

Современные методы упрочнения дисковых рабочих органов почвообрабатывающих машин

Н.М. Ожегов, д.т.н., профессор, В.А. Ружьев, к.т.н., В.Д. Губарев, магистрант, В.Д. Сулеев, соискатель, ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский ГАУ; В.А. Шахов, д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ

Изнашивание дисков почвообрабатывающих агрегатов – это процесс разрушения их почво-режущей поверхности при трении вследствие абразивных и физико-механических свойств почвы, конечным результатом которого становятся постепенно изменённые их форма, размер и со-

стояние рабочей поверхности [1]. По понятным причинам, из-за представленных изменений качество выполнения технологического процесса лушения, дискования резко ухудшается, снижаются показатели технико-экономической оценки работы почвообрабатывающих машин. С увеличением наработки состояние изнашивающихся дисков непрерывно изменяется и достигает предельных значений сразу по нескольким конструкционным параметрам, влияющим на функциональные и технологические качества.

Материал и методы исследования. Для изготовления дисковых рабочих органов почвообрабатывающих технических систем применяются следующие конструкционные стали: 40, 45, 40X, 65Г, Л53, а также такие методы термической обработки, как закалка и отпуск, упрочняющие почворежущую поверхность дисков, твёрдость которой при этом составляет HB 160–550 (не более 39–56 HRC), а показатель прочности не превышает значений в 1400 МПа (табл. 1, 2). Практические исследования [2, 3] доказывают, что при такой термообработке не исключается прямое разрушение почворежущей поверхности диска путём микроцарапания и прорезания кварцевыми частицами почвы.

Интенсивность изнашивания дисковых рабочих органов составляет 0,3 мм/км, что говорит о фактической наработке таких деталей в 1,5–3,0 раза меньшей по сравнению с заявленной производителями и нормативной документацией.

Современными исследованиями установлено, что для эффективной обработки слоя почвы на заданной глубине достаточно обеспечения прочности основного металла дисковых рабочих органов почвообрабатывающих машин не менее 1500–1800 МПа [4]. Значения ударной вязкости должны быть в пределах 0,8–1,25 МДж/м². Такие показатели исключают деформацию дисков и их поломку.

При производстве почвообрабатывающей техники важно не только использовать качественные материалы, но и применять соответствующие технологии термической обработки (объёмная закалка ТВЧ и др.). В результате термообработки свойства сталей изменяются в довольно широких пределах, что даёт возможность создавать более прочные и надёжные конструкции технических систем (табл. 2).

Включение в состав сталей легирующих элементов значительно изменяет её свойства. Например, небольшие добавки бора (В) значительно повышают прокаливаемость (глубину проникновения закалённой зоны); при высоком содержании марганца (Mn) стали приобретают большую твёрдость и сопротивление износу [5].

Результаты исследования. В Санкт-Петербургском ГАУ проведены исследования по обоснованию механических критериев снижения трения

абразивной среды путём преобразования упругой деформации контактного слоя почвы в пластическое состояние.

Разработанные методы высокочастотного деформирования контактного слоя почвы [4, 6], защищённые патентами РФ на изобретения и частично апробированные в полевых и лабораторных условиях [7], являются эффективным средством повышения ресурса почвообрабатывающих рабочих органов [8].

Технический и экономический эффект достигается путём механических методов нанесения армирующего слоя и формирования запатентованной «рельефной» рабочей поверхности дисков, т.е. создаётся неоднородная структура со своими механическими свойствами, которая выполняет роль высокочастотного деформатора контактного слоя почвы наплавочными твёрдыми сплавами в зоне наибольшей интенсивности трения детали (рис. 1, 2) [9, 10]. Результатом является снижение интенсивности трения контактного слоя почвы, обладающего демпфирующей способностью в условиях ударных нагрузок при минимальных затратах на материалы и электроэнергию.

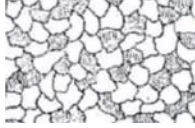

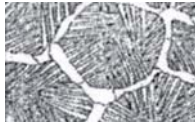


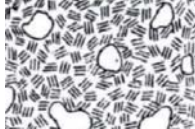

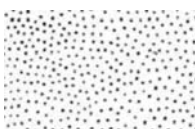
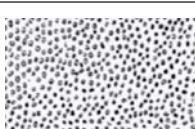
Выводы. Перспективный вариант для промышленного применения наплавочных твёрдых сплавов позволяет: во-первых, уменьшить неравномерность изнашивания почворежущих рабочих поверхностей дисков почвообрабатывающих технических систем, предварительно подвергаемых термической обработке; во-вторых, обеспечить устойчивое самозатачивание лезвийной поверхности методом высокочастотного деформирования контактного слоя почвы. Этот вариант обеспечивает следующие технологические преимущества упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин:

- интенсивное рыхление контактного слоя почвы твёрдыми сплавами без увеличения тягового сопротивления агрегата;
- многократное снижение затрат на материалы и электроэнергию;
- высокую производительность и точность нанесения твёрдых сплавов в зоне наибольшей интенсивности трения;
- повышение прочности рабочей поверхности деталей при минимальном нагреве основного металла;

1. Механические свойства стали 45 в зависимости от видов и режимов термической обработки

Вид и режим термической обработки	Механические свойства стали			
	предел прочности, МПа	относительное удлинение, %	ударная вязкость, МДж/см ²	твёрдость, HB (HRC)
Отжиг	560	16	0,8	160
Закалка	–	–	–	550 (55,5)
Закалка + отпуск 250°C	1400	3	0,1	435 (45,7)
Закалка + отпуск 400°C	1200	6	0,2	370 (39,8)
Закалка + отпуск 550°C	800	12	0,6	245
Закалка + отпуск 660°C	660	14	1,0	195

2. Микроструктура стали 45 в зависимости от видов и режимов термической обработки [4]

Вид термической обработки, характеристика режима	Режим термической обработки		Микроструктура
	температура нагрева, °C	охлаждение	
Отжиг по оптимальному режиму	775–805	медленное (с печью) $V_{\text{охл}} \ll V_{\text{кр}}$	 мелкозернистая, феррит + перлит
Отжиг с превышением оптимальной температуры нагрева	855–955	медленное (с печью) $V_{\text{охл}} \ll V_{\text{кр}}$	 крупнозернистая, феррит + перлит
Отжиг с превышением оптимальной температуры нагрева и скорости охлаждения	855–955	на воздухе $V_{\text{охл}} \ll V_{\text{кр}}$	 видманштеттова, феррит + перлит
Закалка по оптимальному режиму	775–805	в воде $V_{\text{охл}} > V_{\text{кр}}$	 мелкоигльчатый мартенсит
Закалка с превышением оптимальной температуры нагрева	855–955	в воде $V_{\text{охл}} > V_{\text{кр}}$	 крупноигльчатый мартенсит
Закалка с занижением оптимальной температуры нагрева	730–755	в воде $V_{\text{охл}} > V_{\text{кр}}$	 мартенсит + феррит
Закалка со скоростью охлаждения меньше критической	775–805	в масле $V_{\text{охл}} < V_{\text{кр}}$	 мартенсит + троостит
Закалка по оптимальному режиму и среднетемпературный отпуск	$T_{\text{зак}} = 775\text{--}805$ $T_{\text{отп}} = 300\text{--}400$	в воде на воздухе	 троостит отпуска
Закалка по оптимальному режиму и высокотемпературный отпуск	$T_{\text{зак}} = 775\text{--}805$ $T_{\text{отп}} = 500\text{--}650$	в воде на воздухе	 сорбит отпуска

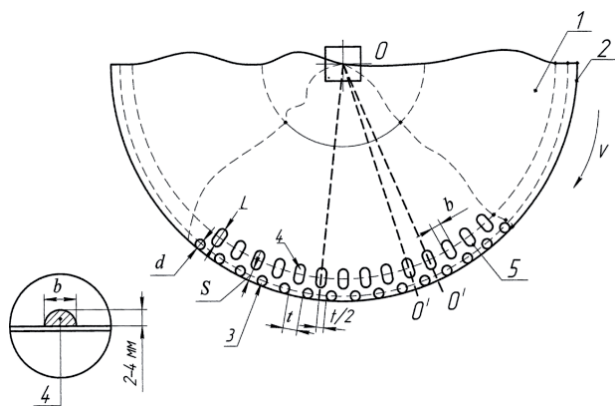


Рис. 1 – Фрагмент почворезущей рабочей поверхности сферического сплошного диска с армирующим слоем в виде отдельных отрезков и точек [9]:

1 – рабочая поверхность дискового рабочего органа; 2 – режущая кромка; 3 – точки; 4 – отрезки; d – диаметр направленных точек; t – расстояние между точками; l – длина отрезка; b – ширина отрезка; S – расстояние между элементами наплавки до режущей кромки

– равномерное заглубление почворезущих элементов при исключении возможности формирования уплотнённого почвенного ядра;

– уменьшение неравномерности изнашивания почвообрабатывающих деталей при более эффективном использовании наплавочных твёрдых сплавов, обладающих высокой износостойкостью.

Литература

- Ожегов Н.М. Формирование поверхностной прочности рабочих органов почвообрабатывающих машин в области наибольшей интенсивности трения / Н.М. Ожегов, В.А. Ружьев, Д.А. Капошко [и др.] // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2014. № 35. С. 270–276.
- Ожегов Н.М., Ружьев В.А. Обеспечение долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин // Сельский механизатор. 2015. № 5. С. 36–38.
- Шахов В.А., Аристанов М.Г., Ларионов Е.П. Надёжность зарубежной почвообрабатывающей техники в условиях Оренбургской области // Машинно-технологическая станция. 2010. № 6. С. 23.
- Ожегов Н.М. Динамические методы преобразования упругой деформации активного слоя почвы / Н.М. Ожегов, В.А. Ружьев, Д.А. Капошко [и др.] // Известия Международной академии аграрного образования. 2018. № 41. Т. 2. С. 47–51.
- БДМ-Агро эксперт в почвообработке: каталог техники. Краснодар: ООО «БДМ-АГРО», 2018. 70 с.

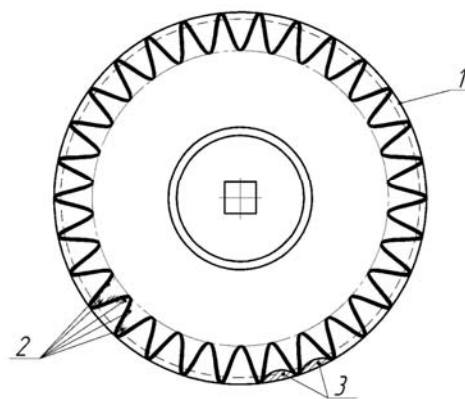


Рис. 2 – Упрочнение дискового рабочего органа почвообрабатывающей машины путём нанесения синусоиды из твёрдого сплава с эффектом самозатачивания почворезущей поверхности [10]:

1 – режущая кромка; 2 – зоны застойной почвы; 3 – поверхность самозатачивания основного металла

- Ожегов Н.М., Ружьев В.А., Капошко Д.А. Методы устойчивого самозатачивания почворезущих поверхностей деталей // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: сб. науч. тр. междунар. науч.-практич. конф. «Наука и образование как основа устойчивого развития агропромышленного комплекса» (Санкт-Петербург, 25–26 января 2018 г.). Ч.1. СПб.: СПбГАУ, 2018. С. 371–377.
- Ожегов Н.М. Конкурентоспособная модель комбинированного почвообрабатывающего агрегата / Н.М. Ожегов, В.А. Ружьев, Е.А. Криштанов [и др.] // Вестник АПК Ставрополя. 2018. № 1 (29). С. 18–22.
- Шахов В.А., Учкин П.Г. Технология восстановления и упрочнения рабочих органов глубоких рыхлителей // Повышение конкурентоспособности российской сельскохозяйственной продукции на внутренних и внешних рынках: матер. междунар. конгресса: матер. для обсуждения. Северо-Западный центр междисциплинарных проблем продовольственного обеспечения. СПб.: Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, ООО «Экспофорум-Интернэшнл», 2017. С. 222–223.
- Пат. 172891 Российская Федерация, А01В 15/16, А01В 23/06, В23К 9/04, С23С. Почвообрабатывающий сферический диск / Н.М. Ожегов, В.А. Ружьев, О.С. Кузьмин, Н.П. Григорьев; заявит. и патентообладатель Н.М. Ожегов, В.А. Ружьев; № 2016137210; заявл. 16.09.16; опубл. 28.07.17; Бюл. № 22.
- Пат. на полезную модель № 172900 РФ, А01В 15/16, А01В 23/06, В23К 9/04, С23С. Почвообрабатывающий сферический диск / Н.М. Ожегов, В.А. Ружьев, О.С. Кузьмин; № 2016137215; заявл. 16.09.16; опубл. 31.07.17; Бюл. № 22.