

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ДИСКОВ ФИРМЫ BELLOTA

**К.В. Борак, к.т.н., С.Н. Герук, к.т.н., доцент,  
В.Г. Руденко, аспирант**

*Житомирский агротехнический колледж, г. Житомир, Украина*

### Введение

Повышение износостойкости деталей сельскохозяйственных машин, работающих в условиях абразивного износа – одна из важнейших задач современного сельскохозяйственного машиностроения. В аграрном производстве абразивному воздействию наиболее подвержены рабочие органы почвообрабатывающих машин, работающих в сложной технологической среде – почве. Большой вклад в изучение вопросов повышения износостойкости рабочих органов почвообрабатывающих машин сделали: Г.Н. Синеоков, Б.И. Костецкий, М.М. Хрущев, А.Ш. Рабинович, Л. Ермолов, В.Н. Ткачев, А. М. Михальченко, М. М. Северньов, С.А. Сидоров, П. Каплун, В.В. Аулин и многие другие ученые. До 90% всех исследований в направлении повышения износостойкости рабочих органов сосредоточено на технологических методах улучшения триботехнических характеристик материала рабочих органов и применения различных способов поверхностного упрочнения, в то время, как влияния второго элемента трибосистемы (грунта) на износостойкость рабочих органов почвообрабатывающих машин уделено недостаточно внимания. Технические требования для дисков, производимых в Украине, предполагают их изготовление из стали 65Г, или ее заменителей - стали М76 и стали 45 с термообработкой на твердость 39 ... 44 HRC. [1]. Фирма Bellota является мировым лидером по производству рабочих органов для дисковых почвообрабатывающих машин и реализует свою продукцию более чем в 80 стран мира. По данным официального сайта рабочие органы она изготавливает из борсодержащей стали (28MnB5) твердостью  $50 \pm 2$  HRC, обеспечиваемых автоматической системой контроля термообработки [2]. В настоящее время остается не изученным вопрос возможности применения рабочих органов дисковых почвообрабатывающих

ших машин из одного материала и с одинаковой термической обработкой для различных типов грунтов (песчаные, супесчаные, суглинистые и глинистые). Целью данной работы является исследование химических, физико-механических характеристик материала и износостойкости почвообрабатывающего рабочего органа фирмы Bellota на разных типах почв.

### Основная часть

Мировой лидер по производству рабочих органов для почвообрабатывающих машин фирма Bellota на своем официальном сайте указывает, что в качестве материала для дисковых почвообрабатывающих рабочих органов используется сталь 28MnB5 [2]. Один из производителей данной марки стали Ovako Sweden AB на своем сайте регламентирует химический состав данной стали (таблица 1).

Таблица 1 – Химический состав стали 28MnB5 (производитель Ovako Sweden AB) [3]

Steel	Weldability		C %	Si %	Mn %%	P%	S%	Cr %	Al %	B%
28MnB5	CEV0,57max	Min	0,25	0,15	1,00	-	-	-	-	0,0008
	Pcm0,4 max	Max	0,32	0,40	1,50	0,035	0,035	0,30	0,020	0,0050

Химический состав материала почвообрабатывающего рабочего органа фирмы Bellota определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии, результаты представлены в таблице 2. Как видно из представленных результатов химический состав материала почвообрабатывающего рабочего органа фирмы Bellota соответствует нормативным требованиям к стали 28MnB5 (кроме алюминия, его содержание на 0,006% превышает допустимые пределы).

Таблица 2 – Химический состав стали диска фирмы Bellota

C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Ni	Mo	Cu	V	Nb	B	Ti	N
0,272	0,234	1,26	0,020	0,0035	0,026	0,22	0,019	0,002	0,019	0,004	< 0,002	0,0023	0,033	0,0068

Испытания твердости рабочих органов дисковых почвообрабатывающих машин (производитель Bellota) выполняли по методу Роквелла в соответствии с ISO 6508-1 [4], результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Твердость стали диска Bellota

	Твердость					HRC					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
В середине → в центре	49,9	49,0	49,5	49,1	49,2	49,0	49,6	49,9	49,6	49,0	49,6
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
В середине →снаружи	49,4	50,0	50,0	49,8	48,8	49,9	49,9	49,9	50,0	49,8	

Исследование структуры стали рабочих органов дисковых почвообрабатывающих машин фирмы Bellota выполняли по схеме представленной на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема проведения исследований на вырезанном образце

Образцы шлифовались и подвергались обработке азотной кислотой ( $\text{HNO}_3$ ), результаты исследований представлены на рисунке 2.

Как известно, содержание бора до 0,1% резко снижает поверхностное натяжение стали. Этот эффект приводит к адсорбции бора на границе растущих зерен и замедлению линейной скорости роста кристаллов и в соответствии с этим измельчению структуры.

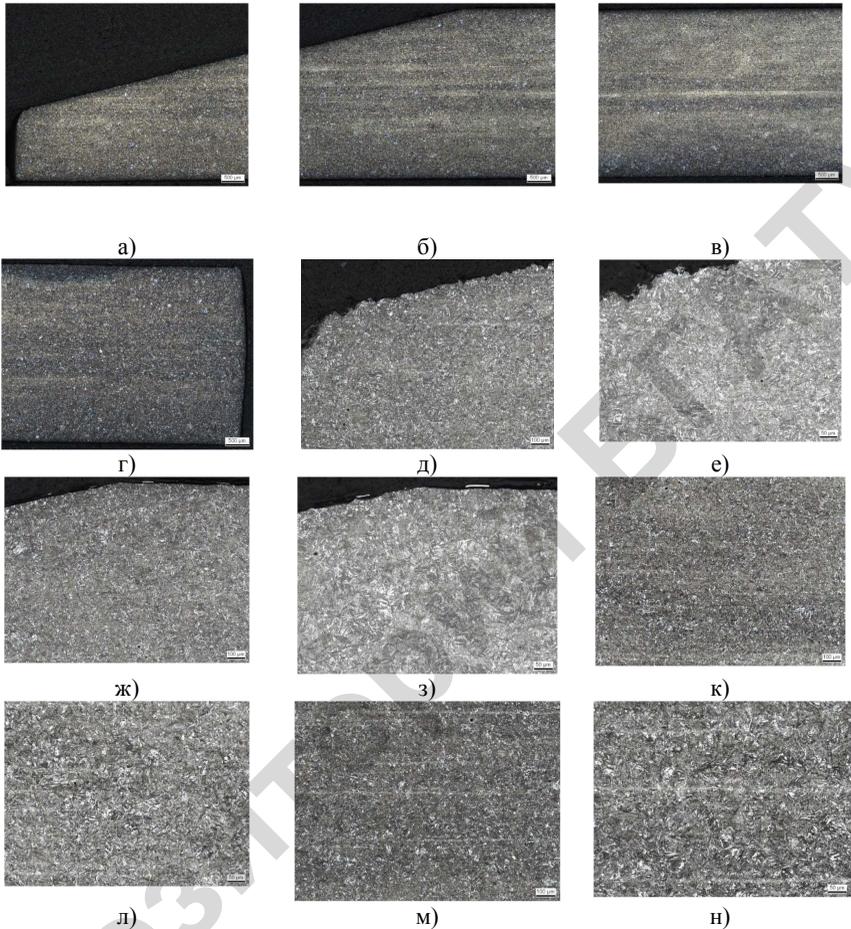


Рисунок 2 – Микроструктура стали диска Bellota:

а, б – снаружи; в – посередине; г – всередине; д, е -снаружи (вершина детали);  
ж, з снаружи (переход к нормальной толщине); к, л – посередине детали;  
м, н – деталь всередине

Зона столбчатой кристаллизации сокращается, структура становится однородной и мелкозернистой, улучшаются пластические свойства, что наблюдается на рисунке 2.

Исследования на изгиб с надрезом проводили по стандарту ISO 148-1: 2011-01 [5] на маятниковом копре PSW-750, результаты исследований представлены в таблице 4.

*Таблица 4 – Испытания на изгиб стали диска Bellota*

Расположение	Температура	Энергия удара			Измерения		
		[°C]	1	2	3	MW	3,8x 10,0
CV -KSZO	A2	+20	12 (32*)	12 (32*)	13 (34*)	12 (32*)	
CV -KSZO	B2	+20	11 (29*)	10 (26*)	10 (26*)	10 (26*)	
CV -KSZO	A0	0	10 (26*)	9 (24*)	9 (24*)	9 (24*)	
CV -KSZO	B0	0	10 (26*)	10 (26*)	8 (21*)	9 (24*)	

KSZO - размещение надреза перпендикулярно поверхности. А - тангенциально. В - радиально. (\*) - перерасчет с опытного образца на полноразмерный образец. Из представленных результатов видно, что энергия удара, которая приводит к изгибу значительно больше энергии удара, которая может возникнуть при эксплуатации рабочих органов дисковых почвообрабатывающих машин [1].

Основной триботехнической характеристикой материалов, работающих в условиях абразивного износа является износостойкость, поэтому были проведены эксплуатационные исследования. Эксплуатационные исследования процесса изнашивания рабочих органов дисковых почвообрабатывающих машин проводили в течении 2015-2017 годов в СООО "Старокотельнянське-Андрушевского района Житомирской области и ООО «Райз-Полесье» Овручского района Житомирской области на универсальных дисковых агрегатах УДА-4,5 и тяжелых дисковых боронах БПД-4 2 по методике представленной в работе [1].

Как видно из представленных результатов наработка до предельного состояния в серийных дисковых рабочих органах изготовленных из стали 65Г составляет 103 га, а в рабочих органах фирмы Bellota - 154 га, то есть износостойкость в Bellota выше в 1,5 раза (средняя стоимость таких дисков выше в 1,9-2,1 раза по сравнению с дисками изготовленных из стали 65Г). Данный эффект наблюдался на суглинистых почвах (рисунок 3). Эффект повышения износостойкости в рабочих органах фирмы Bellota нивелируется до 1,35 раз по сравнению с рабочими органами изготовленных из стали 65 Г, при использовании их на песчаных почвах. Данный эффект объясняется более агрессивными условиями эксплуатации на песчаных почвах.

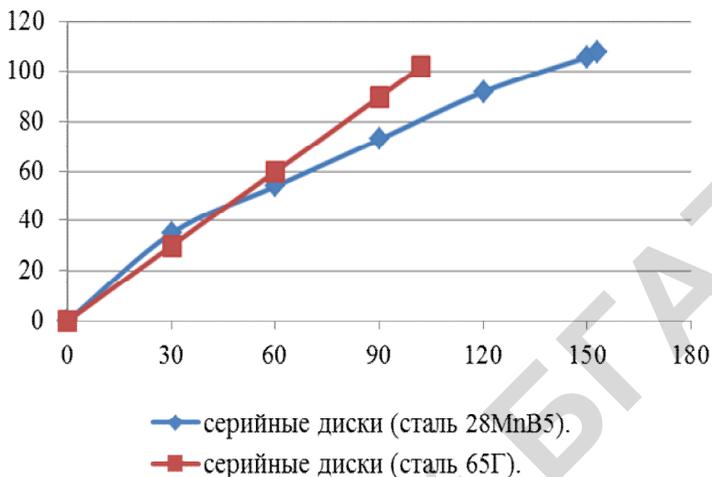


Рисунок 3 – Темп износа дисковых рабочих органов почвообрабатывающих машин при работе на суглинистых почвах

На поверхности трения рабочих органов почвообрабатывающих машин, которые эксплуатируются в условиях песчаных почв преобладающим механизмом износа является микрорезание (рисунок 4) в отличие от рабочих органов эксплуатируемых в условиях суглинистых и глинистых почвах, где преобладающим механизмом является полидеформационное разрушение.

Несмотря на экономическую целесообразность использования дисков изготовленных из стали 65Г, потребители предпочитают рабочие органы изготовленные из стали 28MnB5, что в свою очередь связано с возникновением дефектов и отсутствием процесса самозатачивания (самоорганизации рабочей кромки) в процессе эксплуатации рабочих органов, изготовленных из стали 65Г (рисунок 5). Дефекты (смятие рабочей кромки и выщербливание) дискового рабочего органа изготовленного из стали 65Г возникают в результате взаимодействия с твердыми включениями в почве (камнями) (рисунок 5). В результате возникновения данных дефектов ухудшается качество обработки почвы и растет тяговое сопротивление машины в целом. Возникновения дефектов в большинстве случаев связано с некачественной термической обработкой рабочих органов при их изготовлении.



*Рисунок 4 – Поверхность трения дискового рабочего органа, который эксплуатируется на песчаных и супесчаных почвах*



*Рисунок 5 – Вид рабочей кромки диска изготовленного из стали 65Г в процессе эксплуатации на почвах с наличием твердых включений*

Как отмечается в работе [1] диски изготовлены из стали 28MnB5 в процессе эксплуатации самозатачиваются в отличие от дисков изготовленных из стали 65Г.

### **Заключение**

Установлено, что повышение износостойкости и достижение эффекта самозатачивания в дисковых рабочих органах фирмы Bellota получено за счет использования высококачественной стали и сложной термической обработки, что позволило достичь качественные триботехнические характеристики поверхности износа.

Несмотря высокую износостойкость дисковых рабочих органов почвообрабатывающих машин, даже такой мировой лидер как Bellota не учитывает почвенно-климатические условия эксплуата-

ции при проектировании и производстве рабочих органов, поэтому перспективным является определение необходимых триботехнических характеристик поверхностей трения рабочих органов почвообрабатывающих машин для каждой почвенно-климатической зоны, что позволит изготавливать рабочие органы повышенной износостойкости с учетом условий их эксплуатации.

#### Литература

1. Борак К.В. Підвищення зносостійкості робочих органів дискових ґрунтообробних знарядь методом електроерозійної обробки: дис. канд. тех. наук: 05.02.04 – тертя та зношування в машинах / Борак Костянтин Вікторович. – Харків, 2013. – 217 с.
2. <http://www.bellotaagrisolutions.com/en>.
3. <http://www.ovako.com/>.
4. ISO 6508-1:2016 (en) Metallic materials – Rockwell hardness test – Part 1: Test method
5. ISO 148-1:2011-01 (en) Metallic materials – Charpy pendulum impact test – Part 1: Test method

УДК 631.316

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДПОКРОВНЫХ РЫХЛИТЕЛЕЙ РП-2,4 И РП-1,7 ПРИ ВОЗДЕЛОВАНИИ КАРТОФЕЛЯ

**В.П. Мазяров, к.т.н, доцент, А.П. Акимов, д.т.н., профессор,  
В.И. Медведев, д.т.н., профессор**

*ФГБОУ ВО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары, Российская Федерация*

#### Введение

Изначально подпокровные рыхлители РП – 2,4 и РП – 1,7 были разработаны для основной безотвальной обработки почвы с сохранением стерневого покрова и щелевания кормовых угодий [1] взамен широко применяемых и поставляемых на рынок культиваторов: «Омичка», «Обь-4», Lemken Smaragd 9/600K, «ОПО-4,25», «АПУ-3,5», «КГО-3». Проведенные исследования показали возможность и эффективность использования подпокровных рыхлителей также и при возделывании пропашных культур, в частности, картофеля, очень требовательного к водно-воздушному режиму почвы.