

ется риск наматывания соломы на активатор. Еще одним существенным фактором, влияющим на интенсивность очистки, является расстояние между клавишами соломотряса и барабаном-активатором  $h$ . При увеличении толщины хлебной массы для более качественной сепарации целесообразно увеличивать величину  $h$ . Этот зазор должен иметь возможность изменяться желательным образом в автоматизированном режиме в привязке к частоте вращения барабана. Для большинства комбайнов данный зазор находится в пределах  $h = 70\text{--}120$  мм.

Применение барабана активатора позволяет повысить пропускную способность клавишного соломотряса без изменения его габаритных размеров. Это позволяет устанавливать его на существующие машины без существенного изменения конструкции. Но для эффективной его работы при изменении толщины слоя соломы необходимо иметь возможность более тонко регулировать кинематические параметры работы барабана, такие как окружную скорость, радиус и зазор между барабаном и соломотрясом для установки оптимальных параметров в заданных условиях уборки.

#### Литература

1. Липская, В. К. Экономическая эффективность применения зерноуборочных комбайнов с активаторами соломотряса / В. К. Липская, А. В. Клочков, В. Ф. Ковалевский // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2017. – № 2. – С. 123–126.
2. Ковалевский, В. Ф. Оптимизация конструкции и выбор параметров пружинно-пальцевого активатора соломотряса зерноуборочного комбайна / В. Ф. Ковалевский, С. В. Курзенков, А. В. Клочков // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2017. – № 1. – С. 109–113.

УДК 621.787

### **ФОРМИРОВАНИЕ РЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТИ ПРИ АЛМАЗНОМ ВЫГЛАЖИВАНИИ УПРУГИМ ИНСТРУМЕНТОМ**

**В. В. Домасевич**

*ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин,  
Республика Беларусь*

**М. П. Кульгейко**

*Учреждение образования «Белорусский государственный  
университет транспорта», г. Гомель*

При реализации технологии алмазного выглаживания актуальной задачей является обеспечение стабильности технологических факторов и режимов процесса. Формирование поверхностного слоя при алмазном выглаживании сопровождается двумя нестационарными периодами, характеризующимися нестабильностью условий деформирования поверхности. Это начальный период обработки, когда инструмент вступает в контактное взаимодействие с обрабатываемой поверхностью до стабилизации условий контактирования, и конечный период, когда инструмент выходит из контакта с поверхностью детали.

Цель исследования – определение деформационной характеристики формирования поверхностного слоя с учетом нестационарных периодов процесса обработки.

При обработке упругим инструментом силовой режим задается путем назначения силы обработки, т. е. заранее устанавливают радиальную силу, с которой инструмент прижимается к обрабатываемой поверхности.

В начальный период выглаживания сферический наконечник при радиальной подаче выглаживателя внедряется в обрабатываемую деталь и образует на поверхно-

сти отпечаток в виде пластически деформированной канавки (рис. 1, положение 1). Кривизна профиля канавки зависит от профиля сферического наконечника выглаживателя. Металл из канавки выдавливается в боковые наплывы  $AB$  на поверхности детали (положение 1). Передний и задний углы выдавливания равны  $\varphi = \varphi_1$ . После включения продольной подачи выглаживатель на цилиндрической поверхности детали образует след в виде винтовой поверхности с шагом, равным величине подачи  $S$ . Так как величина подачи значительно меньше ширины канавки  $2a$ , то при выглаживании происходит многократное перекрытие следов  $2a/S$  раз.

В результате продольной подачи изменяется характер деформации поверхностного слоя. Площадь контакта выглаживателя с деталью снижается за счет уменьшения заднего угла охвата  $\varphi'_1$ . Это приводит к увеличению внедрения выглаживателя в деталь (положение 2). Но при этом со стороны невыглаженной поверхности увеличивается валик деформированного металла  $h_b$  и передний угол охвата  $\varphi'$  (положение 3). Увеличивающийся объем выдавленного в волну металла вызывает рост площади контакта и сопротивление вдавливанию. Это постепенно замедляет и затем приостанавливает углубление выглаживателя в деталь на участке  $BC$  (положение 4).

Дальнейший рост волны металла приводит к постепенному отжиму выглаживателя на участке  $CD$  (положения 4–7). Уровень выглаженной поверхности поднимается и практически находится на уровне исходной поверхности, разница составляет десятки микрометров. Выдавленная волна металла достигает максимального объема и в дальнейшем сохраняет постоянную величину (положения 7–11), которая сформировалась на заходном участке  $BCD$  (положения 1–7).

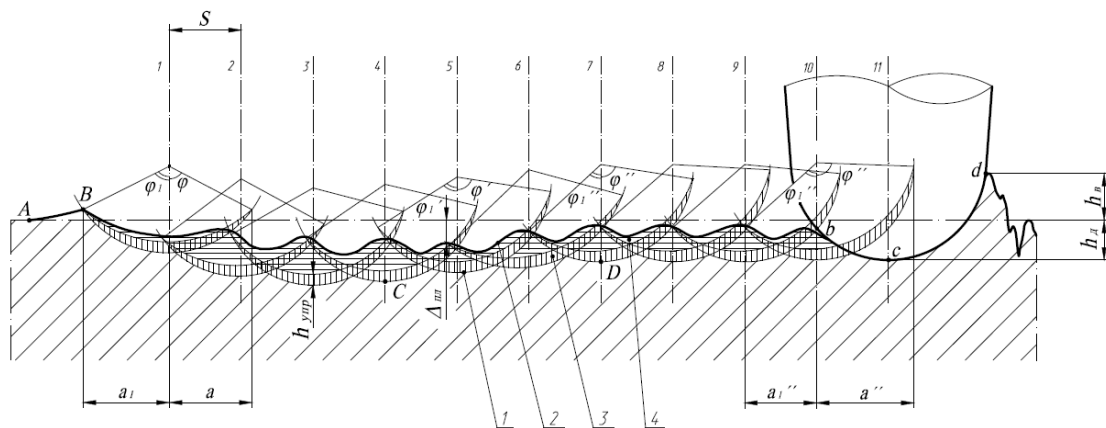


Рис. 1. Схема деформации поверхности при выглаживании упругим инструментом:

- 1 – профиль следа движения выглаживателя; 2 – фактический профиль выглаженной поверхности; 3 – упругое восстановление поверхности; 4 – пластическое искажение профиля

В результате стабилизации процесса углы вдавливания принимают постоянные значения: передний угол увеличивается до значения  $\varphi''$ , а задний  $\varphi''_1$  изменяется незначительно. Контакт выглаживателя с обрабатываемой поверхностью происходит по дуге  $bcd$  (положение 11).

В результате пластического деформирования происходит сглаживание исходных неровностей и образование нового микрорельефа поверхности со значительно

меньшей высотой неровностей  $Rz_v$ . Размер детали уменьшается на величину остаточной деформации  $\Delta_{пл}$ . Возможная длина заниженного участка поверхности практически может составлять до 2 мм при обработке твердых материалов и до 3 мм при обработке мягких материалов. Выход размера за пределы допуска даже на небольшой длине может привести к нарушению работоспособности сборочного соединения. В определенных условиях существенное влияние оказывает нестабильность геометрии, в частности, перепад размеров в пределах рабочего участка поверхности, например, при обработке подманжетных шеек валов, работающих в условиях гидродинамического трения.

Второй нестационарный период процесса выглаживания наблюдается на конечном участке обработки при выходе инструмента из контакта с деталью. Схема образования и форма переходного участка на выходе инструмента зависит от конструктивного выполнения торцевой части обрабатываемой поверхности.

При выглаживании поверхности с открытым торцом, т. е. при обработке «напроход», началом участка с отличающимся рельефом будет область контакта индентора с поверхностью, когда инструмент еще находится на некотором расстоянии от кромки детали, а валик металла, перемещающийся перед индентором, начинает выходить на кромку (рис. 2). Здесь валик металла деформируется, часть его перемещается на торец детали, площадь контакта, а следовательно, и сила сопротивления, уменьшается. Происходит нарушение силового равновесия в системе «индентор – поверхность». В результате выглаживающий наконечник углубляется больше в материал детали, чем на основном участке обрабатываемой поверхности. Характер дальнейшего углубления наконечника определяется величиной натяга, свойствами обрабатываемого материала, силой выглаживания и другими параметрами и режимами процесса обработки.

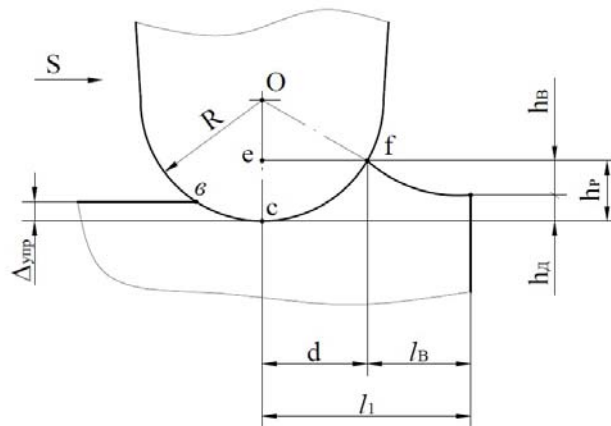


Рис. 2. Схема к расчету переходного участка на выходе инструмента

Максимальная длина переходного участка  $l_1$  (см. рис. 2) с заниженным диаметральной размером зависит от радиуса  $R$  рабочей части выглаживателя и длины волны  $l_B$  материала детали, образованной движением подачи  $S$  инструмента, и может составлять около 0,8 мм для твердых и 1,6 мм для мягких материалов.

При выглаживании поверхностей с закрытым торцом, т. е. при обработке «в упор», также образуется переходный участок, длина которого определяется аналогично. Только в отличие от поверхностей, обработанных «напроход», в этом

случае имеет место увеличение диаметральных размеров. На поверхности остается волновой валик металла *afc* (см. рис. 2). Его высота с учетом исходных микронеровностей составляет до 11 мкм – для твердых и до 17 мкм – для мягких материалов соответственно.

Переходные участки поверхности в большинстве случаев допустимы и не влияют на эксплуатационные свойства деталей машин и их работоспособность. Однако такие дефекты поверхности имеют существенное значение при изготовлении, например, золотниковых и плунжерных пар и других прецизионных деталей гидравлических машин.

В результате исследования получены следующие результаты. Физическая модель деформационно-силового воздействия инструмента на деталь свидетельствует о наличии нестационарных периодов формирования поверхности при алмазном выглаживании упругим инструментом. Нестабильность параметров контактного взаимодействия обуславливает вероятность образования дефектных участков на обработанной поверхности. Отклонение свойств поверхностного слоя на переходных участках следует учитывать при проектировании технологического процесса отделочно-упрочняющего выглаживания упругим инструментом.

УДК 614.8:621.9

#### РАСЧЕТ ПОЛЕЙ ДАВЛЕНИЙ В ЦЕНТРОБЕЖНОМ НАСОСЕ ПН-40У

И. И. Суторьма

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Методика математического моделирования, предложенная в работе [1], была разработана на основе системы дифференциальных уравнений в частных производных типа Навье–Стокса, замыкаемых уравнением неразрывности потока.

При этом указанная система дифференциальных уравнений рассматривается в рамках подхода Эйлера с осреднением по Рейнольдсу и имеет вид:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k} (\rho u_k) = 0;$$

$$\frac{\partial (\rho u_i)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k} (\rho u_i u_k - \tau_{ik}) + \frac{\partial p}{\partial x_i} = S_i;$$

$$\frac{\partial (\rho E)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k} ((\rho E + P) u_k + q_k - \tau_{ik} u_i) = S_k u_k + Q_H.$$

Сущность методики состоит в том, что течение жидкости в полости центробежного насоса носит турбулентный характер и формируется в результате вращения рабочего колеса с некоторой угловой скоростью  $\Omega$ .

В качестве численного метода решения в указанной работе использовался метод конечных объемов [2]. С целью дискретизации по пространству вся расчетная область покрывается расчетной сеткой, грани ячеек которой параллельны координатным плоскостям, используемой в расчете декартовой глобальной системы коор-