

Polish Academy of Sciences  
University of Engineering and Economics in Rzeszów  
University of Life Sciences in Lublin  
Faculty of Production Engineering

# **MOTROL**

**COMMISSION OF MOTORIZATION AND ENERGETICS  
IN AGRICULTURE**

**AN INTERNATIONAL JOURNAL  
ON OPERATION OF FARM  
AND AGRI-FOOD INDUSTRY MACHINERY**

**Vol. 17, No 9**

**LUBLIN – RZESZÓW 2015**

## ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛИ ПРИ АЛМАЗНОМ ВЫГЛАЖИВАНИИ

*Юдовинский Валерий, Кюрчев Сергей, Пенев Олег, Мирненко Юрий*  
*Таврический государственный агротехнологический университет*  
*Пр. Б. Хмельницкого, 18, Мелитополь, Украина. E-mail: [vbu@melitopol.tv](mailto:vbu@melitopol.tv)*

*V.Yudovynskyu, S Kurtchev, O.Penov, U.Mirnenko*  
*Tavria State Agrotechnological University*  
*B. Khmelnytsky Avenue, 18, Melitopol, Ukraine. E-mail: [vbu@melitopol.tv](mailto:vbu@melitopol.tv)*

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы изменения качества поверхностного слоя детали при алмазном выглаживании, которое происходит за счет температурного воздействия на поверхностные слои материала детали при обработке. Тепловой поток, создаваемый алмазным инструментом в процессе выглаживания, нагревает деталь до высоких температур, что приводит к отпуску термически обработанных поверхностей, снижая твердость поверхностных слоев. Особенно это влияние наблюдается при малых габаритах алмазного инструмента, которое характеризуется радиусом при вершине инструмента. Так при малых радиусах индентора и значительных усилиях выглаживания максимальная температура на поверхности детали очень большая и может достигать 1000°C. Изменение твердости поверхностных слоев детали в процессе алмазного выглаживания, приводит к изменению коэффициента износа материала, который, являясь функцией твердости материала, с увеличением температурного воздействия, будет расти. Не рекомендуется производить обработку алмазным выглаживанием при скоростях выше 2,5 м/с. Как смазывающе – охлаждающая жидкость при выглаживании черных металлов и сплавов следует применять индустриальное масло 20, а при обработке цветных металлов и сплавов – керосин. Поэтому, процесс алмазного выглаживания требует интенсивного охлаждения инструмента и детали. Даже в закаленных и цементруемых сталях максимально возможную твердость после обработки можно получить не больше 40HRC, что на треть снижает износостойкость поверхности детали, подвергнутой алмазному выглаживанию. Управляя режимами обработки можно с помощью представленной номограммы уточнения состояния поверхностного слоя к износу и снижения твердости можно контролировать величину коэффициента износа материала детали по технологическим параметрам: усилием прижима алмазного инструмента и радиусом при его вершине, который является характеристикой ее работоспособности.

**Ключевые слова:** алмазное выглаживание, режимы обработки, алмазный инструмент, глубина наклепанного слоя, тепловой поток, коэффициент износа материалов деталей.

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМ

Развитие современной техники предъявляет все более высокие требования к качеству деталей машин: точности размеров и формы, физико-механическим свойствам и рельефу поверхности; к их эксплуатационным характеристикам: износостойкости, усталостной прочности, коррозионной стойкости, герметичности и тому подобные.

Надежность машин в значительной степени определяется состоянием и способностью поверхностного слоя их деталей, параметры которых, как правило, формируются на финишных операциях изготовления и определяются технологией производства.

Одним из наиболее перспективных методов повышения качества обработанной поверхности деталей машин при механообработке есть отделочно-укрепляющая обработка поверхностно - пластической деформацией (ППД). В связи с этим очень актуальные исследования алмазного выглаживания, которое получило достаточно большое распространение.

### АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Отдельно вопросами алмазного выглаживания занимались Папшев Д.Д. [3], В. М. Смелянский [1], А.Н. Резников [2].

Однако, в процессе деформаций поверхностного слоя за счет свойств материала и малой зоны действия алмаза, возникает тепловой поток, который прогревает поверхностный слой к высоким температурам, влияя на износостойкие свойства поверхностного слоя.

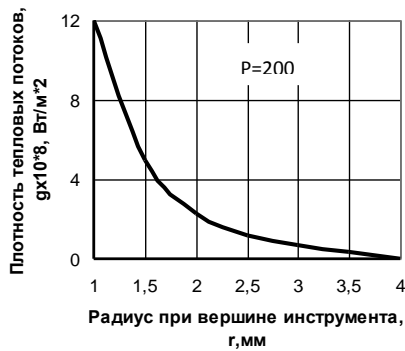
Тепловыми вопросами занимался А.Н. Резников [2], какой изложил методы расчета и экспериментального изучения тепловых процессов в технологических системах. Он описал способы интенсификации механической обработки, основанные на управлении тепловыми процессами.

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Установление влияния алмазного выглаживания на качество и износостойкость поверхностного слоя детали.

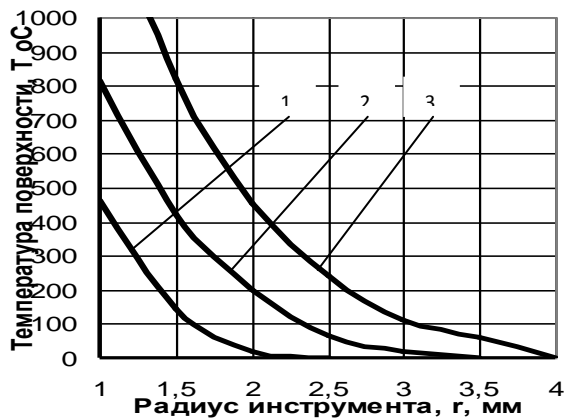
## ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Закономерности изменения тепловых потоков на поверхностях индентора в зависимости от параметров процесса обработки - радиусу индентора  $r$  и усилия выглаживания  $P$  представлены на рис. 1,2.



**Рис. 1.** Графика изменения плотности тепловых потоков на поверхности индентора от радиуса индентора  $r$ .

**Fig. 1.** Graphic arts of change of closeness of thermal streams on the surface of indenter from the radius of indenter of  $r$ .



**Рис. 2.** Графика изменения плотности тепловых потоков на поверхности индентора от усилия выглаживания  $P$ .

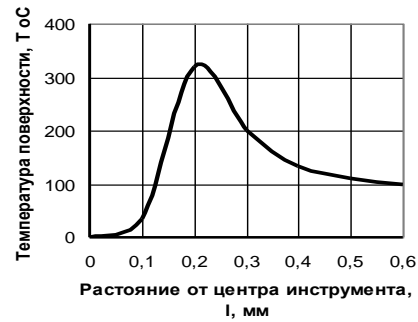
**Fig. 2.** Graphic arts of change of closeness of thermal streams on the surface of indenter from effort of pressing

Расчеты выполнялись для следующих условий: обрабатываемый материал – сталь45 ( $\sigma_e = 750$  Мпа); диаметр детали  $d = 200$  мм; скорость  $V = 3$  м/с.

С увеличением радиуса индентора тепловой поток на передней поверхности резко уменьшается. С ростом усилия выглаживания тепловой поток на передней поверхности.

При обработке под воздействием алмаза возникают разные тепловые потоки. Распределение температур под воздействием источников теплоты  $q_{01}$  в зоне пластической деформации и источника теплоты  $q_{02}$  в зоне упругого возобновления  $T_{12}(x, y) = T_1(x, y) + T_2(x, y)$ . Распределение температур под воздействием источников теплоты на передней  $q_1$  и задней  $q_2$  поверхностях индентора  $T_{34}(x, y) = T_3(x, y) + T_4(x, y)$ .

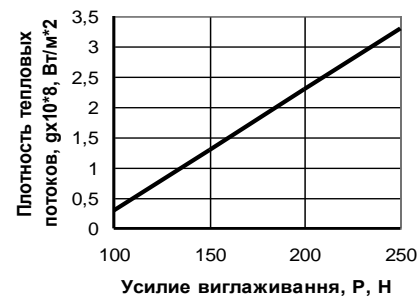
Графика суммарного распределения температур по поверхности детали представлена на рис. 3. Следовательно, за счет стока теплоты в инструмент деталь охлаждается.



**Рис. 3.** Графика распределения суммарной температуры по поверхности детали при алмазном выглаживании.

**Fig. 3.** Graphic arts of distribution of total temperature on the surface of detail at the diamond pressing

На рис. 4 представлены графика зависимости максимальной температуры поверхности детали  $T_{\Sigma\text{max}}$  от радиуса индентора при разных значениях усилия выглаживания:  $P = 100$  Н (кривая 1),  $P = 150$  Н (кривая 2) и  $P = 200$  Н (кривая 3).



**Рис. 4.** Графика зависимости максимальной температуры поверхности детали  $T_{\Sigma\text{max}}$  от радиуса индентора  $r$

**Fig. 4.** Graphic arts of dependence of maximal temperature of surface of detail of  $T_{\Sigma\text{max}}$  from the radius of indenter of  $r$

Как следует из графиков, при малых радиусах индентора и значительных усилиях выглаживания максимальная температура на поверхности детали очень большая и может достигать  $1000^\circ\text{C}$  (таблица 1).

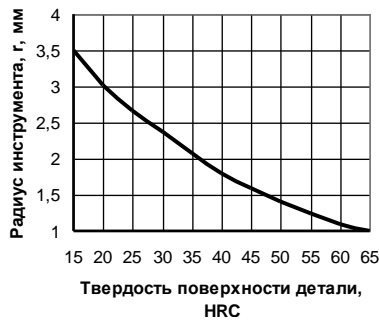
**Таблица 1.** Значения радиусов рабочей части алмазного инструмента

**Table 1.** The values radiuses of working part of diamond instrument

Обрабатываемый материал	Твердость	Рекомендованный радиус алмаза, мм
Закаленные и цементуемые стали	60-65 HRC	1,0-1,5
Термически обработаны стали	35-50 HRC	1,5-2,0
Сырые и термоулучшенные стали	300 HB	2,0-2,5
Цветные металлы и сплавы	-	2,5-3,5

При увеличении радиуса индентора и снижении усилия выглаживания максимальная температура достаточно быстро уменьшается, что объясняется улучшением условий теплоотвода в индентор и снижением общего количества тепла, которое выделяется.

Другим фактором, который ограничивает выбор скорости выглаживания является высокая контактная температура, резко снижая стойкость инструмента. Поэтому не рекомендуется производить обработку алмазным выглаживанием при скоростях выше 2,5 м/с. Как жидкость, что смазывающе - охлаждающей, при выглаживании черных металлов и сплавов следует применять индустриальное масло 20, а при обработке цветных металлов и сплавов - керосин.



**Рис. 5.** Влияние твердости поверхности детали на величину радиуса при вершине инструмента (алмазу).

**Fig. 5.** Influence of hardness of surface of detail on the size of radius at the top of instrument (to the diamond).

Такие высокие температуры приводят к местному отпуску, который приводит к снижению твердости поверхностного слоя детали и снижения износостойкости. Поэтому, процесс алмазного выглаживания требует интенсивного охлаждения инструмента и детали. Даже в закаленных и цементуемых сталях максимально возможную твердость после обработки можно получить не больше 40HRC.

Оценка износостойкости поверхности определяется коэффициентом износа материалов, которой являет собой связь функций износа, скорости относительного перемещения, времени наработку соеди-

нения и давлений, которые действуют в данном соединении [4, 5].

$$K_{U(x,y)} = \frac{U(x_2)}{V(x_1) \cdot T(x_1) \cdot P(y_1)} \quad (1)$$

Следовательно, коэффициент износа - это характеристика свойств материалов деталей соединения и условия их износа

Поскольку коэффициент изнашивания материалов является функцией допустимой величины износа, силы трения и пути трения, а путь трения является функцией диаметра обработки, частоты вращения детали и времени работы, то можно определить период стойкости детали в зависимости от допустимого износа:

$$T = \frac{[U] \cdot 10^6}{V \cdot P \cdot K_U} \cdot x\theta, \quad (2)$$

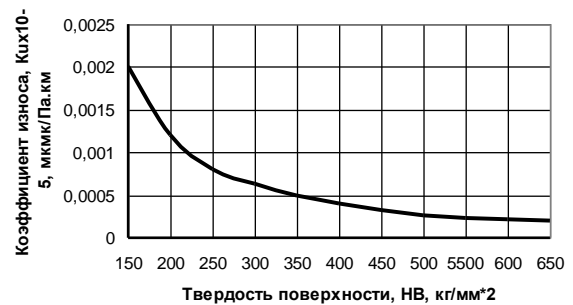
где:  $[U]$  – максимально допустимый износ инструмента, мкм;  $V$  – скорость резания, м/мин;  $K_U$  – коэффициент изнашивания материала инструмента, мкм/Па·км;  $P$  – нормальное давление на резец, Па.

В то же время коэффициент изнашивания материалов является функцией твердости материала и выражается зависимостью:

$$K_U = \left[ \frac{6,785}{(HB)^{1,62}} \right] \times 10^{-6} \frac{\text{мкм}}{\text{Па} \cdot \text{км}}. \quad (3)$$

Коэффициент изнашивания является обобщенной характеристикой изнашивания материалов ( $U$ , мкм) с учетом давления ( $P$ , Па) и пути трения ( $S$ , км).

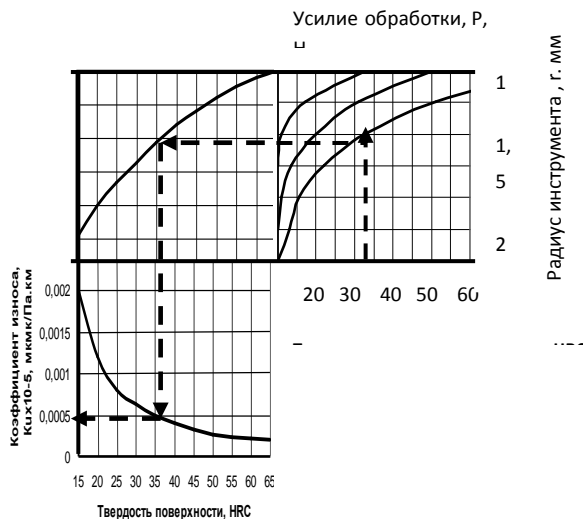
Зависимость коэффициенту износа материала  $K_U$  от твердости поверхности  $HB$  представлено на рис. 6.



**Рис. 6.** Зависимость коэффициенту износа материала  $K_U$  от твердости поверхности  $HB$

**Fig. 6.** Dependence to the coefficient of wear of material of  $K_U$  from hardness of surface of  $HB$

Номограмма уточнения состояния поверхностного слоя к износу при алмазной обработке за счет повышения температуры и снижения твердости, представлена на рис. 7.



**Рис. 7.** Номограмма уточнения состояния поверхностного слоя к износу при алмазной обработке за счет повышения температуры и снижения твердости

**Fig. 7.** Nomogram of clarification of the state of superficial layer to the wear at diamond treatment due to the increase of temperature and decline of hardness

#### ВЫВОДЫ

1. В процессе обработки алмазным инструментом происходит не только укрепление поверхностного слоя, но и местный нагрев, который, при обработке закаленных сталей, произведет отпуск, снизив твердость поверхности детали

2. Снижение твердости поверхности приводит к росту коэффициента износа, что приводит к снижению износостойкости материала поверхности детали и ее работоспособности.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Смелянский В.М. 2002.** Механика упрочнения деталей пластическим деформированием. М.: Машиностроение, 300.
2. **Резникова А.Н. 1977.** Абразивная и алмазная обработка материалов. Справочник. М. Машиностроение, 391.
3. **Папшев Д.Д. 1978.** Отделочно-упрочняющая обработка поверхностным пластическим деформированием. М.: Машиностроение, 152.
4. **Ковалев И.Т., Юдовинский В.Б. 1974.** Коэффициент износа - показатель надежности деталей сопряжений //И.Т.Ковалев, В.Б. Юдовинский// «Надежность и качество», №2, 36-48.
5. **Юдовинский В.Б., Журавель Д.П. 2012.** Способ оценки триботехнических характеристик материалов через обобщенный показатель износа. Патент Украины. № 70695
6. **Суслов А. Г. 1995.** Качество поверхностного слоя деталей машин. М.: Машиностроение, 320.
7. **Суслов Э.Д., Браун Н.А. Виткевич А.Г. 1995.** Качество машин. Справочник в 2-х т.Т.1. М.: Машиностроение, 256.

8. **Суслов Ю.В., Гуляев А.М., Дальский А.Г. 1995.** Качество машин. Справочник в 2-х т.Т.2. М.: Машиностроение, 430.
9. **Кроль О.С., Хмелевский Г.Л. 1991.** Оптимизация и управление процессом резания. Учеб. Пособие. К.: УМК ВО, 140.
10. **Дальский А.И., Суслова А.Г., Косилова Р.К. 2001.** Справочник технологамашиностроителя. В 2-х т. Т. 2. М.: Машиностроение, 944.
11. **Крагельский И.В. 1968.** Трение и износ. М.: Машиностроение, 480.
12. **Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбаров В.С. 1977.** Основы расчетов на трение и износ. М.: Машиностроение, 256.
13. **Михин Н.М. 1977.** Внешнее трение твердых тел. М.: Машиностроение, 220.
14. **Чистосердов П.С., 1975.** Комбинированные инструменты для совмещения процессов резания и поверхностно-пластического деформирования. М.: НИИмаш, 45.
15. **Чистосердов П.С., Жуковец Г.С. 1976.** Комбинированные инструменты для обработки поверхностно-пластическим деформированием. М.: НИИФОРМ-ТЯЖМАШ, 59.
16. **Чистосердов П.С., Жуковец Г.С. 1969.** Новые конструкции инструментов для размерно-чистовой и упрочняющей обработки. Минск, «Беларусь», 300.
17. **Хворостухин Л.А., Шишкин С.В, Ковалев И.П, Ишмаков Р.А. 1988.** Повышение несущей способности деталей машин поверхностным упрочнением. М.: Машиностроение, 144.
18. **Торбило В.М. 1972.** Алмазное выглаживание. М.: Машиностроение, 105.
19. **Клещев Г. 2012.** Продление «жизненного цикла» штампового инструмента – основной критерий интегрированной сквозной системы автоматизации проектирования штампов. MOTROL. Commission of Motorization and energetics in agriculture. Vol. 14. No1. 167- 172.
20. **Кольвашенко А. 2009.** Исследование износа деталей шнеконапорного механизма пневмотранспор-тирующих машин. MOTROL. Commission of Motorization and energetics in agriculture. Vol. 11B. 98- 103.

#### CHANGE OF QUALITY OF SUPERFICIAL LAYER OF DETAIL AT DIAMOND PRESSING

**Summary.** In the article the questions of change of quality of superficial layer of detail are considered at the diamond pressing which takes place due to the temperature affecting superficial layers of material of detail at treatment.

A thermal stream, created a diamond instrument in the process of pressing, heats a detail to the high temperatures, that results in vacation of the thermally treated surfaces, reducing hardness of superficial layers. This influence is special observed at the small sizes of diamond instrument, which is characterized a radius at the top of instrument. So at the small radiuses of indentora and considerable efforts of pressing a maximal

temperature on-the-spot detail is very large and can arrive at 1000°S. Change hardness of superficial layers of detail in the process of the diamond pressing, causes the change of coefficient of wear of material which, being the function of hardness of material, with the increase of temperature influence, will grow. It is not recommended to produce treatment the diamond pressing at speeds higher 2,5 m/s. As an oiling – cooling liquid at pressing of black metals and alloys it is necessary to apply industrial butter 20, and at treatment of the coloured metals and alloys is kerosene. Therefore, the process of the diamond pressing requires the intensive cooling of instrument and detail. Even in hard-tempered and cemented stalyakh maximally possible hardness after treatment

it is possible to get no more 40hrc, that on the third reduces wearproofness of surface of detail, exposed to the diamond pressing. Managing the modes of treatment it is possible by the presented nomogram of clarification of the state of superficial layer to the wear and decline of hardness it is possible to control the size of coefficient of wear of material of detail on technological parameters: by effort of clamp of diamond instrument and radius at his top, which is description of its capacity.

**Key words:** diamond pressing, modes of treatment, diamond instrument, depth of naklepannogo layer, thermal stream, coefficient of wear of materials of details.