм/зуб, частота вращения шпинделя $n = 800$ об/мин;
- при чистовой обработке – глубина фрезерования $t = 2$ мм, подача $S = 0,08$ мм/зуб, частота вращения шпинделя $n = 1000$ об/мин.

Разработанные конструкции фрез с механическим креплением режущих элементов, а также рекомендации по выбору материала и оптимальных режимов резания при обработке контура шатуна и фрезеровании тавра шатуна, позволяют сократить трудоемкость изготовления этих деталей за счет устранения черновых операций до термической обработки.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СЕЛЕКТИВНОЙ СБОРКИ ДЛЯ МНОГОЗВЕННЫХ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ В УСЛОВИЯХ СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Кондратьева Т.Г. - студент, Панов А.А. - к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Одним из способов достижения высокой точности замыкающих звеньев размерной цепи является селективная сборка. Теоретически этот метод является применимым не только для трехзвенных, но и для многозвенных цепей. Для многозвенных размерных цепей применение метода ограничено в первую очередь существенными затратами на сортировку по группам большого числа входящих деталей, а также значительными организационно-техническими сложностями. Использование метода требует очень четкой организации измерений, сортировки, хранения, транспортирования, применения маркировки и специальной тары для складирования и перевозки.

Кроме того, существенным ограничением является условие идентичности законов рассеяния размеров звеньев. Исследования, выполненные на кафедре ОТМ АлтГТУ, показали, что в этом случае селективная сборка также возможна, но необходимо деление допусков на неравные группы.

В условиях серийного производства при изготовлении относительно небольших партий изделий параметры рассеяния размеров могут иметь существенное отличие от параметров устойчивого рассеяния, характерного для массового производства. Это приводит к тому, что в одноименных группах сортировки оказывается неодинаковое количество деталей, то есть к некомплектности на сборке.

Данное обстоятельство является преодолемым при использовании метода индивидуальной комплектации (разновидность селективной сборки). В отличие от сборки методом случайного подбора при индивидуальной комплектации некомплектность исключается и обеспечивается минимальная дисперсия рассеяния размеров замыкающего звена. Это доказано проведенными исследованиями для трехзвенных размерных цепей.

Для многозвенных цепей задача комплектования существенно усложняется. Первоначально был использован алгоритм, основанный на принципах комплектования для трехзвенных цепей. Массивы размеров звеньев 1 и 2 комплектовались попарно по алгоритму для трехзвенных цепей, формировался массив размеров приведенного (суммарного) звена 1-2, который комплектовался с массивом 3 и т.д.

Проверка этого алгоритма на компьютерной модели показала, что параметры замыкающего звена значительно отличаются для разных вариантов комплектации. Так, для четырехзвенной цепи с составляющими звеньями 1,2,3 возможны следующие варианты:

$$(1 + 2) + 3; (1 + 3) + 2; 1 + (2 + 3).$$

Количество вариантов на самом деле является значительно большим, так как каждое из звеньев может быть в общем случае как увеличивающим, так и уменьшающим. Сформированные приведенные звенья могут быть также увеличивающими или уменьшающими в зависимости от соотношения номинальных размеров. Полученный массив размеров приведенного звена может оказаться неупорядоченным либо упорядоченным.

Задачей настоящего этапа исследований является выявление всех факторов, влияющих на формирование параметров замыкающего звена и разработка формального алгоритма комплектования звеньев многозвенных размерных цепей, который может быть реализован в программе для ЭВМ.

АНАЛИЗ ПУТЕЙ СОКРАЩЕНИЯ НЕКОМПЛЕКТНОСТИ ПРИ СЕЛЕКТИВНОЙ СБОРКЕ ИЗДЕЛИЙ В УСЛОВИЯХ МЕЛКОСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Кутергина А.Н. – студент, Кондратьева Т.Г. – студент, Панов А.А. – к.т.н. доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Сборка является заключительным и наиболее ответственным этапом производственного процесса в машиностроении. Процесс изготовления машины может гарантировать достижение всех требуемых эксплуатационных показателей, а также ее надежности и долговечности лишь при условии высококачественного проведения всех этапов сборки машины. В зависимости от типа производства трудоемкость сборки составляет от 20 до 40 % от общей трудоемкости изготовления машины. В отдельных случаях, например, при большом объеме пригоночных работ она может достигать до 50 %.

Радикальным направлением снижения трудоемкости является автоматизация сборочных процессов, однако существующие средства имеют сравнительно небольшое распространение и в большинстве своем экономически целесообразны в условиях массового производства. В то же время основная часть продукции машиностроения, достигающая 75-80 % от общего объема, производится в условиях серийного, мелкосерийного и единичного производства.

Преобладающая доля (50–85%) слесарно-сборочных работ представляет собой ручные работы, требующие больших затрат физического труда и высокой квалификации рабочих. Большая трудоемкость слесарно-сборочных работ не только существенно увеличивает общую трудоемкость изготовления машин, но и приводит к значительному ухудшению экономических показателей предприятия, что связано с большими скоплениями на сборке дорогостоящих готовых деталей и узлов, а это, в свою очередь увеличивает объем и стоимость незавершенного производства, снижает оборачиваемость оборотных средств. Поэтому исследования, направленные на повышение эффективности сборочных процессов в машиностроении, являются актуальными для машиностроительного производства страны и региона.

Одним из способов достижения точности замыкающих звеньев размерной цепи является селективная сборка. Теоретически этот метод является применимым не только для трехзвенных, но и для многозвенных цепей. При этом составляющие звенья цепи могут иметь отличающиеся законы рассеяния.

В соответствии с классической методикой селективная сборка имеет ограничения к применению, т.е. необходимо соблюдение следующих условий:

- законы рассеяния замыкающих звеньев должны быть идентичными;
- сумма допусков увеличивающих звеньев должна равняться сумме допусков уменьшающих звеньев.

Если эти условия не соблюдать, то возникает явление некомплекта из-за различия количества деталей в группе.

Проведенные исследования на кафедре ОТМ АлтГТУ показали, что метод может быть применим при несовпадающих законах рассеяния размеров составляющих звеньев. Некомплекта можно избежать если отказаться от классических условий соотношения

допусков и деления их на равные группы. В конечном счете важно обеспечить следующие условия:

- 1) одинаковое количество деталей в одноименных группах;
- 2) одинаковую и равную расчетной величину поля рассеяния размеров замыкающего звена во всех группах;
- 3) одинаковое расположение поля рассеяния размеров замыкающего звена относительно номинала во всех группах.

Разработанная методика позволяет решить задачу и для многозвенных цепей.

Получаемые на практике законы рассеяния размеров звеньев можно свести к установившимся законам лишь в условиях массового и крупносерийного производства. Наиболее распространенными являются законы Гаусса, Симпсона, равной вероятности.

В мелкосерийном производстве, где законы рассеяния параметров звеньев не являются установившимися, возможно применение метода индивидуальной комплектации.

При реализации метода индивидуальной комплектации в конкретных производственных условиях возможна различная постановка задачи:

- определение достижимой точности замыкающего звена при известном производственном допуске на изготовление деталей и известном объеме партии
- определение предельного производственного допуска на изготовление деталей при заданном допуске замыкающего звена и заданном объеме партии изделий
- определение минимального предельного объема партии изделий при заданном допуске замыкающего звена и известных допусках на изготовление деталей.

Однако задача сокращения некомплекта решена пока для трёхзвенных размерных цепей.

Целью проводимых в настоящее время исследований является решение следующих задач:

- изучение закономерностей формирования параметров замыкающих звеньев многозвенных цепей при сборке методом индивидуальной комплектации;
- разработка алгоритмов и методик рациональной комплектации.

РАСЧЕТ ФАКТИЧЕСКОЙ ПЛОЩАДИ ЧАСТИЧНО-РЕГУЛЯРНОГО МИКРОРЕЛЬЕФА ПУТЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ЕГО НАКАТЫВАНИЯ

Холодов Д.А.- студент группы МТАП-92, Буканова И.С. – ст. преподаватель,

Ятло И.И. - к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Несущая способность неподвижного соединения определяется его способностью сопротивляться действию крутящего момента и (или) осевой сдвигающей силе. Качество неподвижных соединений в значительной мере определяется микрорельефом контактирующих поверхностей сопряжения и значительно повышается с нанесением на эти поверхности регулярного или частично-регулярного микрорельефа. Для регуляризации микрорельефа охватывающей детали (корпуса) неподвижного соединения в данной работе используется один из способов отделочно-упрочняющей обработки ППД - накатывание. В конструкции накатной головки применяются накатные ролики с деформирующими элементами конусной или пирамидальной формы. Данный метод позволяет получать частично-регулярный микрорельеф (ЧРМР) с дискретными регулярными неровностями шахматного расположения по ГОСТ 24773 – 81. Параметры ЧРМР: θ – угол направления неровностей, h_y – осевой шаг и h_x – круговой шаг неровностей определяются геометрией деформирующего элемента (ролика) накатника и продольной подачей. Другие параметры: h – глубина неровностей (лунок) и S_ϕ – фактическая площадь, занимаемая регулярными неровностями, зависят от частоты вращения накатника, механических свойств охватывающей детали и определяются необходимыми значениями показателей прочности соединения.

Задачами исследования являются:

1. Получение диаграмм стохастического моделирования расположения лунок.
2. Расчет количества лунок N .
3. Расчет суммарной фактической площади всех лунок на поверхности отверстия.

Исходными данными являются:

r – радиус накатного ролика (мм);

R – радиус отверстия охватывающей детали (мм);

S – подача (мм/мин);

k – количество деформирующих элементов на ролике;

H – высота отверстия (мм).

Расстояние между лунками по развертке отверстия: $h_x = 2\pi R / k$

Расстояние между лунками по высоте отверстия: $h_y = \frac{Sr}{kR}$

Длина развертки: $L = 2\pi R$.

Первая лунка располагается в левом верхнем углу развертки (рисунок 1). Для каждого последующего следа координата по x увеличивается на h_x , по y уменьшается на h_y . При выполнении условия $X > L$ (оборот закончен), значение координаты X уменьшается на величину длины развертки отверстия L (начало следующего оборота). Расчет заканчивается при получении $Y \leq 0$.

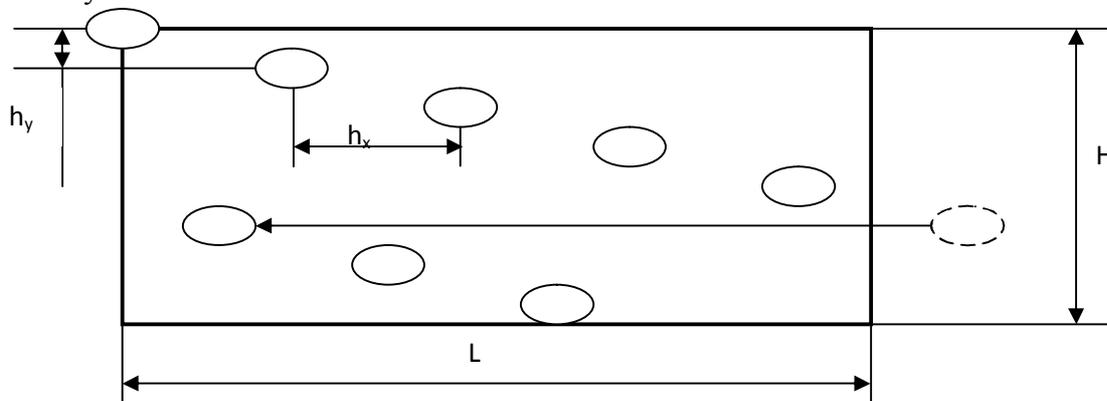


Рисунок 1 - Развертка отверстия на первом проходе

Второй ролик создает лунки, смещенные относительно лунок первого ролика на величину $dx_2 = \frac{L}{3} + \varepsilon_1 h_x$, где ε_1 - случайное число, равномерно распределенное на интервале $(0; 1)$. Это выражение определяется тем, что второй ролик смещен относительно первого на треть окружности (в конструкции накатника применяются три ролика, расположенных равномерно по окружности). С учетом того, что его фазовое положение при входе в контакт случайное, добавляется слагаемое εh .

Координаты лунок от третьего ролика рассчитываются аналогично: $dx_3 = \frac{2L}{3} + \varepsilon_2 h_x$.

При обратном ходе первый ролик входит в контакт при $Y = 0$ со случайной координатой $X \in (0; L)$. Далее координата X увеличивается на величину h_x , а Y – на величину h_y . Расчет координат для второго и третьего ролика определяются с учетом случайных сдвигов dx_2 и dx_3 . Расчет заканчивается при получении $Y \geq H$.

Одновременно с построением координат рассчитывается и количество лунок N .

В связи с тем, что алгоритм построения лунок содержит случайные параметры ε_i , распределение лунок также будет случайным (рисунок 2).

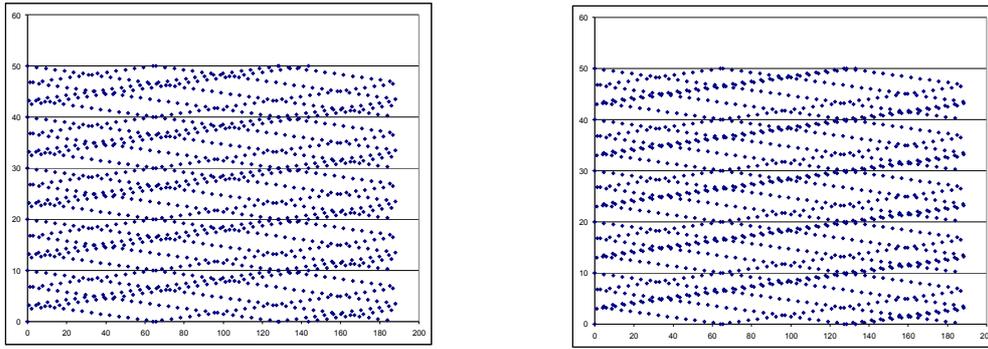


Рисунок 2 - Два варианта результатов стохастического моделирования расположения лунок

Некоторые из лунок при прямом и обратном ходе накатника могут накладываться друг на друга. Положим, что каждая из лунок имеет форму эллипса (для конусных деформирующих элементов) с полуосями a и b :

$$\frac{(X - X_c)^2}{a^2} + \frac{(Y - Y_c)^2}{b^2} = 1,$$

где X_c, Y_c – координаты центра эллипса; a, b – полуоси эллипса.

Критерием наложения эллиптических лунок (пересечения эллипсов) является выражение:

$$\sqrt{\left(\frac{X_{c1} - X_{c2}}{a}\right)^2 + \left(\frac{Y_{c1} - Y_{c2}}{b}\right)^2} < 2$$

Площадь пересечения эллипсов 1 и 2 получается путем численного интегрирования на интервале (X_{min}, X_{max}) (рисунок3).

Суммарная фактическая площадь всех лунок рассчитывается по формуле:

$$S_{\phi} = Nab\pi - S_{II}$$

$$S_{II} = \sum_{i=1}^K S_{iII}$$

Где: N – общее количество рисок,

S_{iII} – площадь i -го пересечения лунок,

K – количество налагающихся лунок.

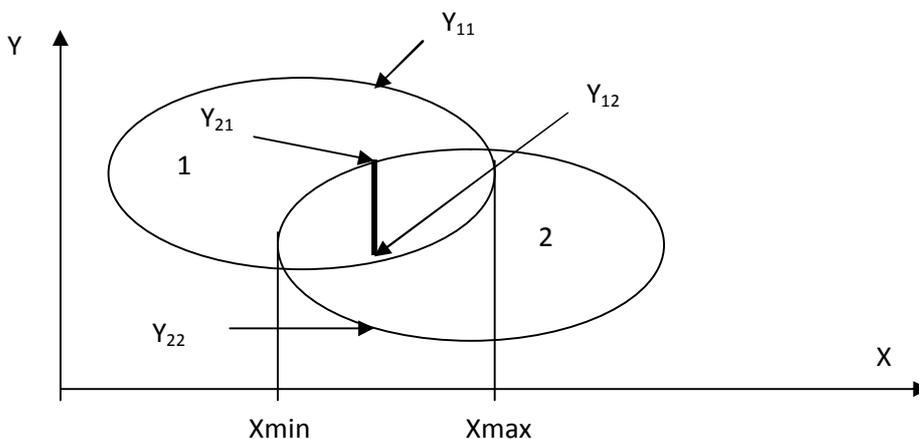


Рисунок 3 -. Область интегрирования и координаты пересечения

Для получения законов распределения фактической площади распределения используется алгоритм стохастического моделирования. Для этого построение лунок, расчет площадей пересечения и вычисление фактической площади производится многократно с формированием гистограмм распределения параметров K , S_{II} , S_{Φ} .

На рисунке 4 приведены примеры гистограмм распределения этих параметров.

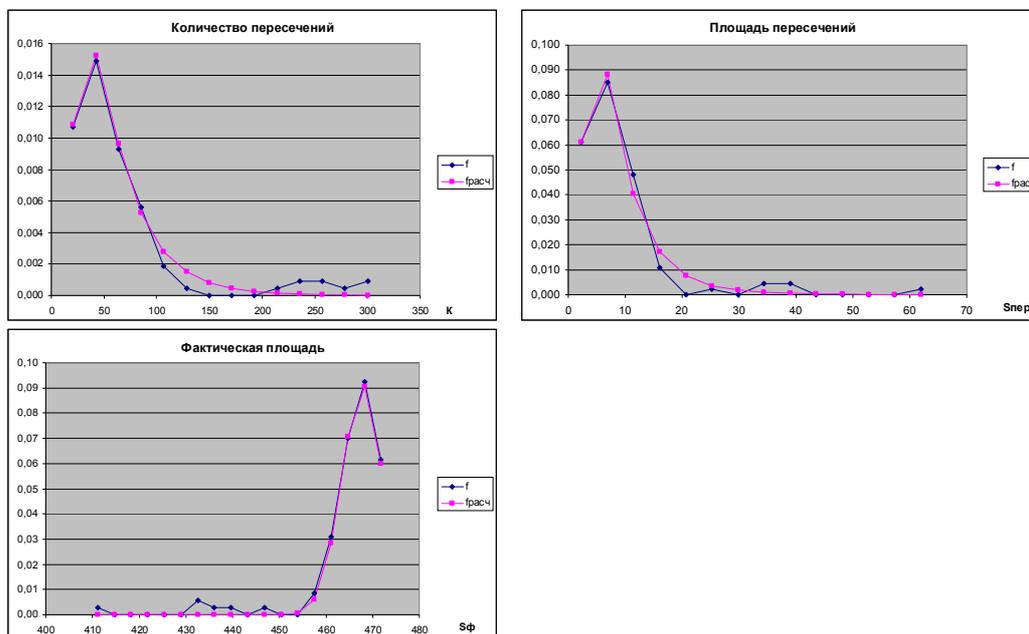


Рисунок 4 - Распределения параметров лунок

Фактическая площадь, занимаемая неровностями сформированного микрорельефа и рассчитанная по результатам стохастического моделирования, позволяет оценить повышение прочности неподвижного соединения типа «корпус - втулка» за счет дополнительного шпоночного эффекта.

ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПЕРЕХОДОВ

Шаталова А.В., Бурачевская И.К. – студенты, Балашов А.В. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (Барнаул)

В настоящее время все организационные и технические решения, принимаемые при формировании технологической операции, основываются на необходимости достижения требуемого операционного размера. Практические исследования показывают, что такой подход, как правило, приводит к нерациональному распределению затрат по различным этапам технологического процесса, участвующим в обеспечении операционного размера и, как следствие, к неэффективной, с точки зрения экономики, технологической операции. Выход из данного положения видится в обеспечении на стадии проектирования совместного учета точностных и экономических показателей технологического процесса. Совместный учет становится возможным с использованием в ходе проектирования технико-экономических методов, анализ которых позволяет отдать предпочтение методу функционально-стоимостного проектирования (ФСП).

Одним из основных принципов ФСП служит принцип соответствия значимости функций объекта затратам на их реализацию. Если в качестве объекта исследования рассматривать технологическую операцию, то в качестве основной функции объекта будет выступать функция «формообразовать поверхность». Данная функция выражается через

допуск на операционный размер. Реализация основной функции зависит от варианта организации достижения операционного размера. Например, если операционный размер обеспечивается формообразующим движением, то осуществление основной функции зависит от реализации функций: “обеспечить съём материала”; “настроить инструмент” и “установить инструмент”. Каждая из этих функций также выражается через допуски, ограничивающие соответственно размер динамической настройки, размер статической настройки инструмента и размер установки инструмента. При прочих равных условиях, например, равенстве допусков, взаимовлияние данных функций на основную тождественно, поэтому значимость вышеперечисленных функций можно выразить через долю вносимых погрешностей в суммарную погрешность на обработку. Количественная взаимосвязь между значимостью функций и затратами на их реализацию наглядно отражается функционально-стоимостной диаграммой (ФСД), пример которой приведен на рисунке 1. В верхней части диаграммы приводятся относительные величины значимости функций, выраженные через долю вносимых погрешностей W_i в суммарную погрешность на обработку, а в нижней части – относительные величины затрат Z_i , связанные с формированием функций.

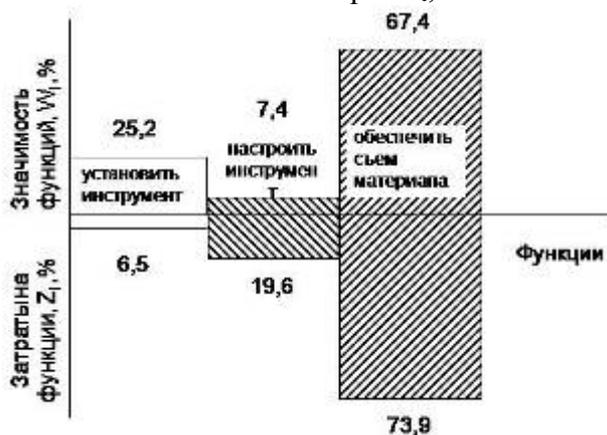


Рис. 1 ФСД для размера, получаемого формообразующим движением

Если удельный вес затрат по той или иной функции превышает удельное значение ее значимости, возникает зона дисбаланса (на рис. 1 заштрихованы), которую в ходе проектирования необходимо устранить. ФСД составляются по всей совокупности приемлемых вариантов организации операции.

Вышерассмотренный принцип ФСП может использоваться при принятии организационных и технических решений на таких этапах формирования структуры операции, как выбор варианта достижения операционного размера, выбор технологической оснастки, оптимизации режимов резания и др.

Рассмотрим особенности оптимизации режимов резания с учетом критерия соответствия значимости функций затратам на их реализацию. При рассмотрении данного вопроса следует учитывать, что режимы обработки обуславливают значимость и затраты по функции “обеспечить съём материала”. Поэтому принцип соответствия рассматривается именно для этой функции, однако учет относительных величин значимости функций и затрат на ее осуществление обеспечивается с учетом значений допусков, участвующих в формировании других функций по конкретному варианту.

В качестве исходных данных при оптимизации режимов резания выступают: исходные точностные требования по чертежу детали, требование по стойкости режущего инструмента; база данных по техническим характеристикам оборудования и технологической оснастки; справочные данные для расчета шероховатости, мощности резания, точности обработки, стойкости режущего инструмента; база данных по затратам на реализацию различных этапов технологического процесса, участвующих в формировании операционного размера.

При оптимизации режимов резания используется метод Монте-Карло, поскольку, как показали практические исследования, оптимальные режимы могут находиться либо внутри области допустимых значений, либо на ее границе.

На первом этапе оптимизации формируется массив сочетаний S_i, n_i в пределах $S_{\min} \leq S_i \leq S_{\max}; n_{\min} \leq n_i \leq n_{\max}$.

На втором этапе определяется область допустимых S_i, n_i с учетом ограничений по мощности, шероховатости, точности и стойкости инструмента (см. рисунок 2, область заштрихована).

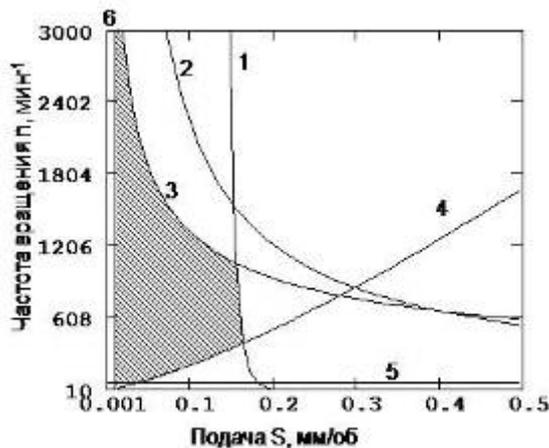


Рис 2. Область допустимых значений режимов резания с учетом ограничений по мощности (кривая 2), шероховатости (1), точности (4), стойкости инструмента (3), минимальной частоте вращения (5) и минимальной подаче (6)

На следующем этапе определяется минимальный уровень рассогласования значимости $W_{\text{см}}$ функции «обеспечить съём материала» и затрат $Z_{\text{см}}$ на ее реализацию. Функция уровня рассогласования в этом случае будет выглядеть следующим образом:

$$F(S_i, n_i) = |W_{\text{см}}(S_i, n_i) - Z_{\text{см}}(S_i, n_i)| \quad (1)$$

Составляющие функции определяются

$$W_{\text{см}}(S_i, n_i) = \frac{w_{\text{см}}(S_i, n_i)}{w_{\text{см}}(S_i, n_i) + \sum_{i=1}^{n-1} w_i}, \quad (2)$$

$$Z_{\text{см}}(S_i, n_i) = \frac{z_{\text{см}}(S_i, n_i)}{z_{\text{см}}(S_i, n_i) + \sum_{i=1}^{n-1} z_i}, \quad (3)$$

где $w_{\text{см}}(S_i, n_i)$ – прогнозируемая погрешность динамической настройки;

n – количество функций, участвующих в формировании суммарной погрешности на обработку;

w_i – прогнозируемая величина погрешности, обусловленная формированием i – й функции;

$z_{\text{см}}(S_i, n_i)$ – затраты, связанные с формированием погрешности динамической настройки;

z_i – затраты, связанные с формированием i – й функции.

Прогнозируемая величина погрешности динамической настройки рассчитывается на этапе проектирования путем моделирования процесса обработки, лежащего в основе технологической операции. Величины w_i, z_i определяются исходя из имеющихся баз данных.

На рисунке 3 отражен график функции уровня рассогласования, а на рисунке 4 приведен график линий уровня данной функции.

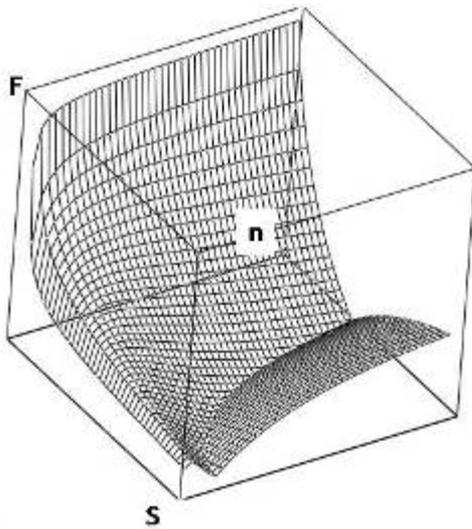


Рис. 3. График функции $F(S_i, n_i)$

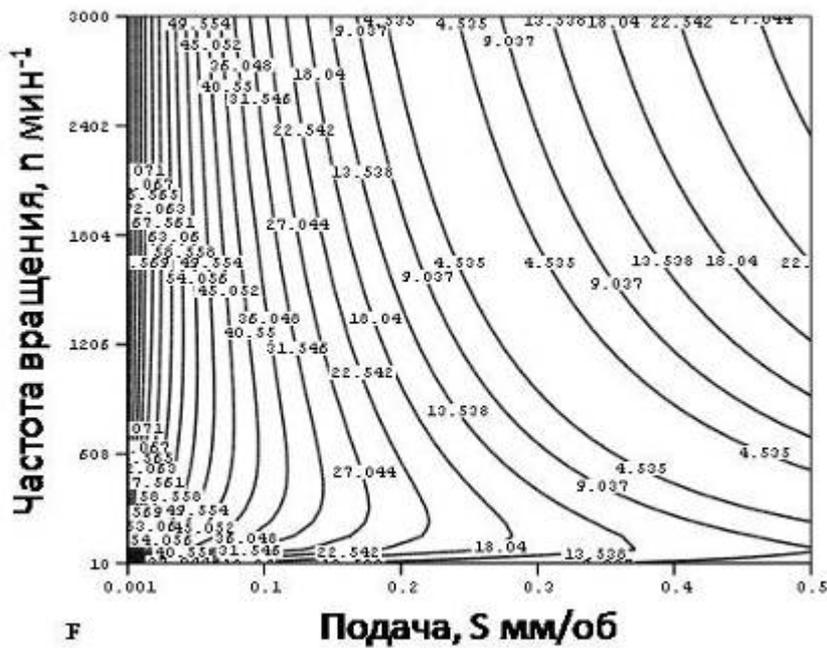




Рис. 5. График зависимости себестоимости операции от величины допуска на минимальный уровень

В результате исследований было выявлено, что при отклонении минимального уровня рассогласования в пределах 10% наблюдается наибольшее изменение себестоимости. Это обстоятельство учитывается в последующих этапах оптимизации. Линии уровня, соответствующие минимальному уровню рассогласования (F_{\min}) и уровню $F_{\min} + 0,1F_{\min}$, должны выступать в качестве дополнительных ограничений при дальнейшей оптимизации режимов резания.

Заключительный этап оптимизации осуществляется по одному из критериев: “минимальная себестоимость” или “максимальная производительность”.

Описанный подход к оптимизации режимов резания реализован в среде Mathcad 2001 Professional и позволяет обеспечить совместный учет точностных и экономических показателей технологического процесса в ходе проектирования.

МЕТОД ХОЛОДНОГО НАКАТЫВАНИЯ ШЛИЦЕВ НА ВАЛАХ МЕТОДОМ КОПИРОВАНИЯ

Голстиков П.А. – студент, Дятчин Н.И. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В последние десятилетия в промышленности освоен ряд высокопроизводительных методов накатывания шлицев на валах, новые способы их формирования в холодном состоянии заготовки, обеспечивающие высокую производительность обработки, малую шероховатость обработанной поверхности и ее поверхностное упрочнение (наклеп), а также благоприятное расположение его структуры при неизменной структуре сердцевины заготовки. Холодное формирование шлицевых профилей осуществляется по двум кинематическим схемам: методу копирования и методу огибания (обкатки) профиля. Однако метод обкатки с успехом применяется лишь для накатывания мелких шлицев, поэтому в дальнейшем более подробно будет рассмотрен метод копирования.

Метод копирования применяется для образования прямобочных, треугольных и эвольвентных шлицев со значительной высотой профиля (до 6 мм) и при небольшом количестве зубьев обрабатываемых деталей. При накатывании по методу копирования профиль впадин получаемых шлицев полностью копирует профиль формообразующей части накатного инструмента. При этом материал заготовки вытесняется в радиальном направлении от основания шлица к его наружной поверхности, а потому диаметр заготовки всегда меньше, чем диаметр готовой детали, удлинения которой обычно не наблюдается. Благодаря кратковременному воздействию накатных роликов на деталь происходит равномерное «холодное течение» материала по периметру и длине профиля до получения его требуемой формы.

При накатывании шлицевых валов процесс осуществляется за счет силы P_x , перемещающей накатной ролик вдоль оси заготовки, рис. 1. При этом деформация осуществляется по сложному незамкнутому контуру, вследствие чего уширение металла заготовки при внедрении ролика затруднено и является не свободным, как при простой прокатке на гладких валках, а вынужденным. Особенности механики процесса обуславливают и существенное отличие по величине и распределению сил внешнего трения и удельных сил на контактной поверхности очага деформации. Причем максимум сил трения находится вблизи входа металла в очаг деформации и перед плоскостью выхода из него.

Вследствие высоких контактных нагрузок и значительных сил трения на контактных поверхностях инструмента при деформировании исходного материала высокой прочности из сталей 45, 18 ХГТ и др. происходит разрушение рабочих поверхностей накатных роликов. Основные их виды: 1 – усталостное разрушение в виде кольцевых усталостных трещин по рабочему профилю ролика на глубине порядка 1 мм от поверхности; 2 – сквозные радиальные трещины; 3 – угловые поперечные трещины; 4 – выкрашивания по рабочему профилю.

Кольцевые усталостные трещины обусловлены энерго-силовой схемой процесса накатки шлицев и возникают независимо от марки инструментальной стали, из которой изготавливаются ролики. Они появляются симметрично на боковых поверхностях рабочего профиля на расстоянии, примерно равном половине высоты шлица. По мере прокатки эти трещины развиваются по длине и ширине и соединяются в одну общую кольцевую трещину, концентричную наружной поверхности ролика и его посадочного отверстия. Их развитие активизируется попаданием в них смазки и твердых частиц износа, взвешенных в ней, и сопровождается появлением по всей длине мелких выкрашиваний в виде точечного отшелушивания нагартованного слоя металла.

Сквозные радиальные трещины появляются вследствие возникновения в ролике рабочих напряжений, превышающих предел прочности материала, а также его неудовлетворительной структуры в виде карбидной неоднородности, низкого качестваковки и термической обработки. Характер излома от радиальной трещины является свидетельством того, что она образуется на поверхностях рабочего профиля в местах концентрации напряжений в зонах выкрашиваний, вмятин, рисков, прижогов и распространяется вглубь в направлении посадочного отверстия. В некоторых случаях радиальные трещины возникают из-за прогиба оси ролика, если она имеет низкую жесткость.

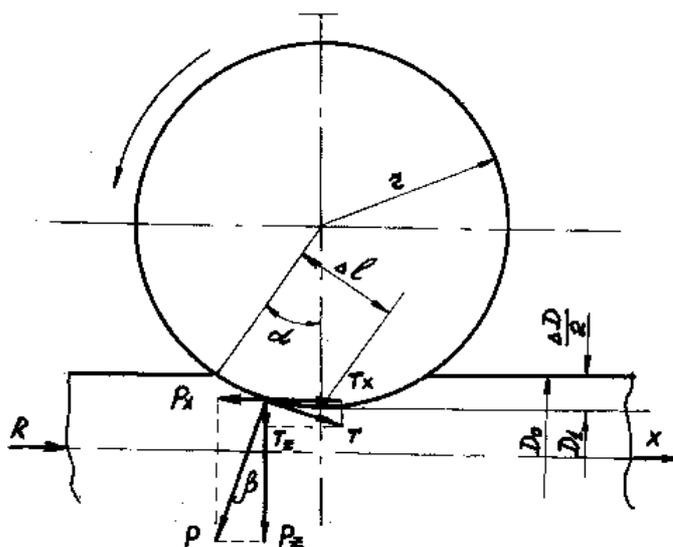


Рисунок 1 – Схема сил, действующих на накатной ролик при накатывании шлица методом копирования

Работоспособность роликов в условиях эксплуатации характеризуют следующие критерии прочности: твердость, прочность при изгибе, ударная вязкость, которые определяют допустимые рабочие напряжения. Вместе с тем долговечность инструмента и его износостойкость определяются циклической прочностью (малоцикловой усталостью). Очевидно, чтобы повысить стойкость роликов необходимо обеспечить максимальные значения малоцикловой усталости при сохранении достаточно высоких показателей прочности и вязкости материала, из которого они изготовлены.

На практике накатные ролики чаще всего изготавливаются из быстрорежущей стали Р6М5, причем повышение их стойкости достигается снижением твердости закалки до 56–59 HRC при пониженных температурах 1140–1160°C, за счет чего достигается увеличение прочности, ударной вязкости и снижение малоцикловой усталости.

Известно, что поверхностное упрочнение повышает выносливость рабочих частей инструмента и обеспечивает минимальный механический износ их контактных поверхностей. В частности, применение поверхностного упрочнения в виде азотирования и карбонитрирования повышает усталостную прочность и эксплуатационную стойкость роликов в 2–4 раза.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЗУБООБРАБОТКИ

Шпилевой С.Ю. – студент, Дятчин Н.И. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Итоги развития зубообработки в последние годы показали, что эта область обработки металлов резанием постепенно сдвигается от обычного фрезерования и долбления к комбинированным методам, преимущественно финишным, связанным с окончательной обработкой закаленных зубчатых колес. Подобный сдвиг связан, прежде всего, с возросшими потребностями автомобильной промышленности в бесшумных и компактных коробках передач с большими крутящими моментами, в которых зубья зубчатых колес должны иметь повышенную точность и улучшенную макро- и микрогеометрию. Это привело к дополнению шлифованием и (или) хонингованием общепринятой технологической цепочки: фрезерование – шевингование – закалка.

Существенное увеличение производительности зубообработки достигается с помощью новых конструкций станков с увеличенной частотой вращения заготовок и инструментов, а при зубодолблении – числа ходов; использованием встроенных приводов главного движения, а также применением в крупносерийном и массовом производстве станков, работающих комбинированными методами: фрезерование – долбление, фрезерование – снятие заусенцев, шлифование – хонингование и т.д.

В таких станках, работающих со скоростями порядка 300 м/мин, особое внимание уделяют отводу стружки из рабочей зоны и ее дальнейшему удалению, а также температурной стабилизации станка за счет полного исключения горячей стружки со станиной станка, что являющейся одной из предпосылок высокого качества получаемых колес. Чугунные литые станины выполняются полностью симметричной конструкции, что уменьшает влияние термических деформаций, а в их основании для обеспечения равномерного охлаждения устанавливается замкнутая система циркуляции масла.

Изменение скоростей вращения и подач производятся обычно бесступенчато с возможностью их регулирования в процессе обработки. Фрезерные и долбежные головки часто устанавливаются на гидростатических опорах. Все приводные электродвигатели обычно располагаются вне зоны резания, что обеспечивает надежность эксплуатации станка.

Практикуется установка дополнительных устройств для снятия фасок и закругления кромок зубьев, что отражает общую тенденцию к комплексной обработке, распространяющаяся на различные типы зубообрабатывающих станков с целью их более полной загрузки.

Особое внимание обращено на совершенствование конструкций инструментов и использования для их изготовления более твердых и износоустойчивых инструментальных материалов. Зубофрезерование все чаще выполняют без применения СОЖ, поэтому червячные фрезы изготавливают преимущественно с твердосплавными зубьями; быстрорежущие же фрезы в обязательном порядке имеют покрытия нитридом титана, чаще многослойные, а обработка ими осуществляется с применением минимального количества СОЖ. При этом стремятся увеличивать число стружечных канавок, что приводит, соответственно, к увеличению диаметра фрез.

При обработке всухую червячными фрезами из кермета скорость резания достигает 600 м/мин, а из твердого сплава – 450 м/мин, что обеспечивает снижение времени обработки на 50 % и уменьшение ее стоимости на 35 %, главным образом из-за отсутствия системы подачи и удаления СОЖ. Одной из предпосылок исключения СОЖ при нарезании зубьев является возможность быстрого удаления стружки из рабочей зоны.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОДГОТОВКИ ПРОФИЛЯ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ-ОСНОВЫ ДЛЯ НАПЫЛЕНИЯ ЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ

Простева Д.В. – аспирант, Гончаров В.Д. – к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В настоящее время особый интерес проявляется к различным способам напыления покрытий на детали машин для придания их поверхностям заданных свойств. В области изучения строения переходной зоны между основным материалом и покрытием остаётся много неясного [1]. Покрытие и основной материал практически всегда являются разнородными по составу и свойствам. Известно, что соединение напыленного покрытия с основой осуществляется преимущественно за счёт механического сцепления напыляемых частиц с выступами и впадинами на поверхности основы, образованными предварительной обработкой. Кроме механического сцепления, прочность соединения с основным материалом обеспечивается за счёт ряда других механизмов, включая диффузию компонентов покрытия в основной материал, сплавление и химическое взаимодействие. Повышение прочности сцепления покрытия достигается за счёт физических связей под действием ван-дер-ваальсовых сил. Однако к настоящему времени разработаны методики нанесения отдельных частиц на полированную поверхность образцов [2]. Но все методы анализа взаимодействия прочности сцепления напылённого покрытия с поверхностью детали-основы имеют недостатки.

Известен ряд методов определения прочности сцепления напылённого покрытия с поверхностью детали-основы, позволяющих получать как качественные так и количественные оценки характеристики покрытия. Данные по прочности сцепления, полученные разными методами не сопоставимы и часто противоречивы. Наиболее распространён метод отрыва склеенных бобышек, на одну из которых наносится покрытие. Однако этот метод не пригоден для оценки прочности сцепления при высоких температурах, наблюдается существенный разброс экспериментальных данных. Качественную характеристику прочности сцепления даёт изгиб плоского образца. В этом случае по углу изгиба, при котором в покрытии трещина оценивают его прочность сцепления с основой. Применения метода отрыва конического штифта позволяет исключить влияние трения штифта и бобышки и обеспечивает минимальный зазор между ними.

Для обеспечения требуемых эксплуатационных свойств деталей и заданных значений параметров шероховатости должны быть обеспечены при подготовке профиля поверхности детали-основы под нанесение покрытия. С одной стороны, для обеспечения сцепления покрытия с основой необходимо обеспечить достаточно развитый микрорельеф её поверхности. С другой стороны, высокая стоимость материала некоторых покрытий

существенно ограничивает его толщину. При этом основным критерием становится стоимость объёма наносимого слоя покрытия, в том числе и расположенного в рисках шероховатости основы.

При отсутствии нароста на обрабатываемой поверхности заготовки воспроизводится профиль инструмента. Причём чем выше скорость резания, тем более превалирует эффект геометрического копирования. Форма микронеровностей обработанной поверхности, образующихся при точении, определяется геометрической формой вершины резца.

Для повышения эффективности операций подготовки и оптимизации рельефа поверхности решаются следующие задачи:

минимизировать расход материала покрытия за счёт снижения его объёма, размещаемого в микрорельефе поверхности основы;

обеспечить развитый микрорельеф поверхности основы за счёт максимума площади контакта покрытия с основой, что предотвращает отслаивание покрытия и обеспечивает заданный ресурс его работы;

необходимо выдерживать заданную толщину покрытия по максимуму и минимуму, а также ограничить максимальную величину шероховатости основы что оказывает влияние на увеличение прочности сцепления покрытия с поверхностью детали-основы;

необходимо стабилизировать геометрические параметры поверхностного слоя для повышения стабильности размера детали.

Известно, что шероховатость поверхности детали-основы после токарной обработки перед напылением образуется от геометрии резца. На рисунке 1 нами представлены несколько видов геометрических профилей микронеровностей обработанной поверхности после токарной обработки.

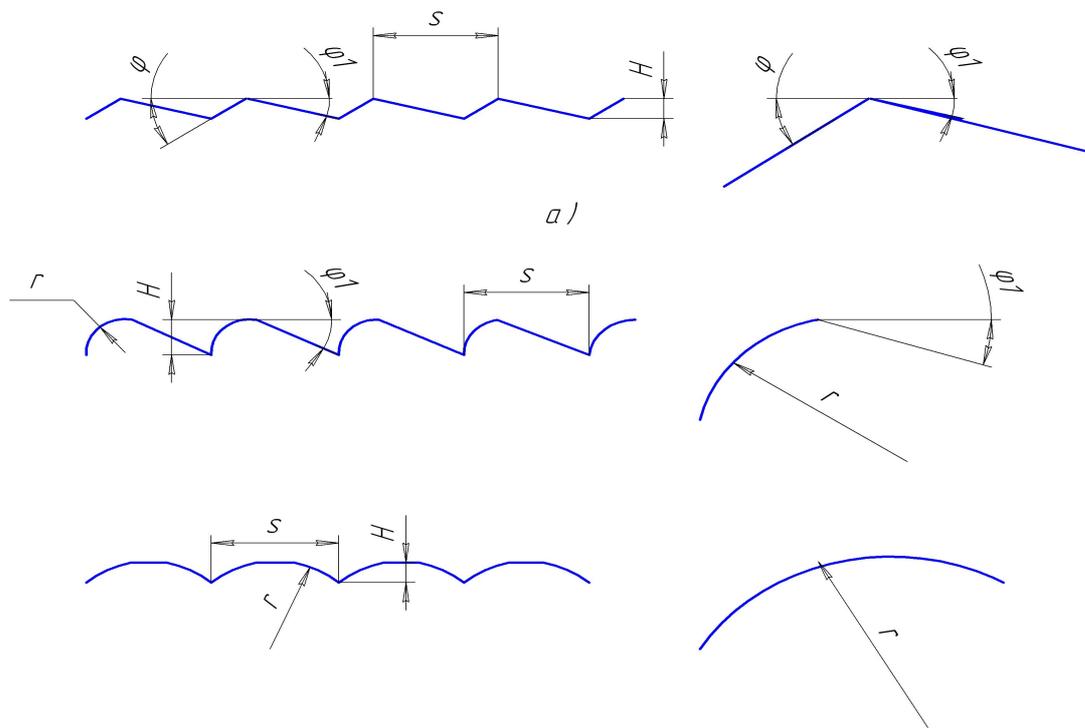
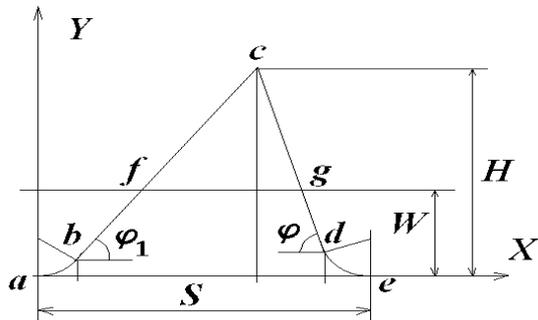


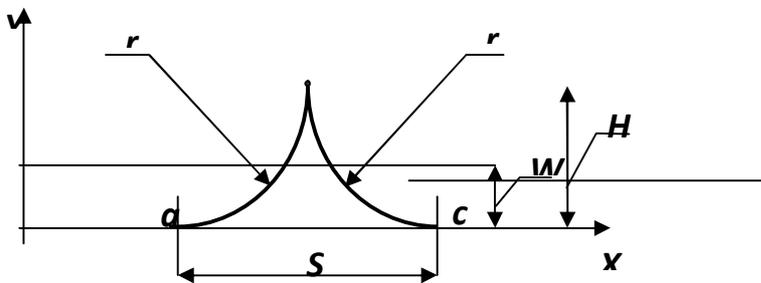
Рисунок 1 – Влияние геометрии резца на профиль и высоту микронеровностей обработанной поверхности

- где s – средний шаг местных выступов, мкм;
- ϕ, ϕ_1 – главный и вспомогательный углы в плане, град;
- H – высота микронеровности профиля, мкм;
- a, b, c, d, e – точки сопряжения профилей рисок (вершин);
- r – радиус при вершине резца, мм.

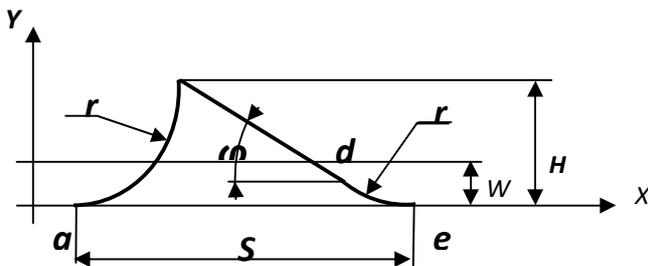
Итак, в зависимости от геометрических параметров режущего инструмента токарного проходного резца, зуба фрезы имеется несколько вариантов формы получаемой риски, рисунок 2.



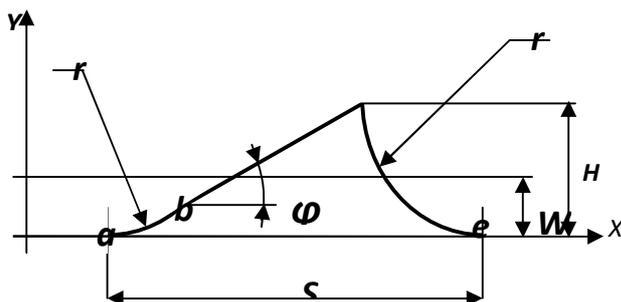
a)



б)



B)



г)

Рисунок 2 – Влияние геометрии резца на геометрические профили рисок

где S – подача на оборот детали, мм/об;

φ, φ_1 – главный и вспомогательный углы в плане, град;

H – высота риски шероховатости, мкм;

a, b, c, d, e – точки сопряжения профилей рисок;

r – радиус при вершине резца, мм;

W – уровень сечения профиля.

а) – полный профиль риски при точении, полученный при

$$\varphi < \arcsin \frac{S}{2r}; \quad \varphi_1 < \arcsin \frac{S}{2r};$$

б) – профиль риски в виде двух радиусных участков, полученный при

$$\varphi \geq \arcsin \frac{S}{2r}; \quad \varphi_1 \geq \arcsin \frac{S}{2r};$$

в) – неполный профиль риски в виде двух радиусных участков и одного линейного

участка, полученных при $\varphi \geq \arcsin \frac{S}{2r}; \quad \varphi_1 < \arcsin \frac{S}{2r};$

г) – неполный профиль риски в виде двух радиусных участков и одного линейного участка, полученных при $\varphi < \arcsin \frac{S}{2r}; \quad \varphi_1 \geq \arcsin \frac{S}{2r}.$

Для увеличения прочности сцепления детали-основы и напылённого покрытия необходимо, чтобы частицы покрытия максимально были приближены к основе, и сцепление частиц с основой происходило по всей длине. Изменяя параметром подачи режущего инструмента режимами резания можно значительно влиять на качество поверхностного слоя детали-основы. Нами получены аналитические выражения для нахождения длины профилей рисок и ниже представлено формулами (1), (2), (3).

1. Аналитическое выражение нахождения длины полного профиля риски при точении имеет следующий вид:

$$(1) \quad L = \frac{\pi \times r \times \varphi_1}{180} + \left(\frac{r \times (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi) + S \times \operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi} - r \times \operatorname{Sin} \varphi \right) / \operatorname{Cos} \varphi_1 + \\ + \left(\frac{S - r \times \operatorname{Sin} \varphi - r \times (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi) + S \times \operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi} \right) / \operatorname{Cos} \varphi + \frac{\pi \times r \times \varphi}{180}$$

где L – длина полного профиля риски при точении;

r – радиус при вершине резца;

φ, φ_1 – главные и вспомогательные угла в плане.

2. Аналитическое выражение нахождения длины профиля риски, образованного в виде двух радиусных участков.

$$(2) \quad L = \frac{(\operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi) \times \pi \times r}{180}$$

3. Аналитическое выражение нахождения длины профиля риски, образованного в виде двух радиусных и одного линейного участков

для $\varphi \geq \arcsin \frac{S}{2r}; \quad \varphi_1 < \arcsin \frac{S}{2r}$ имеем:

$$L = \frac{\pi \times r \times \varphi_1}{180} + \left(\frac{r - r \times \cos \varphi_1 + r \times \sin \varphi_1 \times \operatorname{tg} \varphi_1}{\operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi} - r \times \sin \varphi_1 \right) / \sin \varphi_1 + \frac{\pi \times r \times \varphi}{180} \quad (3)$$

Варьируя параметром подачи режущего инструмента можно получить разные величины длин полного профиля рисок. Принято допущение, что покрытие гомогенно и имеет одинаковую толщину 1 мм, контакт покрытия и профиля поверхности полный с равномерно распределённой прочностью.

Как известно, прочное соединение частицы с основой наступает только при подогреве заготовки до определённой температуры, соответствующей заполнению контактной поверхности под частицей очагами схватывания на 40-70%. Такое заполнение свидетельствует о достаточной глубине развития химического взаимодействия частиц с основой. Для увеличения прочности сцепления покрытия с основой необходимо не только улучшать качество профиля поверхности детали-основы перед напылением, но и учитывать факторы, влияющие на деталь при его эксплуатации. Главный фактор, влияющий на прочность соединения напылённого покрытия с поверхностью детали-основы, является полное взаимодействие напылённых частиц с основой.

Выводы

1. В результате теоретических и экспериментальных исследований было установлено, что геометрические параметры режущего лезвия инструмента такие как главный угол в плане – φ и вспомогательный – φ_1 на прочность сцепления напылённого слоя с подложкой оказывает незначительное влияние.

2. Такой параметр режимов резания как подача S мм/об инструмента или детали на один оборот оказывает существенное влияние на прочность сцепления напылённого слоя с подложкой.

Список использованных источников

1. Хасуй А. Техника напыления. Пер. с японского. – М.: Машиностроение, 1975, 279 с.
2. Кудинов В.В., Иванов В.М. Нанесение плазмой тугоплавких покрытий. – М.: Машиностроение, 1981, 192 с., ил.

АЛГОРИТМ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ ТОРЦЕВОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ ФРЕЗАМИ С СМП

Командина А. А. – магистрант, Некрасов В. Н. – к.т.н., ст. преподаватель, Дудкевич А.Г. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет (г.Барнаул)

Для различных типов производства проектирование технологической операции по одним и тем же критериям не желательно. Наилучшим выходом в данном случае является двухкритериальный алгоритм проектирования [1], позволяющий спроектировать операцию оптимально отвечающую заданному типу производства.

Разработанный алгоритм проектирования операции включает в себя два блока оптимизации: 1) блок технологической оптимизации, позволяющий определить режимы резания, марку твердого сплава и тип режущей пластины, обеспечивающие максимальную производительность; 2) блок экономической оптимизации, позволяющий определить режимы резания, марку твердого сплава и тип режущей пластины, обеспечивающие минимальную себестоимость обработки заданной площади заготовки.

Первый блок опирается на ранее разработанную модель торцевого фрезерования [2]. Предлагаемый процесс моделирования представляет собой реализацию модели формирования топографии обработанной поверхности при торцевом фрезеровании с заданными исходными данными. На основе рассчитанной топографии поверхности можно рассчитать любой параметр шероховатости, как установленный государственным

стандартом, так и принятый на предприятии. Кроме того, оценить значение отклонения полученной поверхности от плоскостности и номинального размера. Для оптимизации используется метод номограмм.

Блок экономической оптимизации реализован также с использованием графического метода. На основе исходных данных и результатов работы процедур выбора оборудования и инструмента определяются ограничения в виде системы уравнений. По полученной системе уравнений в прямоугольной системе координат строится область допустимых значений и с учётом функции цели определяется её экстремум. Полученные значения режимов резания являются результатом работы блока и обеспечивают минимальную себестоимость обработки.

Таким образом, разработанный алгоритм позволит проектировать операции торцевого фрезерования стали с оптимальными типом сменной многогранной пластины, маркой твердого сплава и режимами резания, обеспечивающими максимальную производительность обработки либо минимальную себестоимость, учитывая затраты на инструмент и работу оборудования при обеспечении требуемых вида стружки, точности и качества обработанной поверхности.

Список использованных источников

Бондарь Е. Б. Повышение производительности изготовления деталей из стеклопластика резцами со сменными многогранными пластинами: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. - Б., 2007. -19с.

Командина А. А., Бабушкина Г.В., Дудкевич А.Г., Черданцев А. О, Некрасов В. Н. Теоретическая оценка влияния подачи на шероховатость обработанной поверхности при торцевом фрезеровании. Горизонты образования. Научно-образовательный журнал АлтГТУ Выпуск 12 (2010 г.) <http://edu.secna.ru/publication/5/>

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАЦИИ СНЯТИЯ ЗАУСЕНЦЕВ ПО КОНТУРУ ШАТУНОВ НА ОСНОВЕ РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ ИГЛОФРЕЗЕРНОГО ИНСТРУМЕНТА

Титова Е.В. – аспирант, Кряжев Ю.А. – к.т.н., доцент,

Огневенко Е.С. – аспирант, Гайбович В.В. – студент.

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г.Барнаул)

В настоящее время, не смотря на применение современного оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ), существуют операции, для выполнения которых применяется ручной труд. К таким операциям относятся, в частности, снятие заусенцев после контурной обработки деталей. Как известно, применение ручного труда не позволяет обеспечить высокую степень постоянства параметров качества обрабатываемых деталей, снижает производительность обработки, приводит к повышенной травмоопасности на производстве. Таким образом, весьма актуальным направлением научных исследований является разработка и внедрение иглофрезерного инструмента на операциях снятия заусенцев.

Применение иглофрезерного инструмента для механизации операции снятия заусенцев предполагает решение следующих задач:

1. Выбор вида иглофрезерного инструмента (дисковый, торцевой, для обработки внутренних поверхностей);
2. Разработка конструкции инструмента для условий обработки;
3. Лабораторные испытания инструмента с целью определения основных параметров режущих элементов (диаметр проволоки, длины вылета, коэффициент плотности проволочного ворса), режимов резания;

4. Расчет выходных технологических параметров (производительности, экономической эффективности и др.).

В рамках проведения научно-исследовательской работы по механизации процесса снятия заусенцев после контурной обработки детали «Шатун» (рисунок 1) на ОАО «Барнаултрансмаш» была разработана перспективная конструкция иглофрезы торцевого типа (рисунок 2).



Рисунок 1 – Общий вид обрабатываемого шатуна 1204-12А

Режущие элементы иглофрезы изготавливались из пружинной проволоки ГОСТ 9389-75, изготовленной из стали 65Г по ГОСТ 1050-88 диаметром 0,5 мм, длиной вылета 30 мм, коэффициентом плотности проволочного ворса 0,7. Режимы резания выбирались на основании рекомендации работы [1]: продольная подача – 200 мм/мин, частота вращения – 400 об/мин.



Рисунок 2 – Общий вид торцевой иглофрезы для снятия заусенцев

Расчет трудоемкости обработки шатунов 1204-12А показал, что применение иглофрезерной обработки позволяет снизить основное время на операции по снятию заусенцев с 3,7 мин до 1,8 мин, вспомогательное время с 1,6 мин до 1 мин.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что внедрение механизированного процесса снятия заусенцев на основе применения иглофрезерного

инструмента позволит снизить трудоемкость операции более чем в 2 раза, ликвидировать тяжелый ручной труд, снизить травмоопасность на рабочем месте.

Ковшов, А. Н. Нетрадиционные методы обработки материалов [Текст] / А. Н. Ковшов, Ю. Ф. Назаров, В. М. Ярославцев. – М : МГОУ, 2007. – 211 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАКАТЫВАНИЯ РЕЗЬБ

Гришаев М.Е. – к.т.н., преподаватель, Мищенко М.В. – к.т.н., преподаватель,

Гончар Л.Л.- к.т.н, доцент

«Военный авиационный инженерный университет» (г. Воронеж)

Значительная часть деталей, используемых в машино- и приборостроении, нефтегазовой промышленности, аэрокосмической и специальной технике, производстве товаров народного потребления, строительстве и других отраслях народного хозяйства содержит резьбы. Эксплуатационные характеристики данных деталей в существенной степени определяются качеством изготовления резьб. Существующие методы обработки резьб отличаются большим разнообразием. Большой вклад в разработку теории и практики обработки резьб внесли научные школы г. Москвы, Санкт-Петербурга, Брянска, Тулы, Челябинска. Из отечественной и мировой практики известно, что наиболее современным и перспективным способом получения резьб и профилей является высокопроизводительная обработка пластическим деформированием – накатывание. В работах А. Кепхарта, А.В. Киричека, И.В. Кудрявцева, В.В. Лапина, Э.П. Лугового, В.М. Меньшакова, Ю.А. Миропольского, Г.П. Мосталыгина, М.И. Писаревского, Ю.Г. Проскурякова, Э.В. Рыжова, Т.А. Султанова, А.И. Якушева, и многих других исследователей установлено, что накатанные резьбы имеют более высокую статическую и усталостную прочность. Однако, область применения этого прогрессивного метода в настоящее время ограничена. Резьбонакатывание не нашло широкого применения в отечественной промышленности для изготовления как ходовых, так и крепежных резьб на ответственных тяжело нагруженных деталях, таких как ответственные болтовые соединения транспортной и строительной техники, ответственные соединения труб нефтяного сортамента и строительной арматуры. Одной из основных причин этого является то, что степень и глубина упрочнения, получаемые при накатывании резьб, часто являются недостаточными для ответственных тяжело нагруженных деталей. Повышение степени упрочнения может быть достигнуто путем применения труднообрабатываемых или предварительно упрочненных материалов. Однако, накатывание резьб на заготовках из подобных материалов практически не используется в отечественной промышленности вследствие малой стойкости инструмента и опасности разрушения витков накатываемой резьбы из-за исчерпания запаса пластичности. Накатывание не нашло широкого применения также для получения резьб со сложной криволинейной формой профиля (круглых, арочных, с замковым профилем и т.п.), крупных трапецеидальных и конических резьб. Одной из основных причин данных ограничений является отсутствие рекомендаций по выбору рациональных схем деформирования при формировании профиля резьбы. Выбор нерациональной схемы приводит к значительной неравномерности нагружения и повышенному износу резьбонакатного инструмента, возникновению значительных напряжений и накопленных деформаций, приводящих к разрушению накатываемой на заготовке резьбы [1].

Расширение области применения резьбонакатывания в первую очередь требует исследования силовых факторов процесса. Известно, что силы накатывания определяются мгновенной площадью пятна контакта и величиной контактных давлений. Контактные давления, в свою очередь, зависят от механических свойств материала заготовки и схемы деформирования. Несмотря на большое количество работ, посвященных классификации способов накатывания резьб, схемам деформирования при резьбонакатывании не уделялось

достаточного внимания. Практика в данной области опередила теорию, в промышленности применяется несколько различных схем деформирования при накатывании резьбы.

Выбор рациональной схемы деформирования для накатывания конкретного профиля резьбы представляет собой достаточно сложную задачу. Локальная пластическая деформация при накатывании резьб и профилей носит сложный, объемный характер. Технологические процессы накатывания резьб и профилей невозможно в полной мере отнести ни к объемному, ни к поверхностному пластическому деформированию (ППД), так как хотя пластической деформации подвергается лишь поверхностный слой деформируемого тела, однако при этом имеет место существенное изменение его формы путем образования на поверхности периодически повторяющихся или единичных выступов и впадин. В связи с этим, процессы поверхностного пластического формоизменения занимают промежуточное положение между ППД и объемной обработкой давлением (поперечно-винтовой или поперечно-клиновой прокаткой, валковой штамповкой и т.п.).

Из существующих теоретических методов для исследования пластической деформации широко применяется теория пластичности. В связи со сложным, объемным характером пластической деформации при поверхностном пластическом формоизменении точное решение уравнений теории пластичности затруднительно. Наиболее перспективно моделирование полей напряжений и деформаций численными методами, в частности методом конечных элементов (МКЭ) [2].

Значительная глубина упрочнения может быть достигнута статико-импульсной обработкой (СИО), предложенной А.В. Киричком, А.Г. Лазуткиным и Д.Л. Соловьевым. СИО осуществляется в условиях сочетания периодического динамического и постоянного статического воздействия деформирующего инструмента на обрабатываемую поверхность. Динамическое (ударное) воздействие позволяет создавать большие напряжения в пятне контакта инструмента и заготовки при сравнительно небольшой затраченной мощности, а статический поджим способствует более эффективной передаче ударного импульса в очаг деформации обрабатываемую поверхность. Важной особенностью СИО является возможность формирования гетерогенно упрочненного поверхностного слоя. Чередование более твердых участков с более вязкими способствует торможению микротрещин и повышению усталостной прочности материала. Надежные теоретические методики выбора режимов СИО резьб и профилей отсутствуют.

Таким образом, требует глубокого изучения задача по повышению эффективности резьбонакатывания при получении ответственных тяжело нагруженных резьб на заготовках из труднообрабатываемых материалов, резьб с криволинейным профилем и крупным шагом, а также крупных конических резьб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Резьбонакатывание. Библиотека технолога./ А.В. Киричек, А.Н. Афонин. - М.: Машиностроение, 2009. – 312 с.
2. Информационно-аналитическое обеспечение упрочнения статико-импульсной обработкой / А.В. Киричек, Д.Л. Соловьев, А.Н. Афонин, А.В. Волобуев. - М.: Машиностроение-1, 2009. – 170 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ОСНОВНЫХ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ ОЦЕНОК ПОГРЕШНОСТЕЙ ДЛЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ РАСХОДА, ОБЪЕМА И МАССЫ ЖИДКОСТЕЙ

Копытин И.А. – адъюнкт, Спиридонов Е.Г. – д.т.н., профессор
«Военный авиационный инженерный университет» (г. Воронеж)

В настоящее время становятся все более актуальными задачи повседневной экономии и бережливого расходования нефтепродуктов в подразделениях и авиационных частях. Одним из способов решения этих задач является охват всего процесса: получения, распределения и потребления учетными операциями. Только правильно сбалансированный учет и строгий контроль расходования топливными ресурсами могут обеспечить их эффективную экономию. Поэтому повышение точности измерений и оценок погрешностей средств измерений (СИ) массы и объема жидкости имеет важное значение.

При проектировании новых СИ предъявляются повышенные требования в отношении их точности и диапазона измерения не только в обычных, но и в особо сложных условиях. Как следствие, СИ все более дифференцируются и по области применения, и по принципам действия. Возникает необходимость построения способов нормирования характеристик СИ на единой принципиальной основе. Кроме того, в большинстве случаев нормированные в нормативно-технической документации СИ характеристики их погрешностей не могут рассматриваться как исходные данные, необходимые для получения оценок погрешностей СИ [1].

Стандарт [2] определяет номенклатуру метрологических характеристик большинства типов СИ и основан на применении статистических методов их нормирования. Эти характеристики погрешностей типа СИ могут рассматриваться как исходные нормативные данные, необходимые для получения оценок погрешностей СИ.

Однако нормирование характеристик типа СИ целесообразно лишь для тех СИ, у которых свойства совокупности их экземпляров достаточно однородны. Во всех других случаях приходится нормировать допускаемые изменения погрешности СИ или граничные функции влияния с последующим построением индивидуальной функции влияния для каждого экземпляра СИ.

Кроме того, часто возникает необходимость в установлении индивидуальной градуировочной характеристики конкретных экземпляров СИ для конкретных или рабочих условий их эксплуатации. При получении оценок погрешностей СИ эти характеристики рассматриваются как экспериментальные исходные данные. Такие оценки являются более точными. Однако все это обуславливает возрастание затрат труда и времени при экспериментальных исследованиях СИ. Поэтому они составляют во многих случаях существенную часть общих затрат на разработку и изготовление СИ.

Одновременно необходимо подчеркнуть, что методы получения оценок погрешностей СИ как по нормативным, так и по экспериментальным исходным данным приходится разрабатывать на основе определенных предпосылок, которые часто не выполняются. Это приводит к возрастанию погрешностей получения таких оценок. С целью исключения значительных методических погрешностей, представляется плодотворным получение оценок погрешностей каждого экземпляра СИ по соответствующим их моделям, построенным в процессе экспериментальных исследований. Как известно, после таких исследований для проверки гипотезы об адекватности построенной модели применяются статистические критерии.

Таким образом, модели погрешностей СИ обеспечивают получение наиболее точных оценок. Однако традиционные процедуры их построения требуют значительных затрат. Кроме того, при построении моделей второго порядка значительно и резко ухудшаются показатели эффективности соответствующих процедур. Поэтому процедуры их построения не находят широкого применения в метрологической практике [1].

В общем случае оценки погрешностей СИ могут быть получены по следующим исходным данным [2]: расчетным Δ_{pi} и экспериментальным Δ_{ei} .

Указанные виды исходных данных обуславливают и соответствующие методы получения оценок погрешности СИ. При рассмотрении их особенностей воспользуемся принятой в основах теории статистических измерений, формой выражения процедуры получения оценок.

Первый метод. Формально процедура получения оценок погрешностей СИ по первому методу $\Delta_{1.m}$ может быть представлена следующим образом:

$$\Delta_{1.m} = A_p [\Delta_{pi}], \quad (1)$$

где A_p - алгоритмы вычисления по Δ_{pi} , $i = 1, 2, \dots, n_p$, n_p - число расчетных исходных данных.

Этот метод получения оценок $\Delta_{1.m}$ представляет собой расчет погрешности измерительных устройств по Δ_{pi} (по первичным погрешностям) и являются предметом исследования теории точности измерительных устройств или систем [3,4].

Однако оценки первичных погрешностей носят лишь расчетный характер. Поэтому этот метод получения оценок погрешностей СИ применяется на стадии проектирования измерительных устройств, когда еще отсутствуют изготовленные и испытанные экземпляры.

Второй метод. Этот метод является составной частью процедуры получения оценок погрешности таких измерений, при которых учитывают индивидуальные свойства конкретных экземпляров СИ и контролируют характеристики условий измерений. При таком подходе обеспечивается наибольшая точность оценок погрешностей. Поскольку нормы Δ_{ni} относятся к любым экземплярам определенного типа, у экземпляра, используемого в конкретных измерениях, действительные свойства $\Delta_{эi}$ могут по-разному отличаться от их норм. В общем случае процедура получения оценок $\Delta_{2.m}$ (по второму методу) может быть представлена следующим образом:

$$\Delta_{2.m} = A_э [\Delta_{эi}], \quad (2)$$

где $A_э$ - алгоритмы вычислений по $\Delta_{эi}$, $i = 1, 2, \dots, n_э$, $n_э$ - число экспериментальных исходных данных.

Одновременно необходимо отметить, что процедура получения оценок $\Delta_{2.m}$ от процедуры получения оценок $\Delta_{1.m}$ отличаются тем, что в большинстве случаев исходными данными являются не характеристики типа СИ, а характеристики конкретных экземпляров СИ. Поэтому выражение (2) может быть представлено в следующем виде:

$$\Delta_{2.m} = A_{xэ} [\Delta_{xэj}], \quad (3)$$

где $A_{xэ}$ - алгоритмы вычислений по $\Delta_{xэj}$, $\Delta_{xэj}$ - характерные составляющие погрешности конкретного экземпляра СИ, $j = 1, 2, \dots, m_э$, $m_э$ - число значимых характерных составляющих погрешностей.

Соответственно процедура получения оценок характерных составляющих погрешности $\Delta_{xэ}$ примет следующий вид:

$$\Delta_{xэ} = A_{чэ} (\Delta_{эi}), \quad (4)$$

где $A_{чэ}$ - частные алгоритмы вычислений по $\Delta_{эi}$.

Следовательно, когда методы получения оценок могут основываться когда характерные составляющие погрешностей СИ являются независимыми и когда экспериментальными исходными данными являются характеристики конкретных экземпляров СИ, выражение (3) может быть конкретизировано следующим образом:

$$\Delta_{2.m} = \Delta_{cст} + \Delta_{сдин} \pm K \sqrt{\left[\sigma \left(\overset{\circ}{\Delta}_{cm} \right) \right]^2 + \left[\sigma \left(\overset{\circ}{\Delta}_{дин} \right) \right]^2}, \quad (5)$$

где $\Delta_{ст}$ - систематическая статическая погрешность экземпляра СИ, $\Delta_{дин}$ - систематическая динамическая погрешность экземпляра СИ, K - коэффициент, зависящий от вида закона распределения случайных погрешностей и от заданной вероятности P , $\sigma(\overset{\circ}{\Delta}_{ст})$ - среднее квадратическое отклонение случайной статической погрешности экземпляра СИ, $\sigma(\overset{\circ}{\Delta}_{дин})$ - среднее квадратическое отклонение случайной динамической погрешности экземпляра СИ.

Таким образом, в большинстве случаев статические и динамические, систематические и случайные погрешности измерительных приборов, оценки которых в метрологической практике получают по расчетным или экспериментальным исходным данным, могут рассматриваться как независимые характерные составляющие погрешностей СИ. Кроме того, оценки собственной случайной погрешности и случайной погрешности от гистерезиса экземпляров рассматриваются как независимые оценки.

Список литературы:

1. Сергеев А.Г. Метрологическое обеспечение автомобильного транспорта.- М.: Транспорт, 1988. – 247 с., ил. 50, табл. 70.
2. Гост 8.009-84. Государственная система обеспечения единства измерений. Нормирование и использование метрологических характеристик средств измерений.
3. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. Пособие для вузов. – 8-е изд., стер – М.: Высш. шк., 2002. – 479с.: ил.
4. Мещеряков В.А., Бедеев Е.А., Мурашкина Т.И. Теория измерений. –М.: Высшая шк., 2007.-151с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АБСОРБЦИОННЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН ДЛЯ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ

Маслов В.А. – к.т.н., Копытин И.А. - адъюнкт

«Военный авиационный инженерный университет» (г. Воронеж)

В настоящее время кондиционирование объектов осуществляется, как правило, холодильными установками, работающими по циклу парокомпрессионной холодильной машины. Парокомпрессионные холодильные машины имеют ряд недостатков: высокую стоимость хладагента (хладона), большие энергозатраты, шумность. Применение же теплоиспользующих холодильных машин позволит избежать этих недостатков. Абсорбционные холодильные машины (АХМ) изобретены Лесли (1810 г.) и Карре (1850 г.). Отличительной особенностью этих типов машин от парокомпрессионных и газовых холодильных машин является принцип получения в них холода за счет использования теплоты греющих источников. Для привода насосов в АХМ необходимо небольшое количество электроэнергии, которое практически не учитывают в их тепловых балансах.

В АХМ получается единый контур теплоиспользующей машины — АХМ с совмещенными прямым и обратным циклами. Одним из основных процессов АХМ является абсорбция, которая в общем виде представляет собой поглощение газа (пара) жидким поглотителем (абсорбентом). В абсорбционных процессах участвуют две фазы — жидкая и газовая, и происходит переход вещества из газовой фазы в жидкую. Таким образом, абсорбционные процессы являются одним из видов процессов массопередачи. В абсорбционных холодильных машинах абсорбция пара хладагента сопровождается выделением теплоты, следовательно, в данном случае происходит одновременный массо-и теплоперенос [1].

Аналогично теплопереносу массоперенос является сложным процессом, состоящим из процессов переноса вещества в пределах каждой из фаз и переноса вещества через границу раздела фаз. Поэтому при протекании абсорбционных процессов поверхность соприкосновения фаз должна быть как можно большей, что реализуется в конструкциях абсорбционных аппаратов.

Движущей силой процесса переноса вещества является отклонение системы от равновесия. Применительно к АХМ в паровой фазе ею является разность давлений пара хладагента в общем объеме и непосредственно у поверхности соприкосновения фаз, в жидкой фазе — разность концентраций хладагента у поверхности контакта фаз и в общем объеме абсорбента.

Вследствие разности давлений молекулы пара подлетают к поверхности соприкосновения фаз и захватываются (притягиваются) абсорбентом. Это происходит в результате того, что в растворе между молекулами абсорбента и хладагента всегда имеет место физическое взаимодействие, выражающееся во взаимном притяжении молекул. На поверхности абсорбента пар хладагента превращается в жидкость с выделением теплоты фазового перехода. И далее жидкий хладагент в результате наличия градиента концентраций растворяется в абсорбенте с выделением теплоты растворения. Таким образом, теплота абсорбции на 1 кг хладагента в основном включает в себя удельную теплоту конденсации хладагента и дифференциальную теплоту растворения хладагента в абсорбенте.

При абсорбции чистых компонентов, что имеет место в АХМ, сопротивление переносу массы преимущественно определяется сопротивлением жидкой фазы, зависящим, как правило, от молекулярной и конвективной диффузий хладагента в абсорбенте [2].

Из-за возросших требований, связанных с созданием безотходной технологии различных производств и экономией топливно-энергетических ресурсов, абсорбционные холодильные машины стали широко применять в промышленности на тех объектах, которые располагают источниками дешевой теплоты. АХМ по температурному уровню охлаждаемого источника разделяют на две подгруппы: АХМ для области положительных и АХМ для области отрицательных температур охлаждения; некоторые типы АХМ могут применяться как в области отрицательных, так и в области положительных температур охлаждения. В зависимости от используемых в настоящее время в промышленных АХМ рабочих веществ их можно разделить на две основные группы: водоаммиачные и бромистолитиевые. По типу циклов АХМ можно разделить на АХМ с одно- и многоступенчатыми циклами. АХМ с одноступенчатыми циклами в основном используют для выработки холода в области положительных и отрицательных температур охлаждения (до $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$). Для получения холода с температурой ниже $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ применяют, как правило, двухступенчатые АХМ; могут применяться и трехступенчатые АХМ, а также машины с двумя и более температурными уровнями охлаждения.

На выбор типа АХМ и ее схемы основное влияние оказывают требования объекта, особенности технологического процесса, обслуживаемого АХМ, температурный уровень и виды греющего, охлаждаемого источников и источника окружающей среды, стоимостные показатели теплоты, охлаждающей воды, рабочих веществ, конструкционных материалов АХМ и другие факторы. На выбор АХМ существенное влияние оказывает вид выпускаемой продукции на предприятии или деятельности воинской части. Следует иметь в виду то обстоятельство, что наличие дешевой теплоты технологических процессов с необходимым температурным уровнем для обогрева генераторов АХМ практически всегда предопределяет экономическую целесообразность их применения для выработки холода. Однако в каждом случае выбор типа АХМ должен устанавливаться на основе технико-экономических расчетов или комплексной оптимизации для конкретных условий эксплуатации АХМ на объекте [3].

Теплота в АХМ переносится от источника низкой температуры $T_{\text{инт}}$ (охлаждаемого объекта) к источнику окружающей среды с температурой $T_{\text{о.с}}$ с помощью системы совмещенных прямого и обратного циклов раствора за счет теплоты греющего источника с температурой $T_{\text{н}}$.

Схема АХМ приведена на рис. 1. В генераторе 2 осуществляется кипение слабого (по абсорбенту) раствора вследствие подвода теплоты от греющего источника. Образующийся при этом пар рабочего вещества (растворителя) поступает в конденсатор 3, где конденсируется путем отвода теплоты конденсации к источнику окружающей среды.

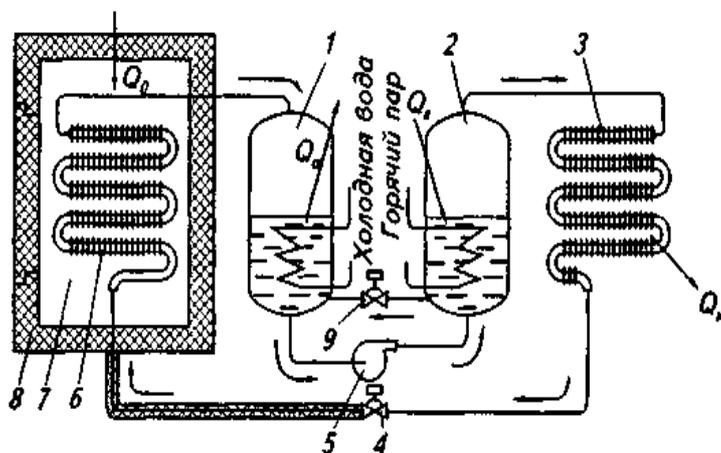


Рис. 1. Схема абсорбционной холодильной машины

Жидкость, полученная в конденсаторе, расширяется в дроссельном вентиле 4 и поступает в испаритель 6. Вследствие подвода теплоты от источника низкой температуры в испарителе происходит кипение жидкости и образующийся при этом пар поступает в абсорбер 1. Крепкий (по абсорбенту) раствор из генератора через дроссельный вентиль 9 также поступает в абсорбер. В генераторе поддерживается давление конденсации, а в абсорбере — давление кипения, так как указанные аппараты соединены по паровому пространству соответственно с конденсатором и испарителем. В абсорбере пар поглощается крепким раствором, концентрация которого снижается и достигает концентрации, соответствующей начальному ее значению при кипении раствора в генераторе. Теплота, выделяющаяся при абсорбции пара раствором, отводится к источнику окружающей среды. Слабый раствор, образовавшийся в конце процесса абсорбции, отводится из абсорбера в генератор насосом 5.

Термодинамические принципы АХМ наиболее просто можно представить в предположении, что прямые и обратные циклы осуществляются между источниками с постоянными температурами, что облегчает анализ и сводит его к рассмотрению эквивалентных циклов Карно при совершенном теплообмене. В прямом цикле тепловой двигатель, расходуя теплоту греющего источника с температурой T_h , отдает источнику окружающей среды с температурой T_{oc} количество теплоты Q_a и производит механическую работу L . Это количество работы при использовании в холодильной машине позволит отвести теплоту в количестве Q_0 от источника низкой температуры с потенциалом $T_{инт}$ и передать источнику окружающей среды теплоту в количестве Q_k . [4]

Термический КПД прямого цикла теплового двигателя

$$\eta_{mk} = L / Q_h, \quad (1)$$

где L – механическая работа, Q_h – теплота греющего источника.

$$\eta_{mk} = (T_h - T_{oc}) / T_h, \quad (2)$$

где T_{oc} – температура окружающей среды, T_h – температура греющего источника.

В рассматриваемой системе вся работа теплового двигателя затрачивается холодильной машиной без потерь.

Холодильный коэффициент обратного цикла

$$\varepsilon_k = Q_0 / L_0, \quad (3)$$

где Q_0 – количество теплоты отведенной от источника низкой температуры, L_0 – затраченная работа.

$$\varepsilon_k = T_{\text{инт}} / (T_{\text{ос}} - T_{\text{инт}}), \quad (4)$$

где $T_{\text{инт}}$ – температура источника низкой температуры.

Тепловой баланс АХМ

$$Q_0 + Q_h + Q_n = Q_a + Q_k, \quad (5)$$

где Q_n — работа насоса для подачи крепкого раствора из абсорбера в генератор, Q_a , Q_k – теплота, переданная окружающей среде.

Эффективность АХМ будет зависеть только от значений абсолютных температур греющего и охлаждаемого источников и источника окружающей среды.

Проведенный анализ показывает, что использование теплоиспользующих холодильных машин для охлаждения объектов воинских частей экономически более целесообразно при наличии дешевой энергии греющего источника, чем применение традиционных парокомпрессионных холодильных машин.

Список литературы:

Бараненко А. В. Холодильные машины. Учебник для ВУЗов.-СПб.: Политехника, 1997, -992 с.

2. Курылев Е. С. Холодильные установки. Учебник для ВУЗов. – СПб.: Политехника, 2002. – 576 с

3. Шавра В. М. Основы холодильной техники и технологии пищевых отраслей промышленности. – М.: ДеЛи принт, 2002. – 126 с.

4. Айнштейн В. Г. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии. Учебник для ВУЗов. – М.: Логос; Высшая школа, 2002. 1784 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСА РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН В УСЛОВИЯХ РЯДОВОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Н.М. Мишустин - аспирант, Д. И Снегирёв - студент, А.С. Шайхудинов – к.т.н,

А.В. Ишков - к.х.н., д.т.н., профессор

ФГОУ ВПО «Алтайский государственный аграрный университет», (г. Барнаул)

При создании новых конструкционных материалов и покрытий весьма важно оценить их физико-механические характеристики в лабораторных и в реальных условиях, так как данные, полученные в лабораторных условиях, могут не совпадать с параметрами изделий прошедших испытание в условиях рядовой эксплуатации. Использование стандартной методики проведения испытаний в соответствии с различными ГОСТ-ами могут показать большие значения твёрдости, прочности в общем обеспечить многократный выигрыш по сравнению с контрольным образцом, что может не соответствовать результатам испытаний проведённым в реальных условиях эксплуатации.

Среди множества используемых в настоящее время технологий минимальной обработки почвы наибольшее распространение получили процессы, основанные на снижении глубины обработки, уменьшении интенсивности воздействия на почву, а также минимизации количества проходов почвообрабатывающих агрегатов по полям, за счет совмещения нескольких технологических операций в одной машине - почвообрабатывающем комплексе (ПК) [1]. Для осуществления основных агротехнических мероприятий по ресурсосберегающим технологиям создано множество машин, основным рабочим органом которых является стрельчатая лапа (СЛ) [2]. При этом износ СЛ, работающих в составе культиваторов, рыхлителей, сеялок и ПК, как основных почвообрабатывающих орудий,

является главным параметром, снижающим не только экономические показатели, но и качество проводимых агромероприятий [3]. В то же время известно, что технологические особенности упрочнения почвообрабатывающего органа сильно влияют на его работу в реальных условиях [4].

Целью настоящей работы являлась оценка износа в условиях рядовой эксплуатации функционального боридного покрытия полученного на поверхности стрелчатой лапы при ТВЧ-нагреве с предварительно нанесённой на её поверхность борирующей обмазкой.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Поверхностному упрочнению подвергались типовые СЛ, используемые на посевном комплексе ПК-9,7 «Кузбасс», производства ОАО «Авторемзавод Ленковский» цельноштампованной конструкции, выполненные из листа стали 65Г, толщиной 6 мм.

В качестве обмазки для поверхностного упрочнения при скоростном борировании в условиях ТВЧ-нагрева использовалась смесь, содержащая карбид бора и плавненный флюс для индукционной наплавки в различном количественном сочетании, приготовленная по методике представленной в работе [5]. Нагрев СЛ осуществлялся в специальном петлевом водоохлаждаемом индукторе, подключенном к высокочастотному ламповому генератору. После нагрева до температуры порядка 1100-1250 °С и выдержки при указанной температуре в течение от 1 до 2 мин СЛ вынимались из индуктора либо остывали свободно, либо подвергались объемной закалке в масле.

Полевой эксперимент проводился в с. Семёновка Кулундинского района Алтайского края весной 2010 г. Поверхностно-упрочненные лапы устанавливались на культиваторную секцию почвообрабатывающего комплекса «Кузбасс» ПК-9,7 как в первый, так и во второй ряд сошников, за исключением позиций по колее трактора, после чего комплексом проводился прямой посев яровой пшеницы по стерневому фону без осенней обработки. Характеристика почвы: тип - тяжелая каштановая среднесуглинистая песчаная, твердость 1,6-1,8 МПа, плотность 1090-1620 кг/м³, влажность 19-21 об.%. Средняя скорость машинно-тракторного агрегата составила 1,94-2,17 м/с.

Весовой износ определялся взвешиванием очищенных СЛ на лабораторных весах CAS MWP-3000, линейный износ - измерением размеров СЛ штангенциркулем ШЦ-II-250-0,05 а их абрисов - курвиметром КМ.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В качестве основных технологических факторов, влияющих на износ поверхностно-упрочненных лап были исследованы: способ нанесения обмазки на поверхность лапы, предварительная подготовка поверхности, термообработка. Параметрами, контролируруемыми при износе СЛ в реальных условиях являлись: ширина захвата лапы (B), ширина крыла лапы (b), длина крыла лапы (l), площадь перекрытия лапы (S), средний весовой износ (m), а также качественные параметры износа поверхности лап и их отдельных участков.

Изошенные поверхностно-упрочненные СЛ сравнивали с контрольными образцами, в качестве которых выступали объемно закаленные СЛ с твердостью поверхности 34 HRC₃ и коммерческие СЛ, последовательно подвергнутые традиционному упрочнению путем объемной закалке, поверхностной ТВЧ-закалке и электроискровому поверхностному легированию спеченным сплавом ВК5, с твердостью поверхности до 52 HRC₃.

Всего было исследовано шесть вариантов нанесения борирующей обмазки (I -VI - первая позиция шифра) с предварительной зачисткой поверхности СЛ и без (II, БП - третья позиция), при выдержке в индукторе 1 и 2 мин (1, 2 - вторая позиция), с последующей объемной закалкой СЛ или без нее (3, О - последняя позиция шифра). Данные по износу различных поверхностно-упрочненных СЛ относительно контроля приведены в таблице 1.

В полевом эксперименте ПК было обработано 400 га, что составило 12,5 га наработки на каждую СЛ культиваторной секции. Это свидетельствует о тяжелых условиях работы ПК в засушливый весенний период 2010 г на почвах исследованного типа и повышенном износе коммерческих СЛ (как объемно закаленных, так и упрочненных традиционным способом) - рисунок 1.

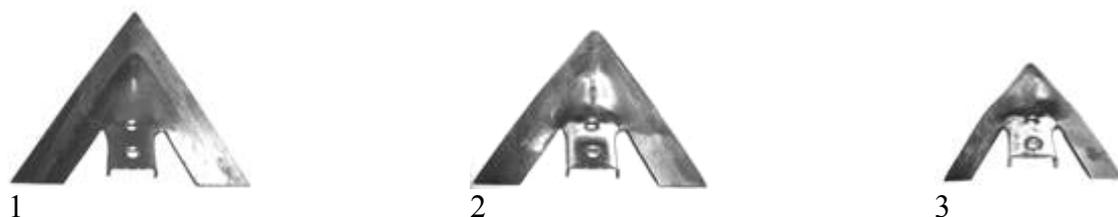


Рис.1. Фотографии стрелчатых лап: 1 - исходная лапа до испытаний; 2 - упрочненная по схеме IV-1-БП,З после испытаний; 3 - коммерческая (производства ОАО «Авторемзавод Ленковский») после испытаний

Внешний вид коммерческих СЛ, приведенный на рис. 1, свидетельствует, что традиционная технология поверхностного упрочнения почвообрабатывающего органа не дала желаемого результата, в то время как СЛ, поверхностно-упрочненная при нанесении борлирующей смеси на 2/3 обратной стороны режущей кромки и носок лапы, выдержанная в индукторе 2 мин, с предварительно зачищенной под борирование поверхностью и объемно закаленная после ТВЧ-нагрева практически сохранила исходную геометрию, а ее износ незначителен (табл. 1).

Как следует из табл. 1, вне зависимости от варианта нанесения обмазки на поверхность СЛ, у всех поверхностно-упрочненных образцов наблюдается износ от 8 до 27 % по отдельным размерным параметрам, в то время как контрольные СЛ в аналогичных условиях изнашиваются от 25 до 40 %. У СЛ, упрочненных нанесением обмазки по вариантам I, II, IV, V наблюдается полное срабатывание фрезерованной кромки, образование обратной фаски (примерно одинаковой ширины 4-6 мм для всех вариантов нанесения обмазки), самозатачивание кромки лезвия. У СЛ с III вариантом нанесения обмазки наблюдается меньшее изменение формы носка, чем у вариантов I-V, однако исчезает эффект самозатачивания, наблюдается затупление лезвия с радиусом кромки 1,3-1,5 мм, что совпадает с литературными данными для почв исследованного типа [6].

Таблица 1 - Относительный износ поверхностно-упрочненных стрелчатых лап

Шифр	Износ по параметру I_x , %					Постановка на ПК
	<i>B</i>	<i>b</i>	<i>l</i>	<i>S</i>	<i>m</i>	
I-2-БП,О	12,	17,	20,	33,8	28,6	первый ряд
	1	2	7			
II-1-П,О	12,	27,	21,	33,4	34,5	второй ряд
	7	9	5			
III-1-БП,О	12,	16,	20,	34,9	28,6	первый ряд
	3	8	9			
V-2-БП,З	9,9	8,8	13,	23,5	19,1	первый ряд
			7			
V-1-П,З	9,3	16,	13,	25,2	25,0	второй ряд
		3	2			
IV-1-БП,О	27,	33,	30,	49,4	44,1	первый ряд
	4	8	0			
IV-2-П,О	28,	52,	33,	51,8	55,9	второй ряд
	2	3	3			
I-1-БП,О	8,4	11,	13,	23,5	20,2	первый ряд
		1	6			
VI-2-П,З	25,	36,	31,	50,5	35,7	первый ряд
	9	4	3			
контроль	19,	43,	32,	50,4	40,5	второй ряд
	9	6	5			

Таким образом, проведенные исследования позволили установить характер влияния отдельных технологических факторов, способа и места нанесения упрочняющего покрытия на износ стрелчатых лап в условиях реальных полевого эксперимента.

ВЫВОДЫ

На износ стрелчатых лап, подвергнутых поверхностному упрочнению при скоростном борировании при ТВЧ-нагреве, оказывают влияние следующие технологические факторы: способ нанесения борлирующей обмазки на поверхность лапы, предварительная подготовка поверхности, время выдержки в индукторе при оптимальной температуре, последующая термообработка.

Оптимальным сочетанием технологических факторов, обеспечивающим минимальный износ поверхностно-упрочненных стрелчатых лап является сплошное нанесение борлирующей обмазки на предварительно зачищенные 2/3 обратной стороны режущей кромки лапы и ее носок, выдержка в индукторе при оптимальной температуре в течение 2 мин и последующая объемная закалка.

Работа поддержана грантом РФФИ № 11-08-98016-р_сибирь_a.

Литература:

Беляев В.И. Ресурсосберегающие технологии - основа эффективного земледелия. // Алтай: Село и город. -2006. -№ 6. -С.26-27.

Циммерман М.З. Рабочие органы почвообрабатывающих машин. -М.: Машиностроение, 1978. -295 с.

Инаекян С.А., Рогозников П.А., Цепулин В.А., Гасилин В.И., Коломиец В.В., Дворников В.Н., Хальков В.П. Повышение ресурса культиваторных стрелчатых лап. // Тракторы и сельскохозяйственные машины. -1991. -№ 10. -С. 7-8.

Винокуров В.Н., Ларин Г.И. Исследование влияния длины носка лемеха и угла наклона затылочной фаски лезвия на глубину пахоты и тяговое сопротивление. // Тракторы и сельскохозяйственные машины. -1973. -№ 3. -С. 20-22.

Ишков А.В., Кривочуров Н.Т., Мишустин Н.М., Иванайский В.В., Максимов А.А. Износостойкие боридные покрытия для почвообрабатывающих органов сельхозтехники. // Вестник АГАУ. -2010. - № 10. -С. 85-88.

Ткачев В.Н. Износ и повышение долговечности деталей сельскохозяйственных машин. - М.: Машиностроение, 1971.

ОСОБЕННОСТИ ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В КРИОГЕННЫХ СИСТЕМАХ

Посанчуков Д.П. – адъюнкт, Козлов А.В. – к.т.н., доцент
«Военный авиационный инженерный университет» (г. Воронеж)

Потери эксергии в криогенных системах могут использоваться в качестве универсального критерия термодинамической эффективности. Рассматривается конкретный смысл эксергетических потерь в случае различной постановки задач термодинамического анализа. Показано, что более обоснованные направления энергосбережения в криогенной системе могут быть установлены при сравнении реального цикла с соответствующим циклом без технических потерь.

Эксергетические потери D_e являются универсальным критерием, который можно использовать для оценки эффективности любой термодинамической системы и составляющих её подсистем. Этот показатель, например, применяется для определения работоспособности многопоточных теплообменных аппаратов [1].

В отличие от другого критерия термодинамической эффективности — эксергетического КПД, величина D_e однозначно рассчитывается из эксергетического баланса для выделенной совокупности элементов установки [2]. Кроме того, вследствие справедливости принципа аддитивности потерь [3] существует аналитическая зависимость между эксергетическими

потерями системы и эксергетическими потерями её элементов. Такую зависимость в общем случае невозможно установить для эксергетических КПД.

Использование эксергетических потерь в качестве целевой функции лежит в основе энтропийного метода, развитого для теплотехнических установок [4,5].

Однако в этих и других работах основное внимание уделяется расчёту D_e в элементах установки и практически не рассматриваются вопросы, связанные с улучшениями её энергетических характеристик исходя из значений потерь в отдельных элементах. Последнее требует изучения особенностей эксергетических потерь как критерия, начиная с самой их дефиниции.

В общем случае эксергетические потери являются частью эксергии, превратившейся в энергию вследствие необратимости процессов [6]. Такое определение можно конкретизировать в ряде случаев для всей низкотемпературной установки, воспользовавшись составленным для неё эксергетическим балансом:

$$\sum_{i=1}^m E_i = \sum_{j=1}^r P_j + D_e \quad (1)$$

где E_i — эксергия i -го из m потоков, подведённых к установке; P_j — эксергия j -го из r полученных в установке продуктов; D_e — потери эксергии в установке.

В балансе (1) необходимо иметь в виду, что не всякий подведённый к установке энергетический поток обладает отличной от нуля эксергией. Кроме того, слагаемые P_j , $j=1,2, \dots, r$, отражают не только количество полученного j -го продукта, но и его качество.

Пусть задано количество и качество каждого из j продуктов, $j=1,2, \dots, r$. Тогда для низкотемпературной системы D_e представляет собой дополнительные затраты энергии, необходимые для получения продуктов с заданными количеством и качеством, обусловленные необратимостью процессов.

Пусть заданы значения E_i , $i=1,2, \dots, m$, и показатели качества продуктов. Тогда D_e характеризует суммарные потери продуктов. Для одноцелевой установки величина D_e в этом случае определяет эксергетическую потерю, обусловленную необратимостью при производстве продукта.

Переход от энергетических к эксергетическим потокам делает последние равноценными, т.е. лишает их индивидуальных особенностей. По этой причине, если к установке подводится или от неё отводится несколько эксергетических потоков, то распределить потери D_e между этими потоками не представляется возможным. Например, криогенная установка одновременно производит холод и жидкий продукт на одном температурном уровне, т.е. одного качества. В этом случае в эксергетическом балансе исчезает различие между видами полученных продуктов. Когда установка производит холод на двух температурных уровнях, то в эксергетическом балансе нивелируется качество полученных продуктов.

На основе принципа аддитивности потерь [3] в общем случае суммарная потеря эксергии

$$D_e = \sum_{k=1}^{ne} D_k \quad (2)$$

где D_k — эксергетические потери в k -ом элементе установки ($k=1,2, \dots, ne$).

Их можно конкретизировать, лишь приняв во внимание оговоренные выше постановки задач. Таким образом D_k может представлять собой либо дополнительные затраты энергии при фиксированных количествах и качествах продуктов, либо потери эксергий продуктов при заданном количестве подведённой к установке энергии.

Как отмечено ранее, вне указанных постановок задач трудно установить конкретный смысл эксергетических потерь. Последнее относится также к случаю, когда в качестве целевой функции при термодинамической оптимизации установки используется не величина D_e , а какой-либо относительный показатель типа холодильного коэффициента или эксергетического КПД.

Обычно при рассмотрении характера изменения потерь D_e и D_k , $k=1,2, \dots, ne$, используются неравенства:

$$D_e \geq 0 \quad (3)$$

$$D_k \geq 0, k = 1, 2, \dots, n. \quad (4)$$

Из соотношений (4) вытекает, что знак равенства в выражении (3) имеет место при $D_k=0$, $k=1,2, \dots, ne$.

Следовательно

$$D_e=0 \text{ при } D_k=0, k=1,2, \dots, ne \quad (5)$$

Равенства (5) устанавливают нижний предел изменения потерь в системе и во всех её элементах.

Верхний предел изменения величины D_e может быть найден, если учитывать очевидный тезис, что любая установка должна производить какой-либо продукт нужного качества. Такое утверждение приводит к неравенствам:

$$\sum_{j=1}^r P_j \geq 0 \quad (6)$$

при

$$P_j \geq 0, j=1,2, \dots, r. \quad (7)$$

Из неравенств (6) и (7) вытекает

$$\min \sum_{j=1}^r P_j = 0 \quad (8)$$

Тогда из баланса (1) получаем, что

$$\max D_e = \sum_{i=1}^m E_i \quad (9)$$

Для криогенных рефрижераторных и оживительных установок можно выявить условия, определяющие нулевое значение полученного продукта при заданной постоянной температуре окружающей среды T_{oc} . Ему соответствует состояние насыщенного пара при температуре T_x . Для случаев, когда установлена величина $\max D_e$, появляется возможность вычислить максимально допустимые значения некоторых термодинамических характеристик (гидравлических потерь, недорекупераций, теплопритоков из окружающей среды), как это сделано для дроссельной ступени окончательного охлаждения криогенной установки [7].

Однако обеспечение выполнения равенства (8) может вызвать определённые трудности даже на логическом уровне. Например, если в криогенной системе имеется детандер, который производит используемую работу, то такая работа также должна рассматриваться как продукт установки. Требование равенства нулю этой работы сводится к условию нулевого значения изоэнтропного КПД детандера. Последнее подразумевает фактическую замену детандера на дроссель, что меняет принципиальную схему установки.

Моделирование ситуаций, связанных с влиянием изменения потерь D_k , $k=1,2, \dots, ne$, на величину D_e , целесообразно проводить с помощью вычислительных экспериментов. Для этого удобно использовать классификацию потерь по причине их возникновения, изложенную в монографии [2]. Согласно ей, эксергетические потери делятся на собственные (принципиально неустранимые) и технические (принципиально устранимые).

На сегодняшний день не представляет труда вычислить эксергетические потери в элементах установки. Основная проблема эксергетического анализа заключается в отсутствии алгоритма решения задачи повышения термодинамической эффективности систем, в частности, минимизации их эксергетических потерь.

Основные выводы данной работы сводятся к следующему:

1. Конкретный смысл эксергетических потерь в криогенной установке может быть установлен в задачах, где заданы либо затраты энергии, либо количество и качество полученных продуктов.

2. При выборе переменных, характеризующих изменения эксергетических потерь, целесообразно ограничиваться параметрами, отражающими технические составляющие этих потерь.

3. Условие равенства нулю количества производимых в установке продуктов может быть использовано для вычисления на термодинамическом уровне предельных значений переменных, характеризующих потери.

Литература:

1. Троценко А.В. Анализ работоспособности многопоточных теплообменных аппаратов// Технические газы. - 2003. - № 2. - С. 9-16.

2. Бродянский В.М., Семёнов А.М. Термодинамические основы криогенной техники. — М.: Энергия, 1980. - 448 с.

3. Архаров А.М., Марфенина И.В., Микулин Е.И. Криогенные системы. В 2-х т. Т1. Основы теории и расчёта. - М.: Машиностроение, 1996. - 576 с.

4. Гохштейн Д.П. Энтропийный метод расчёта энергетических потерь. - М., Л.: Госэнергоатомиздат, 1963. - 112 с.

5. Гохштейн Д.П., Верхивкер Г.П. Анализ тепловых схем атомных электростанций.- Киев: Вища школа, 1977. - 240 с.

6. Бэр Г.Д. Техническая термодинамика. - М.: Мир, 1977. - 520 с.

7. Троценко А.В. Предельные эксергетические потери в теплообменном аппарате дроссельной ступени окончательного охлаждения криогенной системы// Технические газы. - 2007. - № 2. - С. 56-60.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ОЦЕНКИ ВОЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ СОЗДАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ВВТ

Синюков В.В., Ткачев В.И. – к.т.н., доцент

ФГОУ ВПО «Военный авиационный инженерный университет (г. Воронеж)»

Оценка военно-экономической целесообразности (ВЭЦ) создания и применения ВВТ должна проводиться на основе количественной оценки значимости ожидаемых результатов, полученных в результате использования предлагаемой техники. В основе такой оценки лежит сопоставление эффекта от использования ВВТ с затратами для достижения этого эффекта. В то же время способы измерения эффекта и подсчета затрат трактуются по-разному, что часто приводит к неправильным результатам [1]. Поэтому целесообразно рассмотреть основные методологические положения, необходимые для корректного проведения оценки ВЭЦ.

1. Смысловое содержание критерия оценки ВЭЦ создания и применения ВВТ.

Проведение оценки ВЭЦ ВВТ связано с существованием альтернативных вариантов, из которых необходимо сделать выбор предпочтительного варианта.

В нашем случае исследуется сложная, многоуровневая, иерархическая система ВВТ: система вооружения ВВТ, системы вооружения видов ВС, система вооружения ВВТ объединений, соединений и подразделений, технические системы, комплексы, средства и технические устройства. Оценка ВЭЦ этой сложной системы может осуществляться при рассмотрении её как единого целого, так и при детализации ее по составным частям. Оценка ВЭЦ составных частей может рассматриваться для сопоставления альтернативных вариантов, каждый из которых равнозначен для системы, и для альтернативных вариантов, оказывающих различное влияние на вышестоящие уровни и систему в целом. Отсюда вытекает необходимость рассмотрения системы критериев принятия решений, как на каждом иерархическом уровне, так и по системе в целом [1]. Критерии принятия решений должны быть адекватны рассматриваемым вариантам техники соответствующего уровня, целям проводимых исследований и в то же время быть согласованными между собой.

Выполнение этих условий усложняется, так как военно-экономический выигрыш за счет использования техники РЭП измеряется в относительных единицах и наблюдаются два вида проявления военно-экономического выигрыша: при защите различных объектов при использовании техники РЭП в качестве средств усиления своего потенциала (возможностей) частей и подразделений [2]. Исторически сложилось мнение, что в качестве критерия ВЭЦ целесообразно использовать критерий в виде отношения показателей затрат на создание техники и эффективности этой техники. Применение такого вида критерия ВЭЦ при выборе из альтернативных вариантов весьма часто приводит к ошибочным результатам. Проиллюстрируем это на примере техники РЭП индивидуальной защиты.

Показатель ВЭЦ в виде отношения затрат на создание техники РЭП и вероятности сохранения объекта защиты можно трактовать как стоимость единицы эффективности образца техники и поэтому предпочтение целесообразно отдавать образцу с меньшим значением критерия ВЭЦ. Тогда недорогой и малоэффективный образец, который даже не удовлетворяет требованиям по уровню сохранения объекта, будет предпочтительнее более дорогого, но имеющего требуемую эффективность образца техники РЭП. Это наблюдается при рассмотрении образцов техники РЭП одинакового назначения, а при рассмотрении техники РЭП различного назначения могут быть получены не только неправильные, но и даже несопоставимые результаты.

Чтобы избежать подобных ошибок при оценке ВЭЦ ВВТ используется единый методологический принцип формирования критерия ВЭЦ как для гражданской, так и для военной техники. Сущность этого принципа заключается в ориентации на экономию производственных затрат, выражающуюся в приросте экономического эффекта на единицу полезной работы, для выполнения которой предназначена техника. Применительно к технике РЭП такой работой является подавление радиоэлектронных средств противника в боевых условиях (при выполнении боевой задачи). Иными словами, можно сказать, что предпочтительным вариантам техники РЭП является тот, который обеспечивает решение задачи с требуемой эффективностью с меньшими затратами. Тем самым будет выполнено положение, что в качестве базы сравнения должна браться не стоимость образцов техники, а стоимость единицы полезной работы.

Обеспечения выполнения этого принципа можно достичь, если сравнивать затраты на выполнение боевой задачи каждым альтернативным вариантом при обеспечении сопоставимости оценок. Основными составляющими затрат на выполнение боевой задачи будут затраты на приобретение ВВТ, затраты на восполнение потерь ВВТ в боевых действиях и затраты, связанные с применением и эксплуатацией ВВТ.

Одним из достоинств такого принципа построения критерия ВЭЦ является то, что показатели затрат и эффективности образцов техники РЭП связаны естественным образом при подсчете затрат на восполнение потерь ВВТ.

2. основополагающей посылкой при проведении оценки ВЭЦ создания и применения ВВТ является соблюдение тождества эффекта.

Исходя из теории анализа сложных систем, показатель эффективности системы должен задаваться надсистемой. Поэтому, например, для техники РЭП войск РЭБ показатель эффективности должен вытекать из эффективности выполнения задачи группировкой войск, в которую входят части РЭБ, для техники РЭП индивидуальной защиты объектов вооружения и военной техники (танков, самолетов, ракет и т.д.) - из эффективности выполнения задачи этими объектами [2]. Отсюда тождество эффекта для сравниваемых образцов рассматривается как одинаковый, фиксированный уровень эффективности выполнения задачи надсистемой, в которую входит техника РЭП. Это позволяет сравнивать образцы одинакового назначения.

Если рассматривать образцы техники различного назначения, для которых оценка эффективности проводилась для различных надсистем и в различных условиях, то такое сравнение будет неправомерным. Выход из этого положения будет заключаться в рассмотрении такой надсистемы, в которую входят эти различного назначения образцы ВВТ.

В настоящее время возможность получать сопоставимые оценки ВЭЦ различных видов и типов техники РЭП связана с использованием модели радиоэлектронной борьбы во фронтовой (армейской) операции. Эффективность группировок войск сторон можно выражать через ущерб, наносимый другой стороне. Тогда эффективность техники РЭП можно выразить как предотвращенный ущерб за счет применения техники РЭП. Для сравнения по показателю ВЭЦ образцов как различного, так и одинакового назначения тождество эффекта будет выражаться в достижении одинакового фиксированного уровня предотвращенного ущерба. Тождество эффекта предполагает равенство объема выполненной работы. Например, сравниваются по показателю ВЭЦ новый и существующий образцы, причем новый подавляет с одинаковой эффективностью одно и то же РЭС и, кроме того, новый образец еще может использоваться для подавления РЭС другого типа. Тогда для соблюдения тождества эффекта при сравнении нужно учесть, что в дополнение к существующему образцу необходимо использовать другие образцы техники, которые позволят бороться ещё с одним радиоэлектронным средством.

Тождество эффекта предполагает равенство и во времени. Здесь рассматриваются два аспекта:

а) равенство во времени воздействий на РЭС. Например, новое средство может работать непрерывно, в течение одного часа, а существующее - только полчаса. Следовательно, необходимо применять меры по выравниванию эффективности;

б) второй аспект времени отражает моменты применения образцов техники РЭП. Нельзя сравнивать показатели ВЭЦ, полученные, например, для существующего образца в 2000 году, а для нового - в 2011 году.

3. Теперь рассмотрим положения, которые определяют подсчет затрат, связанных с достижением заданного фиксированного уровня показателя эффективности.

Прежде всего должен быть решен вопрос, нужно ли учитывать только затраты на саму технику РЭП или еще какие-либо затраты. Поскольку для получения оценки эффективности техники РЭП нужно рассматривать надсистему, в которую входят, как правило, другие вооружение и военная техника, первоначальное количество потерь в боевых действиях которых могут изменяться в зависимости от сравниваемых образцов техники РЭП, то затраты на ВВТ и восполнение потерь при выполнении задачи должны учитываться. Кроме того, необходимо учитывать затраты на дополнительное ВВТ, привлекаемые для достижения тождества эффекта.

Таким образом, процедура проведения оценки ВЭЦ создания и применения ВВТ должна включать проверку выполнения перечисленных основных положений. Опыт проведения военно-экономических исследований показывает, что нарушение этих положений приводит к неправильным и несопоставимым результатам.

Список литературы:

1. Кузнецов В.И., Барзилович Е.Ю. Надежность и эффективность в технике: Справочник. Т8. М.: Машиностроение, 1990. 320 с.
2. Владимирова В.И., Лихачев В.П., Шляхин В.М. Антагонистический конфликт радиоэлектронных систем. Методы и математические модели. М.: Радиотехника, 2004. 384 с.