

Дворук В.І.,***Борак К.В.****

*Національний авіаційний університет,
м. Київ, Україна,
Житомирський агротехнічний коледж,
м. Житомир, Україна
E-mail: vidvoruk@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДИСКОВИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ҐРУНТОБРОБНИХ МАШИН

УДК 621.891:631.313.02

Розглянуто структурні особливості сталі для дискового ґрунтообробного робочого органу фірми Bellota. Проаналізовано триботехнічні характеристики цієї сталі і показано, що в порівнянні зі сталлю, яку застосовують вітчизняні виробники сільськогосподарської техніки (сталь 65Г) вона володіє в 1,5 рази вищою зносостійкістю на суглинкових ґрунтах і в 1,35 рази – на піщаних.

Ключові слова: ґрунт, дисковий робочий орган, знос, зносостійкість.

Вступ

Підвищення зносостійкості деталей сільськогосподарських машин, які працюють в умовах абразивного зношування – одна з найважливіших задач сучасного сільськогосподарського машинобудування. У аграрному виробництві абразивному впливу найбільше піддаються робочі органи ґрунтообробних машин, які працюють в складному технологічному середовищі – ґрунті. Значний внесок у вивчення питань підвищення зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин зробили: Г.Н. Синеоков, Б.І. Костецький, М.М. Хрущов, А.Ш. Рабинович, Л.С. Єрмолов, В.Н. Ткачов, А.М. Михальченков, М.М. Северньов, С.О. Сидоров, Г.П. Каплун, В.В. Аулін та багато інших вчених. До 90% всіх досліджень в напрямку підвищення зносостійкості робочих органів присвячено технологічним та конструктивним методам його забезпечення, в той час, як експлуатаційним методам, зокрема пов'язаним з впливом ґрунту на зносостійкість робочих органів приділено значно менше уваги. Технічні вимоги для дисків вітчизняної техніки передбачають їх виготовлення зі сталі 65Г (або її заміника – сталі М76) і сталі 45 з термообробкою на твердість 39...44 HRC. [1] Світовий лідер в галузі виробництва робочих органів дискових ґрунтообробних машин фірма Bellota виготовляє їх з борвмісної сталі 28MnB твердістю 50±2 HRC, що забезпечуються автоматичною системою контролю режиму термообробки [2]. На сьогодні недостатньо вивченим залишається питання щодо доцільності застосування робочих органів дискових ґрунтообробних машин вітчизняного та іноземного виробництва у різних типах ґрунтів (піщані, супіщані, суглинкові та глини).

Постановка проблеми

Метою даної роботи є дослідження фізико-хімічних характеристик сталі для ґрунтообробного робочого органу фірми Bellota на різних типах ґрунтів.

Результати дослідження

На офіційному сайті фірми Bellota як матеріал для дискових ґрунтообробних робочих органів рекомендовано сталь 28MnB5 [2]. За інформацією виробника даної марки сталі Ovako Sweden AB регламентовано такий її хімічний склад (табл. 1).

Таблиця 1

Хімічний склад сталі 28MnB5 (виробник 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

Хімічний склад досліджуваної сталі для ґрунтообробного робочого органу фірми Bellota, що був визначений методом атомно-емісійної спектроскопії представлено в табл. 2.

Таблиця 2

Хімічний склад сталі диску 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

Як видно хімічний склад даної сталі відповідає нормативним вимогам до неї (окрім алюмінію його вміст більше на 0,006% за допустимі межі)

Випробування твердості робочих органів дискових ґрунтообробних машин (виробник Bellota) проводили за методом Роквелла відповідно до ISO 6508-1 [4]. Результати випробувань представлено в табл. 3.

Таблиця 3

Твердість сталі диску Bellota

Твердість	HRC										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Всередині→ посередині	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	216	17	18	19	20	21	
Посередині →зовні	49,4	50,0	50,0	49,8	48,8	49,9	49,9	49,9	50,0	49,8	

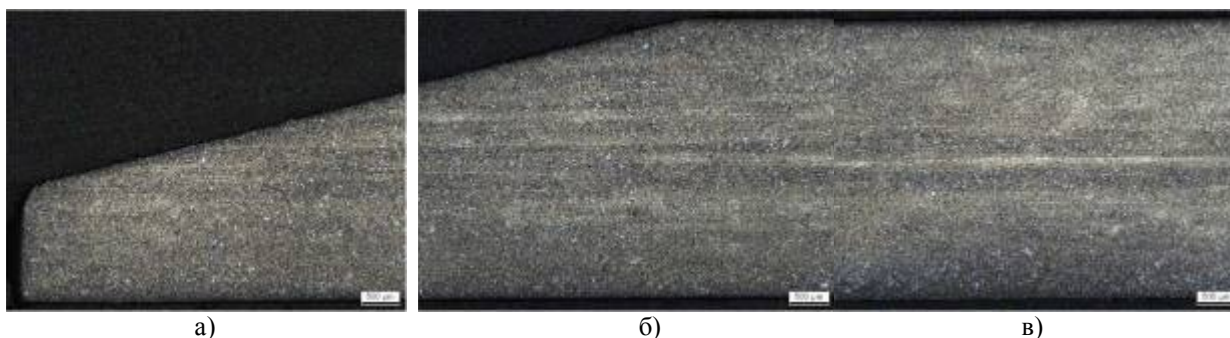
Дослідження структури сталі вказаних робочих органів проводили за схемою представленою на рис. 1



Рис. 1 – Схема проведення досліджень на вирізаному зразку

Зразки шліфувались та підвалились обробці азотною кислотою (HNO_3), результати досліджень представлено на рис. 2.

Як відомо, вміст бору до 0,1% різко знижує поверхневий натяг сталі. Це призводить до адсорбції бору на межах і зростаючих зерен, уповільнення лінійної швидкості росту кристалів та відповідного подрібнення структури сталі. Зона стовпчастої кристалізації скорочується, структура стає однорідною і дрібнозернистою, поліпшуються пластичні властивості, що ми можемо спостерігати на рис. 2.



а)

б)

в)

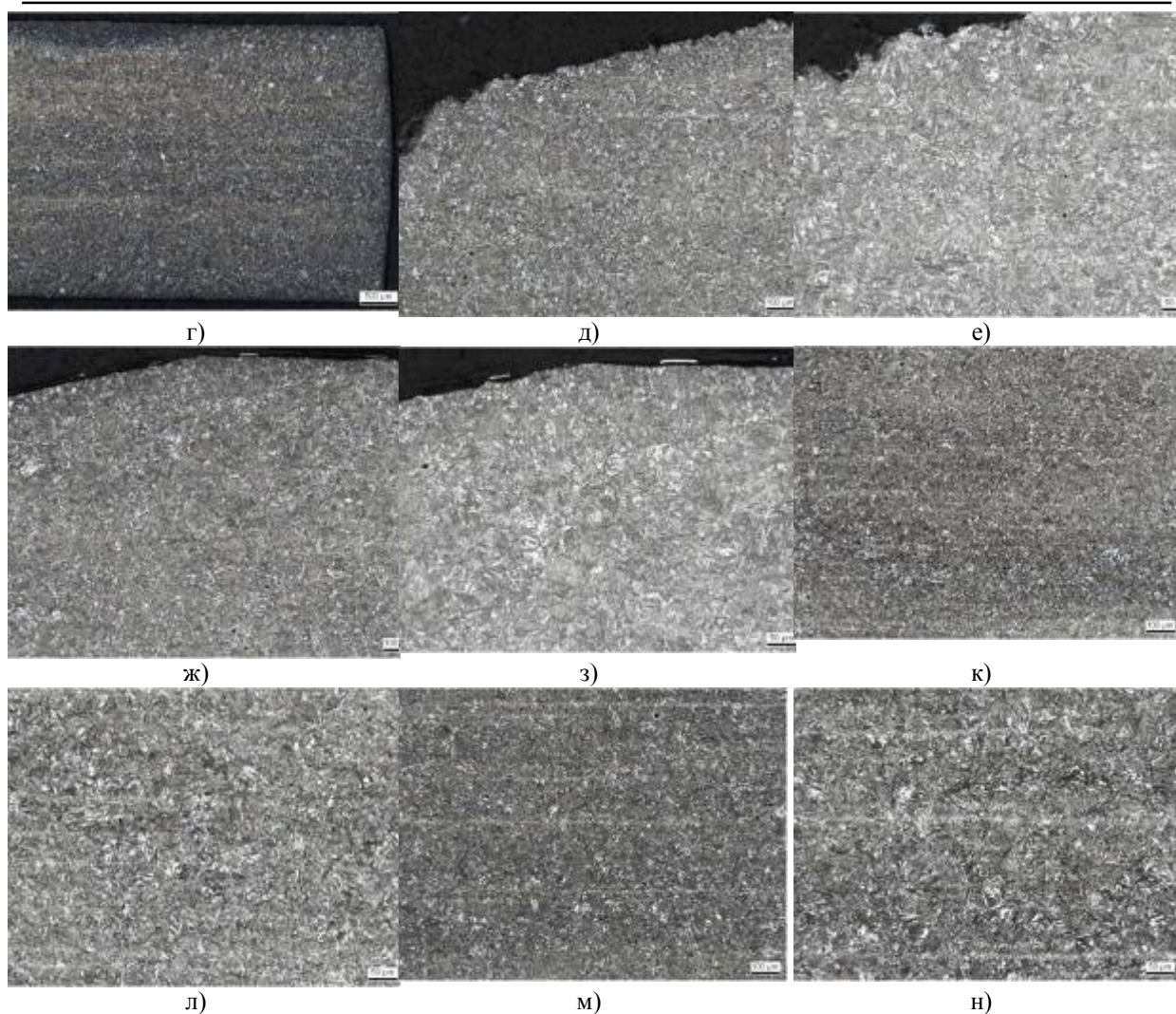


Рис. 2 – Мікроструктура сталі диску Bellota:

а, б – зовні; в – посередині; г – всередині; д, е – зовні (вершина деталі); ж, з – зовні (перехід до нормальної товщини); к, л – посередині деталі, м, н – деталь всередині.

Випробування на згин сталевих зразків з надрізом проводили за стандартом ISO 148-1:2011-01 [5] на маятниковому копрі PSW-750. Результати досліджень представлено в табл. 3.

Таблиця 3

Випробування на згин сталі диска Bellota

Розміщення		Температура	Енергія удару				Вимірювання
		[°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 – розміщення надрізу перпендикулярно поверхні. А – тангенціальне. В – радіальне. (*) – перерахунок з дослідного зразка на повнорозмірний зразок.

З представлених результатів видно, що енергія удару, яка призводить до згину зразка значно більша за енергію удару яка може виникнути при експлуатації робочих органів дискових ґрунтообробних машин [1].

Основною триботехнічною характеристикою матеріалів, які працюють в умовах абразивного зношування є зносостійкість. У зв'язку з цим проведено відповідні експлуатаційні дослідження. Прово-

дилися вони протягом 2015-2017 років у СТОВ “Старокотельнянське” Андрушівського району Житомирської області та ТОВ «Райз – Полісся» Овруцького району Житомирської області на універсальних дискових агрегатах УДА-4,5 та тяжких дискових боронах БПД-4,2 за методикою представленою в роботі [1].

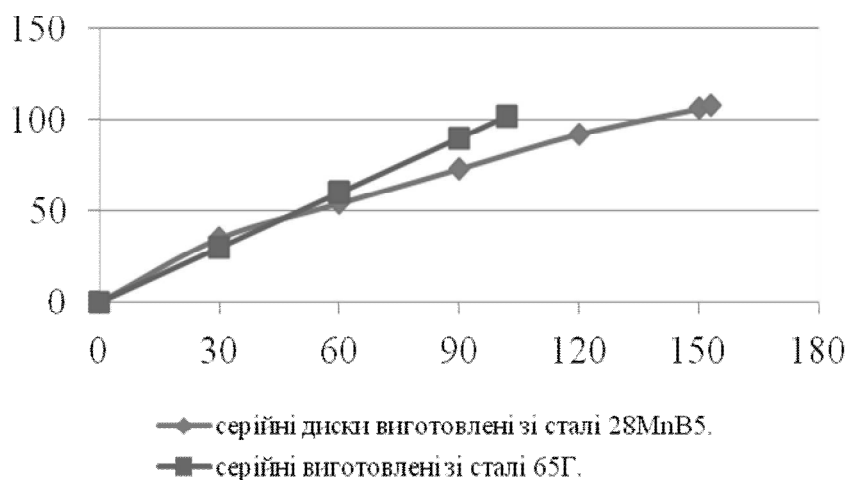


Рис. 3 – Темп зношування дискових робочих органів ґрунтообробних машин при роботі на суглинкових ґрунтах

Як видно з представлених результатів, напрацювання до граничного стану серійних дискових робочих органів зі сталі 65Г становить 103 га, а робочих органів фірми Bellota - 154 га, тобто зносостійкість останніх вища в 1,5 рази (середня вартість таких дисків в 1,9-2,1 рази вища порівняно з дисками виготовленими зі сталі 65Г). Даний ефект спостерігався в суглинкових ґрунтах. Однак під час досліджень в піщаних ґрунтах мало місце його зниження до 1,35 рази. Такий результат пояснюється підвищеною абразивністю піщаних ґрунтів, завдяки чому провідним механізмом зношування поверхні тертя робочого органу в них було мікрорізання (рис.4), в той час як в суглинкових та глинистих ґрунтах - полідеформаційне руйнування.



Рис. 4 – Поверхня тертя дискового робочого органу, який експлуатується на піщаних та супіщаних ґрунтах

Незважаючи на економічну доцільність застосування дисків, виготовлених зі сталі 65Г, споживачі надають перевагу робочим органам зі сталі 28MnB5. Значною мірою це пояснюється можливістю виникнення дефектів та відсутністю самогострювання (самоорганізації) робочої кромки при експлуатації робочих органів зі сталі 65Г (рис. 5).



Рис. 5 – Вид робочої кромки диска виготовленого зі сталі 65Г в процесі експлуатації на ґрунтах з наявністю твердих включень

Дефекти (змінання та вищерблювання робочої кромки) виникають в результаті динамічної взаємодії робочої кромки з твердими включеннями, що містяться в ґрунті (каміння) (рис. 5) і призводять до погіршення якості обробки ґрунту, а також зростання тягового опору машини. Причиною появи вказаних дефектів в більшості випадків є низька якість термічної обробки при виготовленні робочих органів.

На відміну від дисків виготовлених зі сталі 65Г, диски зі сталі 28MnB5 здатні до самозагострювання в процесі експлуатації [1].

Висновки

1. Встановлено, що підвищення зносостійкості та забезпечення реалізації ефекту самозагострювання дискових робочих органів фірми Bellota отримано за рахунок застосування високоякісної сталі та її відповідної термічної обробки.

2. Перспективним напрямком подальших досліджень є визначення триботехнічних характеристик робочих органів ґрунтообробних машин для кожної конкретної ґрунтово-кліматичної зони, що дозволить підвищити їх зносостійкість з урахуванням умов експлуатації.

Література

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

Поступила в редакцію 30.09.2017

Dvoruk V.I., Borak K.V. Research of wear-resistance working organs of disk tillage machinery

The structural features of the material of Bellota'i disk tillage organs are considered. The tribotechnical characteristics of this material are analyzed and it shows that in comparison with the material which is mainly used by domestic manufacturers of disk working bodies (steel 65G), it possesses ,5 times more wear-resistance. It was established that increasing the wear resistance and achieving the self-closing effect in Bellota's disk working organs was obtained through the use of high-quality steel and complex heat treatment, which allowed to achieve the qualitative tribo-technical characteristics of the wearing surface. Despite the high wear resistance of the disk working organs of tillage -working machines, even such a world leader as Bellota does not take into account the tillage -climatic conditions of operation in the design and production of working organs, therefore it is promising to determine the necessary tribotechnical characteristics of the friction surfaces of the working organs of tillage-working machines for each tillage -climatic zone, that will allow to make working organs with the increased wear-resistance, taking into account the conditions of their operation.

Keywords: tillage, disk working organs, wear, wear-resistance.

References

1. Borak K.V. Pidvishhennja znosostijkosti robochih organiv diskovih rruntoobrobnih znarjad' metodom elektroerozijnoi obrobki: dis. kand. teh. nauk: 05.02.04 – tertja ta znoshuvannja v mashinah / Borak Kostjantin Viktorovich. – Harkiv, 2013. – 217 p.
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