

УДК 621.78.01

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА ПРИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОМ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДИСКА СОШНИКА

Болтенков А.А., кандидат технических наук, доцент,

тел. 8 (3852) 20-08-92, Boltenkov_A@mail.ru

ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ

Морозов А.В., доктор технических наук, доцент,

тел. 8(8422) 55-95-97, alvi.mor@mail.ru

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

Селивёрстов М.В., старший преподаватель,

тел. 8 (3852) 20-08-92, Maks@yandex.ru

ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ

Еремеев А.Н., кандидат технических наук, доцент,

тел. 8(8422) 55-95-82, erem.an@mail.ru

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

Ключевые слова: электроконтактный нагрев, максимальная температура, диск сошника зерновой сеялки, термомеханическое деформирование, режущая кромка, стержневая система

Дисковые рабочие органы сельскохозяйственных почвообрабатывающих машин вследствие длительной эксплуатации теряют режущие свойства и прекращают выполнять свои технологические функции. Для восстановления режущей кромки дисков можно применять метод электроконтактного нагрева с последующим термомеханическим деформированием. Анализ процессов, протекающих при этом, показал, что наиболее значимое влияние на процесс восстановления оказывает температура контактной поверхности «электрод-деталь» на начальной стадии электроконтактного нагрева. Установление параметров процесса и режимов обработки детали, обеспечивающих достижение требуемой температуры, минимизирует затраты на перемещение металла и формирование режущей кромки. Поиск модели, эффективно увязывающей характеристики обрабатываемой детали с

механическими свойствами и параметрами электрода, теплопроводящей массы, а также с режимом процесса определяемым мощностью и временем подачи электрического тока позволил разделить процесс нагрева на две стадии - статическую и динамическую. В результате, проведенные расчеты оптимальной температуры технологического процесса, достигаемой на контактной поверхности «электрод-деталь» к моменту завершения стадии нагрева системы в начальном статическом режиме, соответствует температуре рекристаллизации материала диска и, как следствие, минимизации усилия при его последующем деформировании. Предложенный способ определения оптимальной температуры нагрева контактной поверхности системы “электрод-деталь”, позволяет ускорить процесс подбора параметров специализированной установки для восстановления режущей кромки дисков, согласовать их со свойствами и параметрами диска и увязать их с режимами процесса электромеханического деформирования.

Введение. Восстановление режущей кромки дисков сошников зерновых сеялок методом электроконтактного нагрева с последующим деформированием, впервые было предложено в работах [1, 2, 3]. В работе [4] показана целесообразность разбивки процесса восстановления на две стадии - статическую и динамическую с различными параметрами (ток, усилие нажатия) и применения двухпозиционного управления. Переход в динамическую стадию процесса с новыми значениями режимных параметров осуществляется при достижении контактной поверхностью «электрод-деталь» заданного значения максимальной температуры процесса нагрева T_{max} .

Цель исследования - обоснование выбора технологических параметров процесса электроконтактного нагрева при восстановлении режущей кромки дисковых орудий.

Материалы и методы исследований. В качестве модели процесса электроконтактного нагрева используется стержневая система «формирующий электрод- деталь» [5].

Принципиально ЭКН - технология термомеханического восстановления режущей кромки диска заключается в следующем. Изношенный диск 2 (рисунок 1) помещается между опорной

теплоотводящей массой 3 и электрокерамическим электродом 1, к которому приложено формирующее усилие нажатия F_1 .

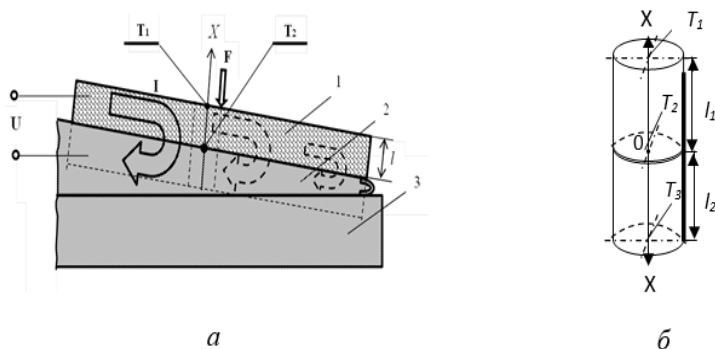


Рисунок 1 – Схема электроконтактного нагрева при термомеханическом восстановлении режущей кромки дисковых почвообрабатывающих орудий[^] а - Схема процесса восстановления режущей кромки диска сошника сеялки; б - Разнонаправленная система координат в выделенном составном стержне

На статической стадии нагрева осуществляется предварительный разогрев подэлектродного участка детали теплотой, выделенной на переходном контактном сопротивлении R_k системы электрод-деталь и в результате прямого нагрева детали протекающим электрическим током.

Для упрощённого представления модели электроконтактного нагрева, необходимого для вывода достаточно простой расчётной формулы, в центральной части системы выделен тонкий составной стержень (рисунок 1 б), торцы и боковую поверхность которого на малом промежутке времени порядка нескольких секунд приближённо можно считать теплоизолированными.

Теплоизоляция боковой поверхности стержня обусловлена наличием равномерно расположенных плотно к ней большого числа аналогичных стержней с практически совпадающим распределением температуры по всей длине. Теплоизоляция верхнего торца стержня керамического электрода обусловлена наличием обычного условия адиабатического процесса нагрева на малом интервале времени, а

теплоизоляция нижнего торца стержня стальной детали – наличием термического сопротивления тонкого переходного слоя, образованного участками соприкасающихся микронеровностей поверхностей детали и теплоотводящей опорной массы и воздушными порами.

Критерием завершения нагрева восстанавливаемого диска в статическом режиме может служить достижение температуры рекристаллизации материала детали на поверхности контакта «деталь-теплоотводящая опорная масса».

Эти упрощающие предположения позволяют осуществить переход от модели электроконтактного нагрева системы «формирующий электрод- деталь- теплоотводящая масса» к рассмотрению теплопередачи отдельно для каждого стержня без учёта объёмных источников теплоты, состоящими из материалов электрода и детали (рисунок 1б).

Вычисляется максимальная температура контакта электрод-деталь T_{max} , достигаемая за выбранное время t_p достижения нижней поверхностью детали температуры рекристаллизации [6].

Результаты исследований и их обсуждение. Для вычисления пороговой температуры при моделировании процессов нагрева электродного стержня в [4; 7, 8] рассматривалось направление оси OX вверх, в данном случае рассматривается направление оси вниз и обозначение высоты стержня-детали $l=l_2$ (рисунок 1б). Из [4] также следует, что при выполнении равенства:

$$tL = \frac{c_2 l_2^2}{2\lambda_2}, \quad (1)$$

где tL – время начала нагрева по линейному закону, l_2 – толщина контакт- детали, c_2 , λ_2 – удельная теплоёмкость и теплопроводность материала детали, плотность отводимого в деталь теплового потока

$$q_1 = \frac{I^2 R_k}{2k_{np} S_2}, \quad (2)$$

где R_k – контактное сопротивление, k_{np} – коэффициент, учитывающий неточности определения контактного сопротивления, S_2 – площадь контактной поверхности.

К началу процесса нагрева стержень равномерно нагреет по всей длине до температуры T_0 . Ток вторичной обмотки силового трансформатора (I_1), обеспечивающий нагрев нижней поверхности детали за заданное время t_p , может быть рассчитан по формуле (3):

$$I_1 = \sqrt{\frac{(T_p - T_o) l_2 \lambda_2 S_k}{k_2 (6 a_2 t_p - l_2^2) R_k}}, \quad (3)$$

где k_2 - мультипликативный калибровочный коэффициент, a_2 - температуропроводность материала контакт- детали.

Соответствующие проектным токам I_1 , рассчитанным по формуле (3), значения максимальных температур технологического процесса T_{max} вычисляются по формуле (4):

$$T_{max} = \frac{T_p}{1 - \frac{1}{2}(M_t t_p + \frac{1}{3})} + \left(1 - \frac{1}{1 - \frac{1}{2}(M_t t_p + \frac{1}{3})}\right) \cdot T_o \quad (4)$$

$$\text{где } M_t = \frac{\lambda_2}{c_2 l_2^2}.$$

На рисунке 3 показаны зависимости пороговых значений температуры T_{max} , рассчитанные по формуле (4).

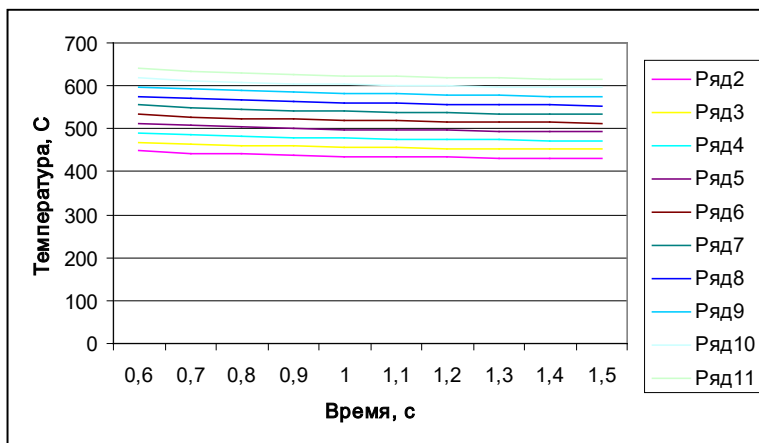


Рисунок 3 - Зависимость температуры T_{max} от времени нагрева до температуры рекристаллизации: Ряд 2-Ряд 11 – расчёты при температурах рекристаллизации от 420 до 600 °C с шагом 20 градусов

Закключение. Анализ электроконтактного нагрева системы «электрод-деталь», выполненный на основе представления контактной пары в виде двух тонких контактирующих торцами стержней из материалов формирующего электрода и электрода – детали (диска

сошника сеялки), теплоизолированных с боковой поверхности и двух противоположных торцов, теплотой, выделенной на переходном контактном сопротивлении, позволяет сделать следующие выводы:

- ширина прямоугольного формирующего электрода из электрокерамики выбирается из условия восьмикратного (приблизительно на порядок) превосходства половины толщины диска;
- длина формирующего электрода выбирается равной образующей боковой поверхности усечённого конуса изготовленного нового диска сошника;
- высота выбирается минимальной из условия обеспечения прочности электрода в заданном интервале усилий нажатия;
- максимальная температура технологического процесса T_{max} , достигаемая на контактной поверхности «электрод-деталь» к моменту завершения стадии нагрева системы в статическом режиме, рассчитывается по заданным режимным параметрам – теплофизическим характеристикам материала детали и толщине восстанавливаемого диска.

Библиографический список:

1. Аскинази Б.М. Упрочнение и восстановление деталей машин электромеханической обработкой. – М.: Машиностроение, 1989. – 200 с.
2. Багмутов, В.П. Электромеханическая обработка: технологические и физические основы, свойства, реализация / В.П. Багмутов, С.Н. Паршев, Н.Г. Дудкина, И.Н. Захаров. - Новосибирск: Наука, 2003. – 318 с.
3. Гусенков А.П. Методы и средства упрочнения поверхностей деталей машин. – М.: Наука, 1992. – 405 с.
4. Определение параметров электроконтактного термомеханического восстановления режущей способности рабочих органов почвообрабатывающих машин / В. П. Шерышев, В. Н. Чижов, А. А. Болтенков, М. В. Селиверстов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – № 2(64). – С. 69-73. – EDN KZTJHJ.
5. Болтенков, А. А. Вопросы моделирования тепловых процессов при восстановлении режущей способности дисковых рабочих органов

почвообрабатывающих машин методом электромеханического деформирования / А. А. Болтенков, М. В. Селиверстов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – № 9(167). – С. 159-164. – EDN YPLRID.

6. Численное моделирование тепловых процессов в сварке: учеб.-метод. пособие / С.В. Хаустов, В.О. Харламов, С.В. Кузьмин; ВолгГТУ. – Волгоград, 2016. – 60 с.

7. Иванайский, В. В. Метод исследования температурного профиля при синтезе компактных материалов упрочняющих покрытий с применением концентрированных источников энергии / В. В. Иванайский, А. В. Ишков, Д.И. Илющенко // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2020. – № 1 (183). – С. 134-141.

8. Чижев, В. Н. Анализ процесса электроконтактного нагрева с использованием теорий размерностей и подобия / В. Н. Чижев, А. А. Болтенков, Н. Т. Кривочуров // Механизация технологических процессов в сельском хозяйстве и перерабатывающей промышленности: сборник научных трудов / ответственный редактор А.Т. Илющенко. – Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 1997. – С. 225-229.

THE HEATING TEMPERATURE DURING THE RESTORATION OF THE CUTTING EDGE OF THE COULTER DISC BY PLASTIC DEFORMATION

Boltenkov A.A., Morozov A.V., Seliverstov M.V., Eremeev A.N.

Keywords: *electric contact heating, maximum temperature, grain planter disc, thermomechanical deformation, cutting edge, rod system*

The disc working bodies of agricultural tillage machines, due to prolonged operation, lose their cutting properties and cease to perform their technological functions. To restore the cutting edge of the discs, the method of electro-contact heating with subsequent thermomechanical deformation can be used. An analysis of the processes occurring in this case showed that the most significant influence on the recovery process is exerted by the temperature of the contact surface of the "electrode-part" at the initial stage

of electro-contact heating. Setting the process parameters and working modes of the part, ensuring that the required temperature is reached, minimizes the cost of moving the metal and forming the cutting edge. The search for a model that effectively correlates the characteristics of the workpiece with the mechanical properties and parameters of the electrode, the heat sink mass, as well as with the process mode determined by the power and time of electric current supply made it possible to divide the heating process into two stages - static and dynamic. As a result, the calculations of the optimal temperature of the technological process achieved on the contact surface of the "electrode-part" by the time the heating stage of the system is completed in the initial static mode correspond to the temperature of recrystallization of the disk material and, as a result, minimizing the effort during its subsequent deformation. The proposed method for determining the optimal heating temperature of the contact surface of the electrode-part system makes it possible to accelerate the process of selecting the parameters of a specialized installation for restoring the cutting edge of discs, to coordinate them with the properties and parameters of the disc and to link them with the modes of the electromechanical deformation process.