

Быков С.Н., Санкина О.В.

Износ поверхности сошника посевного комплекса и способы ее упрочнения

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

УДК 631.33

Износ поверхности сошника посевного комплекса и способы ее упрочнения

Быков С.Н., Санкина О.В.

Кузбасский государственный аграрный университет им. В.Н. Полецкого

Аннотация

В статье представлены результаты исследований абразивного износа в различных точках поверхности трения рабочего органа посевной машины при перемещении его в почвенной среде. Исходные графики абразивного износа поверхностей трения почвообрабатывающих деталей были предварительно установлены путем моделирования их нагружения на лабораторных стендах. Полученные графики абразивного износа характеризовали поверхности трения в границах большей или меньшей ожидаемой интенсивности абразивного износа. Учитывая различную интенсивность износа в разных точках поверхностей трения, было проведено упрочнение серым чугуном электроискровым методом. Серый чугун предварительно подвергался предварительной термической обработке, состоящей из циклического отжига при температурах 500 – 600°С с интервалом температур 50°С (один цикл – нагрев 1 час, при заданных температурах и охлаждение с печью). Предварительные этапы позволили сформировать износостойкий слой за несколько проходов, при этом структура чугуна и основного металла не претерпела изменений. Были изучены физико-механические свойства и структура упрочненного слоя, в состав которого входил серый чугун. Предел прочности серого чугуна при растяжении после термической обработки достигал 125...140 МПа. Твердость наплавленного слоя получена выше (4600...5100 МПа), чем у основного металла (2200...2300 МПа). По результатам испытаний изделий термообработанный серый чугун может быть рекомендован для использования в качестве упрочняющего материала при дифференцированной наплавке на поверхность сошников сеялок и лап культиваторов.

Ключевые слова: ПОСЕВНОЙ КОМПЛЕКС, СОШНИК, АБРАЗИВНЫЙ ИЗНОС, ИЗНОСОСТОЙКОЕ ПОКРЫТИЕ, ЭЛЕКТРОИСКРОВАЯ НАПЛАВКА

Быков С.Н., Санкина О.В.

Износ поверхности сошника посевного комплекса и способы ее упрочнения

Электронный научно-производственный журнал

«АгроЭкоИнфо»

Введение

Современное сельское хозяйство характеризуется широкой номенклатурой посевных машин. Кроме того, для каждой марки сеялки используется свой набор сошников, учитывающий вид высеваемой культуры и почвенно-климатические условия. Однако, независимо от конструкции сошников, актуальной проблемой остается обеспечение их долговечности. Основным фактором, снижающим долговечность рабочих органов почвообрабатывающих машин, является интенсивный износ лезвий и рабочих поверхностей от воздействия абразивных частиц почвы. Сошники, потерявшие исходную геометрию, не обеспечивают заданных агротехнических требований и увеличивают расход топлива.

Одним из направлений повышения ресурса сошников является нанесение упрочняющих покрытий на изнашивающиеся поверхности на основе данных о степени износа различных участков поверхности сошников.

Существует методика оценки эффективности конструкции сошников по критериям износостойкости [1]. Используемые показатели эффективности касаются износа носовой и лезвийной частей рабочего органа и учитывают три группы условий эксплуатации. Первая группа учитывает характеристики почвы (соотношение физической глины и песка, влажность, количество растительных остатков и т.д.). Вторая группа касается параметров перемещения рабочего органа в почве (скорость машинно-тракторного агрегата, глубина установки сошника и т.д.). Третья группа связана с экономическими показателями (затраты топлива и оплаты труда на 1 га, амортизация трактора и сеялки, трудоемкость замены рабочих органов и т.д.). Предложенная многофакторная модель позволяет выбрать оптимальный вариант износостойкого покрытия рабочей поверхности сошника.

Проводились исследования характеристик износостойких покрытий, наносимых на почвообрабатывающие и посевные рабочие органы с учетом условий эксплуатации [2]. Толщина износостойкого покрытия выбиралась с учетом трех категорий почвы с ее изнашивающей способностью в диапазоне от 0,37 до 3,0 г/га. В качестве износостойких материалов исследовались высоколегированные твердые сплавы и чугуны различных марок. В данной работе сделан вывод, что наиболее целесообразным с экономической точки зрения является электроискровая наплавка серым термообработанным чугуном.

Для сравнительного анализа получаемой долговечности рабочих органов

Быков С.Н., Санкина О.В.

Износ поверхности сошника посевного комплекса и способы ее упрочнения

**Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»**

предлагаются специальные методики [3]. В них на основе расчетов обосновываются допустимые величины износа поверхностей при воздействии абразивных факторов почвы. Рассмотрена взаимосвязь изнашивающей способности почв и износа сошников на базе теоретических положений земледельческой механики. Методика устанавливает связь долговечности рабочих органов сельскохозяйственных машин от величины давлений, возникающих при их взаимодействии с почвой.

Наибольший эксплуатационный и экономический эффект достигается нанесением упрочняющих покрытий различной толщины в зависимости от степени абразивного износа рабочих поверхностей. В работе [4] предложена методика оптимизации конструктивных размеров, толщины покрытия и выбора материалов для обеспечения прочности и износостойкости в опасных сечениях и участках рабочей поверхности при интенсивном почвенном изнашивании. Разработаны способы защиты определенных поверхностей рабочих органов почвообрабатывающих машин от абразивного воздействия. Рекомендованы минимальные требования к основному материалу (твердость 46 HRC) и износостойкому покрытию (твердость 59 HRC), коэффициент относительной износостойкости покрытия должен быть не менее 3,5.

Для каждой конструкции существуют методики определения неравномерности износа. Разработаны модели износа рабочих органов для почвообработки [5] и посева [6]. В данных математических моделях описывается профиль режущей кромки и основные параметры износа поверхности в течение периода эксплуатации рабочего органа до предельного состояния. В проведенных экспериментах фиксировались координаты точек профиля лезвия. Было выявлено, что для стреловидных рабочих органов характерно изменение профиля режущей кромки от треугольного у новых изделий до криволинейного параболического у изношенных изделий. Построенные математические модели профиля представляют собой системы кусочно-линейных уравнений на основе параболической функции с эмпирическими коэффициентами, зависящими от наработки.

Сокращение длительности экспериментальных исследований и снижение затрат ресурсов можно получить за счет использования специализированных стендов. Для проведения лабораторных испытаний применяется кольцеобразный стенд [7], в котором рабочие органы с помощью приводного механизма с электродвигателем перемещаются по кругу, а почвенная среда неподвижна. Образцы двигаются по почвенному каналу на

Быков С.Н., Санкина О.В.

Износ поверхности сошника посевного комплекса и способы ее упрочнения

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

установленной глубине с регулярным восстановлением характеристик почвы при помощи рыхлителей, разрушающих почвенную подошву, и катков, уплотняющих поверхность.

При проведении исследований следует учесть, что некоторые рабочие органы эксплуатируются в особенно тяжелых условиях. К ним относятся лаповые сошники стерневых сеялок. Почвенная среда, в которых они работают, характеризуется не только абразивным воздействием, но и наличием развитой корневой системы сорняков и культурных растений. Это создает повышенные нагрузки и сокращает срок службы рабочих органов.

Объекты и методы

Объектом исследований являются рабочие органы посевного комплекса «Кузбасс». Предмет исследований - закономерности износа его рабочих органов и выбор на этой основе эффективных износостойких покрытий.

Посевной комплекс «Кузбасс» является основной машиной, используемой в минимальной технологии (mini till), которая широко применяется в России. Данная машина представляет собой пневмосеялку-культиватор, предназначенную преимущественно для посева по стерне без предварительной подготовки почвы (рис. 1).



Рис. 1. Посевной комплекс «Кузбасс»

Быков С.Н., Санкина О.В.

Износ поверхности сошника посевного комплекса и способы ее упрочнения

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

Распределение семян в борозде осуществляется полосой шириной 15-18 см с междурядьем 30 см. Данные машины оснащены лаповыми сошниками для стерневого посева (рис. 2).



Рис. 2. Сошник посевного комплекса «Кузбасс»

Ширина захвата сошника составляет 35 см, угол раствора лапы $2\gamma = 60...85^\circ$, угол резания $\beta_0 = 21...26^\circ$, угол заострения $i = 11...16^\circ$, затылочный угол $\varepsilon = 8...12^\circ$. Ресурс данных сошников составляет в среднем от 7 до 18 га и существенно зависит от условий эксплуатации и характеристик материалов, из которых он изготовлен.

В лаборатории Кузбасского ГАУ были проведены исследования неравномерности износа рабочей поверхности сошника. Эксперименты выполнялись на стенде «Круговой почвенный канал», представленный на рис. 3.

Данный стенд (рис. 3) представляет собой сварной желоб прямоугольного сечения. Внешняя кольцевая стенка имеет диаметр 3,0 м, внутренняя 1,6 м. Вдоль наружной стенки в ее верхней части установлено опорное ребро для крестовины. Желоб заполняется крупнозернистым песком влажностью 15-20%, имитирующим почвенный состав.

Крестовина представляет собой сварную конструкцию, выполненную из швеллера, с закреплением опорных роликов с четырех сторон. На ней установлены кронштейны для закрепления исследуемого рабочего органа (сошника посевного комплекса) и с противоположной стороны граблина, обеспечивающая выравнивание поверхности почвы

Быков С.Н., Санкина О.В.

Износ поверхности сошника посевного комплекса и способы ее упрочнения

**Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»**

на глубине 11 - 12 см, подготавливая почву для следующего цикла.



Рис. 3. Стенд «круговой почвенный канал»

Вращение крестовины обеспечивается приводом, состоящим из электродвигателя, ременной передачи со сменными шкивами и червячного редуктора. Сменные шкивы обеспечивают изменение частоты вращения крестовины в диапазоне 0,18-0,32 об/с. При диаметре крепления кронштейна рабочего органа 2,3 м скорость его движения в почве составляет 1,3-2,3 м/с, что соответствует скорости движения машинно-тракторного агрегата при посеве.

Для получения данных об износе на стенд устанавливается сошник, на верхнюю поверхность крыльев которого должно быть нанесено специальное легкоистираемое покрытие. Был проведен анализ способа оценки износа, предложенного в работе [8]. В соответствии с ним на шлифованную поверхность ионно-плазменным методом наносятся чередующиеся слои нитрида циркония, оксида алюминия или бориды хрома. Поскольку данные материалы имеют различные цвета, то при истирании наглядно виден характер износа. Однако данный способ сложен и требует специального оборудования.

Для снижения затрат и длительности исследований нами был установлен сошник посевного комплекса, рабочая поверхность которого была подготовлена по «методу красок». Данный метод позволяет определить износ легкоистираемого покрытия

магнитоиндукционным способом с помощью толщиномера.

Предварительно поверхность сошника была отшлифована до шероховатости Ra 1,6 мкм. На поверхность был нанесен слой легкостираемой акриловой краски толщиной 0,7-0,9 мм. После чего покрашенная поверхность снова шлифовалась со снятием слоя краски 0,1-0,2 мм. Данное двукратное шлифование выполнялось для обеспечения точности измерений толщины краски до и после работы в почве.

Результаты исследований

Перед работой в почве на окрашенную поверхность правого и левого крыла сошника накладывались направляющие кондукторы с нанесенной координатной сеткой (рис. 4).

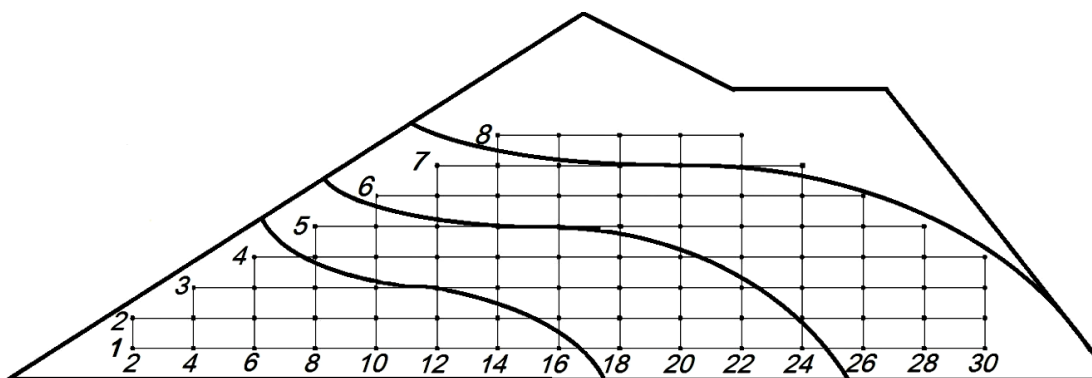


Рис. 4. Левое крыло сошника с координатной сеткой точек измерения и границами слоев износостойкого покрытия

Сетка состояла из горизонтальных линий через 1 см, начиная от лезвия, и вертикальных линий через 2 см, начиная от носка сошника. На пересечении линий выполнялись измерения толщины краски. Общее количество точек составило 89 для каждого крыла.

После проведения первичных измерений толщины краски сошник устанавливался на стенд. Обработка почвы осуществлялась на скорости 2,3 м/с. Глубина погружения сошника в почву составляла 8 см. После трех часов работы в почве сошник был снят со стенда. Были измерены величины уменьшения слоя краски.

Из-за разницы радиусов левое и правое крыло сошника двигались в почве с различной скоростью. Поэтому внутреннее крыло изнашивалось меньше. В итоговую таблицу вносилось среднееарифметическое значение износа для идентичных точек левого и правого крыла (табл. 1).

Таблица 1. Средние величины Z износа краски для точек рабочей поверхности сошника

Высота У, см	Координаты точки по горизонтали X, см														
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
1	269	262	255	247	238	228	217	205	192	178	163	147	130	269	262
2	276	271	260	255	250	240	230	210	205	200	190	176	158	140	120
3	-	260	258	250	240	232	218	200	198	195	187	172	148	128	108
4	-	-	245	237	228	220	213	198	193	183	173	158	136	114	96
5	-	-	-	216	207	204	188	180	168	160	153	140	122	102	-
6	-	-	-	-	190	180	156	142	136	132	128	122	105	-	-
7	-	-	-	-	-	150	140	120	118	114	112	110	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	120	117	113	108	102	-	-	-	-

По результатам измерений и математической обработки данных на ортогональной проекции были построены границы слоев износостойкого покрытия (рис. 4). Данная схема наглядно показывает приблизительную толщину необходимого износостойкого покрытия на поверхности сошника. Максимальная величина наносимого износостойкого покрытия должна быть приблизительно в три раза больше минимальной толщины.

В упрощенном варианте нанесения износостойкого покрытия на участке в левом нижнем углу крыла целесообразно наносить слой с коэффициентом 3. На следующем участке – с коэффициентом 2, далее – с коэффициентом 1. На последнем участке в правом верхнем углу крыла износостойкое покрытие не наносится.

Если имеется программируемое оборудование для высокоточного нанесения износостойкого покрытия на поверхность сошника, то это позволяет существенно экономить дорогостоящий износостойкий материал и снизить затраты на технологический процесс.

Обработка полученных данных (табл. 1) позволила получить математическую модель зависимости величины износа Z в конкретной точке рабочей поверхности от координат этой точки

$$Z = 0,007 x^2 y^2 - 0,018 x^2 y - 0,109 x^2 - 0,184 x y^2 + 0,352 x y - 1,569 x + 0,008 y^2 - 5,887 y + 288,882$$

где x – расстояние от носка лапы по горизонтали, см;

y – расстояние от лезвия лапы по вертикали (высота точки), см.

Полученная двухфакторная модель позволяет назначить толщину наносимого покрытия (в условных единицах) в зависимости от положения точек поверхности сошника.

Толщина износостойкого покрытия зависит от свойств обрабатываемой почвы и

Быков С.Н., Санкина О.В.

Износ поверхности сошника посевного комплекса и способы ее упрочнения

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

характеристик наносимых износостойких материалов. Динамика износа сошника сеялки обусловлена механическим составом, влажностью и присутствием в почве каменистых фрагментов [9, 10]. Почвы по абразивному воздействию на рабочие органы машин подразделяют на три категории:

- почвы с низким абразивным износом (содержание физического песка менее 80%);
- супесчаные и песчаные почвы со средним абразивным износом (содержание физического песка 80 до 95% при малом объеме каменистых включений);
- почвы с высоким абразивным износом (содержание физического песка выше 95% при значительном объеме каменистых включений) [9].

Анализ данных ряда публикаций и проведенные собственные исследования показывают, что износ рабочих органов сеялок и почвообрабатывающих машин может различаться в несколько раз для разных категорий почв [10, 11].

Для повышения долговечности сошников используют различные упрочняющие покрытия. В качестве упрочняющих покрытий используют твердые сплавы, содержащие в своем составе дорогостоящие легирующие элементы [12]. Процесс упрочнения осуществляют путем нанесения износостойкого материала на части, которые более интенсивно подвергаются износу в процессе эксплуатации. Однако создание износостойкого слоя сопряжено с рядом трудностей. Происходит изменение микроструктуры основного материала и нанесенного слоя, а это влечет за собой изменение механических свойств основы и самого наплавленного материала [13]. Для нанесения упрочняющих слоев используются различные способы, такие как: электроискровое легирование, электродуговая наплавка, порошковое нанесение и другие.

Для реализации дифференцированного механизма нанесения упрочняющего покрытия был выбран способ электроискрового легирования.

В качестве упрочняющего материала использовался серый чугун, который подвергался предварительной термической обработке, состоящей из циклического отжига при температурах 500–600°C с интервалом температур 50°C (один цикл – нагрев 1 час, при заданных температурах и охлаждение с печью). Результатами данной термической обработки явилось повышение твердости при температуре обработки 500°C (рис. 5).

Быков С.Н., Санкина О.В.

Износ поверхности сошника посевного комплекса и способы ее упрочнения

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

Влияние циклического отжига на твердость серого чугуна (1 цикл -
нагрев 1 час, охлаждение с печью)

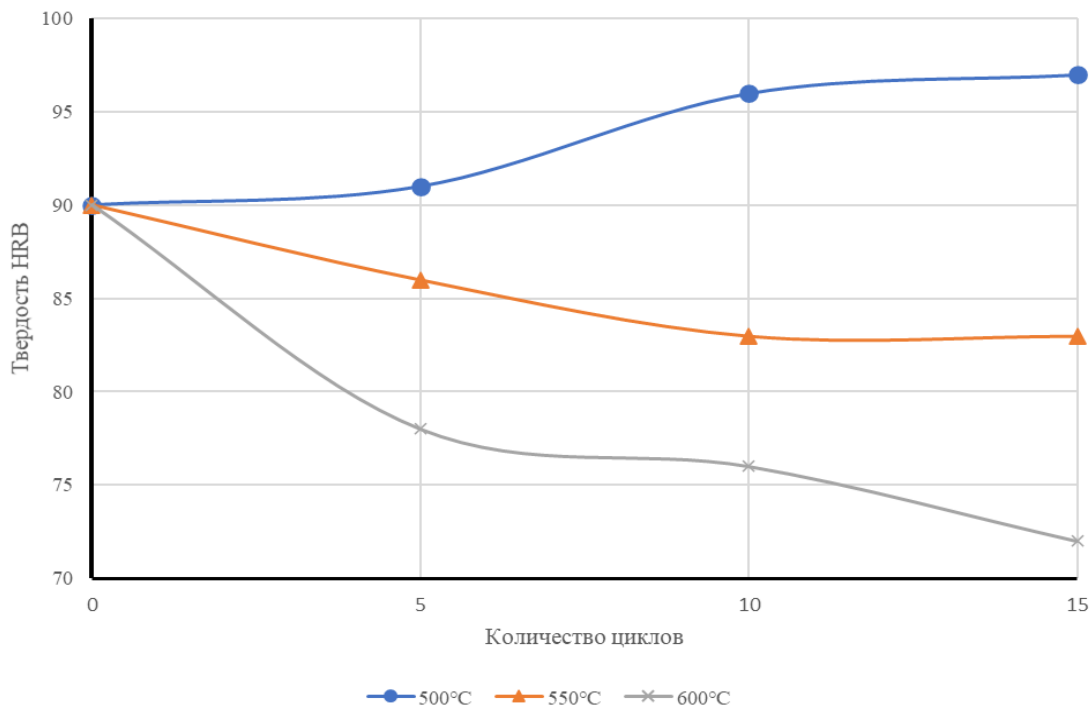


Рис. 5. Влияние циклического отжига на твердость серого чугуна

Циклический отжиг (15 циклов) серого чугуна с температуры 500°C дал возможность растворить графитовые включения в матрице и получить перлито-ледебуритную структуру (рис. 6), которая даёт возможность получить высококачественный износостойкий слой для почворезущих орудий, работающих в абразивной среде.

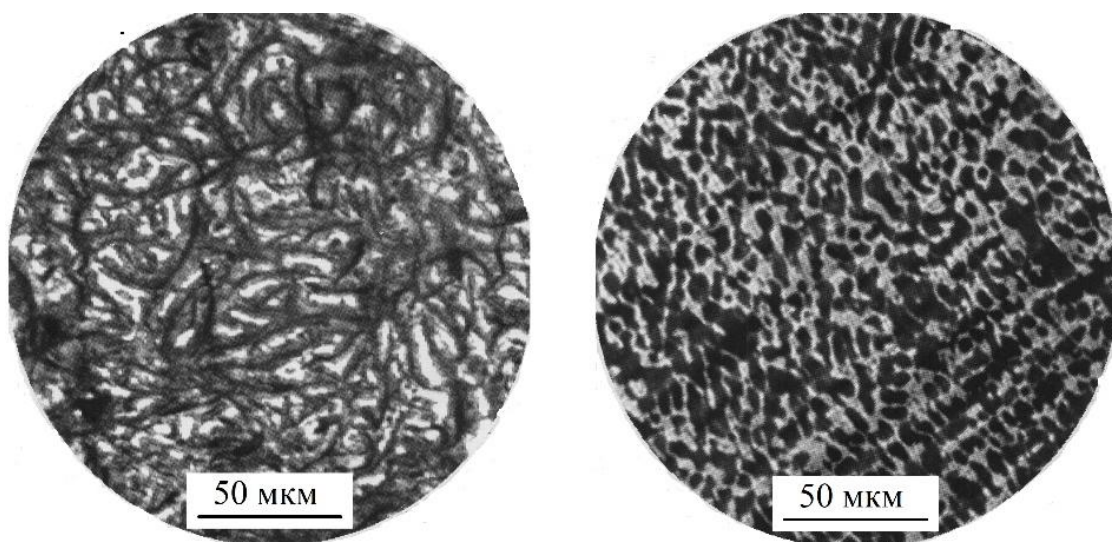


Рис. 6. Микроструктура серого чугуна (x110) до и после термической обработки: циклический отжиг (15 циклов) 500°C

Быков С.Н., Санкина О.В.

Износ поверхности сошника посевного комплекса и способы ее упрочнения

**Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»**

Стоит отметить, что в структуре упрочненного слоя также отсутствуют графитовые включения и сохраняются структурные составляющие, полученные после предварительной термической обработки. После проведенной электроискровой наплавки отсутствует увеличение зерна, как основы, так и в наплавленном слое.

Электроды изготавливались из серого чугуна состава (%): С – 4.2...4.4, Si – 0.75, Mn – 0.24, S – 0.08, P – 0.08, Fe – остальное, подвергались термической обработке и имели механические свойства, представленные на рис. 5 и в табл. 2.

Таблица 2. Влияние температуры циклического отжига на механические свойства серого чугуна

Термическая обработка	σ_B , МПа	δ , %	ψ , %
Без нагрева	125	2,0	1
Отжиг 500°C, 5 циклов	136	2,3	1
Отжиг 500°C, 10 циклов	138	2,6	1
Отжиг 500°C, 15 циклов	139	2,7	1
Отжиг 550°C, 5 циклов	126	2,1	1
Отжиг 550°C, 10 циклов	124	1,9	1
Отжиг 550°C, 15 циклов	122	1,8	1
Отжиг 600°C, 5 циклов	124	1,9	1
Отжиг 600°C, 10 циклов	121	1,8	1
Отжиг 600°C, 15 циклов	119	1,7	1

При изучении микроструктуры наплавленного материала с применением электроискровой наплавки включения графита отсутствовали, откуда стоит сделать заключение, что сохраняются структурные составляющие, полученные после термической обработки и электроискровой наплавки [13]. Также в наплавленном слое не изменилась величина зерна основного металла, что оказывает положительное влияние на свойства (рис. 7).

После проведенного упрочнения произвели измерения микротвердости слоя из серого чугуна, подвергшегося циклическому отжигу при температуре 500°C (15 циклов) с последующим охлаждением с печью, которые показали большие значения (4600 – 5100 МПа), чем основание, у которого значение данного показателя лежит в диапазоне 2200 – 2300 МПа. Оптимальным значением толщины наплавленного слоя является 1,0 до 3,0 мм (рис. 8).

Быков С.Н., Санкина О.В.

Износ поверхности сошника посевного комплекса и способы ее упрочнения

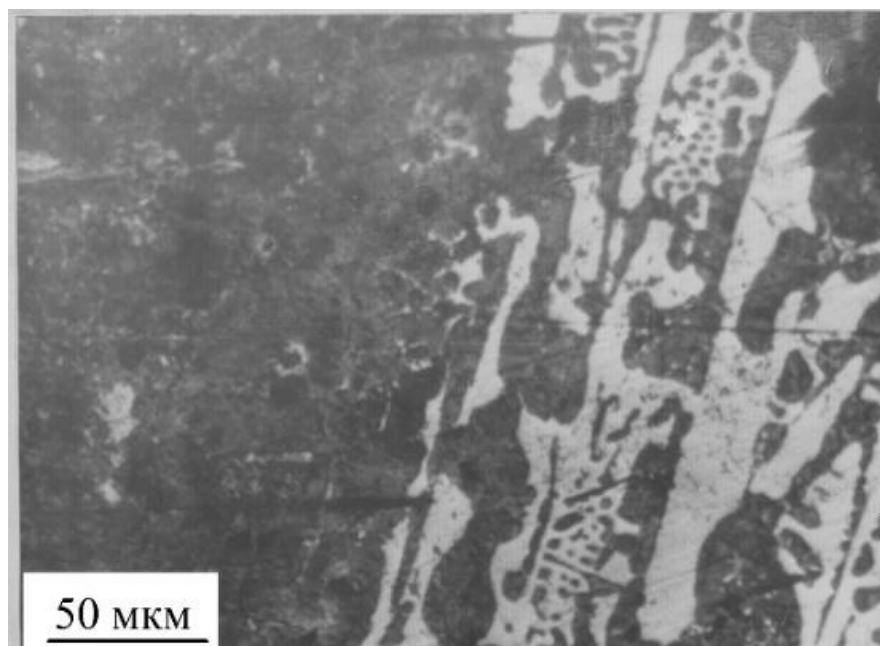
**Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»**

Рис. 7. Микроструктура наплавленного слоя после электроискровой наплавки (x110)

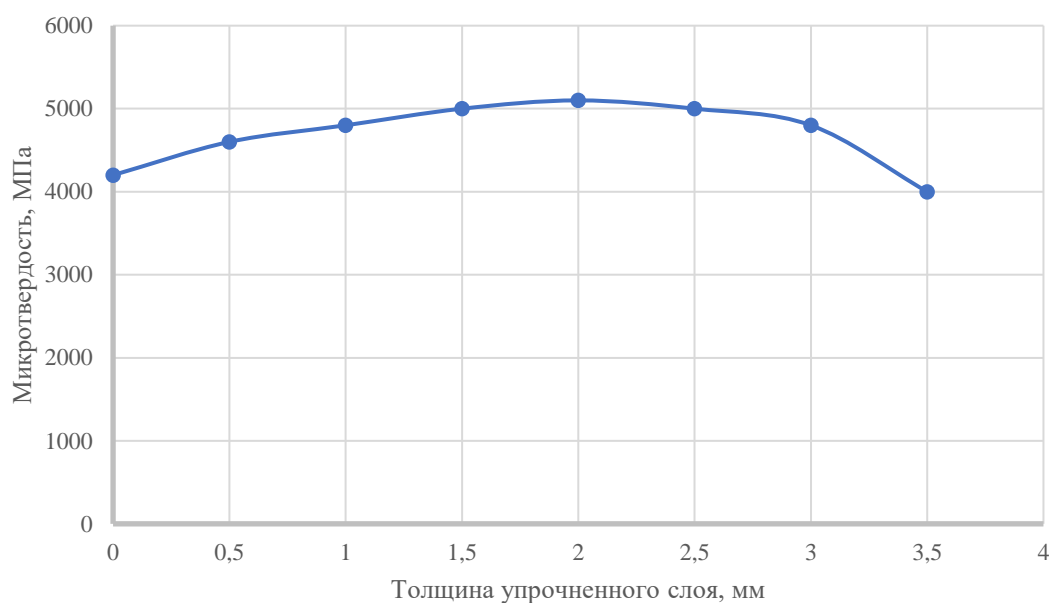


Рис. 8. Микротвердость наплавленного слоя после электроискровой наплавки

Выводы

Проведенные исследования позволили выявить степень абразивного износа в различных точках рабочей поверхности сошника посевного комплекса. Полученная математическая модель износа позволяет наносить на разные участки данной поверхности оптимальные слои износостойкого покрытия по критериям экономичности и долговечности

рабочего органа. Технология электроискрового дифференцированного упрочнения термообработанным серым чугуном обеспечивает регулирование толщины наплавленного слоя, не приводит к изменению исходных геометрических размеров сошника, что позволяет рекомендовать данную технологию для повышения износостойкости почвообрабатывающих рабочих органов.

Список использованных источников:

1. Миронов Д.А., Ламм А.К., Расулов Р.К. Оценка эффективности почвообрабатывающих рабочих органов по критерию износостойкости // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. - 2023. - № 1 (65). - С. 145-150.
2. Мяленко В.И., Санкина О.В. Выбор геометрических параметров нанесения упрочняющих материалов на поверхности трения почворежущих деталей // Трение и износ. - 2022. - Т. 43. - № 2. - С. 176-183.
3. Раднаев Д.Н., Абидуев А.А., Пехутов А.С. Методика определения долговечности деталей рабочих органов почвообрабатывающих машин // Вестник российской сельскохозяйственной науки. - 2024. - № 1. - С. 77-81.
4. Сидоров С.А., Зволинский В.Н. Повышение прочностных характеристик рабочих органов почвообрабатывающих машин путем защиты определенных зон от интенсивного абразивного изнашивания // Технический сервис машин. - 2019. - № 1 (134). - С. 179-193.
5. Епифанцев Д.В., Ишков А.В., Федоренко И.Я. Моделирование износа стрельчатых лап // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. - 2018. - № 5 (163). - С. 164-171.
6. Пастухов А.Г., Кравченко И.Н., Волков М.И. Исследование износа дисковых сошников сеялки СЗТ-3,6А // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. - 2019. - № 3 (23). - С. 55-68.
7. Сидоров С.А., Зволинский В.Н. Методология стендовых испытаний почворежущих рабочих органов на износ // Технический сервис машин. - 2018. - Т. 133. - С. 167-181.
8. Патент РФ № 2536119. Способ анализа износа / Е.В. Васильев, В.С. Гончаров, М.В. Гончаров. По заявке №2013127849/28. Опубл.– 20.12.2014. Бюл. № 35.
9. Синюков Г.Н. Проектирование почвообрабатывающих машин. – М.: Машиностроение, 1965. – 310 с.
10. Бартенев И.М., Поздняков Е.В. Изнашивающая способность почв и ее влияние на долговечность рабочих органов почвообрабатывающих машин // Лесотехнический журнал. - 2013. - №3(11). – С. 114-123.
11. Санкина О.В. Формирование структуры и свойств при нанесении на сталь

Быков С.Н., Санкина О.В.

Износ поверхности сошника посевного комплекса и способы ее упрочнения

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
=====

износостойкого слоя нелегированного белого чугуна: автореферат дис. ... канд. техн. наук: 05.16.01. – Новокузнецк. 2010. - 21 с.

12. Carcel-Carrasco Francisco-Javier, Pascual-Guillamon Manuel, and Salas-Vincente Fidel, et al. Influence of Heat Treatment in the Microstructure of a Joint of Nodular Graphite Cast Iron when Perlitic Grey Cast Iron Rods as Filler Material // Metals. – 2019 (90), no. 1, Article Number 48.

13. Санкина О.В. Повышение износостойкости орудий почвообрабатывающих машин // Достижения науки и техники АПУ. – 2019. - №8. - С. 77-80.

=====

Цитирование:

Быков С.Н., Санкина О.В. Износ поверхности сошника посевного комплекса и способы ее упрочнения [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2025. – № 2. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2025/2/st_205.pdf DOI: <https://doi.org/10.51419/202152205>.