УДК621.89:621.762:621.822

С. М. Волощенко[1]
К. О. Гогаєв[1]
М. Г. Аскеров[1]
Ю. М. Подрезов[1]

ОСОБЛИВОСТІ БЕЙНІТНОГО ВИСОКОМІЦНОГО ЧАВУНУ З ОГЛЯДУ ВИРОБНИЦТВА ШВИДКОЗНОШУВАНИХ ЗМІННИХ ДЕТАЛЕЙ ҐРУНТООБРОБНОЇ СІЛЬГОСПТЕХНІКИ

[1]Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАН України

Проведено порівняльний аналіз експлуатації зарубіжних і вітчизняних змінних деталей ґрунтообробної сільгосптехніки. Ресурс роботи вітчизняних деталей в декілька разів поступається ресурсу зарубіжних зразків. Крім того, імпортні деталі не підходять до навісного устаткування техніки, виробленого Україні. Кількість зарубіжної сільгосптехніки постійно збільшується, що вимагає збільшення поставок змінних деталей, вартість яких в 3—5 разів перевищує вартість деталей українського виробництва. У зв'язку з цим завдання заміни імпортних деталей аналогічними деталями вітчизняного виробництва з високим ресурсом роботи, що не поступається ресурсу кращих зразків зарубіжного виробництва, є вельми актуальним. В Інституті проблем матеріалознавства НАНУ проведено роботи зі створення технології виготовлення литих лемешів з високоміцного бейнітного чавуну, що мають ресурс, порівняний і навіть вищий за ресурс кращих зарубіжних зразків.

Ключові слова: високоміцний бейнітний чавун; змінні деталі; навісне обладнання; ґрунтообробна сільгосптехніка.

Вступ

В агропромисловому комплексі України в ґрунтообробній техніці широко використовується різне навісне і напівнавісне устаткування — культиватори, копачі, розпушувачі, плуги тощо. Безпосередньо під час обробки ґрунту працюють змінні деталі — лемеші на плугах, лапи культиваторів, диски на дискових плугах, диски для борін, диски копачів і тощо. Незважаючи на значне (з 30 млн. га до 18 млн. га) зменшення оброблюваних площ, щорічно споживається значна кількість цих змінних деталей (700...750 тис. шт. лап культиваторів, до мільйона лемешів, 600...650 тис. шт. дисків для дискових плугів). Якість змінних деталей вітчизняного виробництва залишає бажати кращого, середнє напрацювання сталевих лемешів з наплавленим лезом складає 30...35 га, а без наплавлення менше 20 га. Аналогічна картина спостерігається і для інших змінних деталей ґрунтообробної техніки. Імпортні навісні деталі мають ресурс в декілька разів вищий, але вони в 5—8 разів дорожчі і, крім того, не можуть встановлюватися на устаткування вітчизняного виробництва.

У зв'язку з цим значний практичний інтерес становить використання для виробництва лемешів та інших деталей ґрунтообробної техніки, які вимагають високої зносостійкості і міцності, бейнітний високоміцний чавун (БВЧКГ). Вказаний матеріал широко застосовується для важконавантажених деталей, що працюють в умовах абразивного зносу, [1—6] замість виробів з легованих сталей. Високий ресурс та необхідна експлуатаційна надійність деталей з БВЧКГ залежить від структурно-фазового стану, що формується в процесі лиття та подальшої термічної обробки [1—2].

Литі лемеші і лапи культиваторів виготовляли з БВЧКГ з таким хімічним складом: C — 3,1...3,2 %; Si — 2,4...3,2 %; Mn — 0,3 %; Cr — 0,01...0,02 %; P — 0,02 %; S — 0,02 %. З точки зору економічної доцільності зміст легуючих компонентів обмежили в таких межах: Ni — 0,4...0,6 %; Cu — 0,3...0,5 %; Mo — 0,2...0,35 %.

Плавку проводили в індукційній електропечі ІСТ-0,4. Температуру рідкого чавуну перед випуском контролювали за допомогою термопари і підтримували на рівні 1460...1480 °С. Рідкий чавун з печі виливали в заздалегідь прогрітий до температури 700...800 °С ківш. З метою отримання кулястого графіту на дно ковша вводили модифікатор композиційний комплексний (МКК) у

© С. М. Волощенко, К. О. Гогаєв, М. Г. Аскеров, Ю. М. Подрезов, 2017

кількості 2...2,2 %. від маси рідкого металу, виготовлений методом прокатки. Метод прокатки дозволяє виготовляти модифікатори із заданим складом, забезпечуючи тим самим стабільність результатів модифікування [10]. КМК1 містить: 8,5 % Mg; 8 % Ca(СК-27); 2,5 % Ba; 17 % Al; 12 % Fe; 15 % ФС-75; 3,5 % РЗМ; 12 % флюориту. Деталі і клиновидні проби відливали в сухі піщані форми.

Вивчення структури та механічних властивостей проводили на зразках, вирізаних з клиновидних проб. Фазовий склад БВЧКГ вивчали за допомогою рентгенофазового аналізу на дифрактометрі HZG-4 в Co – kα випромінювання за стандартною методикою.

Для визначення оптимального режиму термічної обробки, який забезпечує необхідний комплекс властивостей з точки зору зносостійкості і експлуатаційної здатності, розглянуто такі варіанти: ізотермічне гартування від оптимальної температури аустенітизації в олові за температури 300 і 350 °С і витримкою 1, 2 і 3 години. Оптимальну температуру аустенітизації визначали за максимальною твердістю та мікроструктурою після гартування зразків в маслі за температурами 860, 880 і 920 °С з витримкою в печі 20, 40 і 60 хвилин (рис. 1).

Мікроструктура металевої матриці в литому стані ферито-перлитна з кулястим графітом (Ф + П + КГ). Твердість зразків в литому стані, вирізаних з клиновидної проби, складала 22—23 HRC (230—240 НВ).

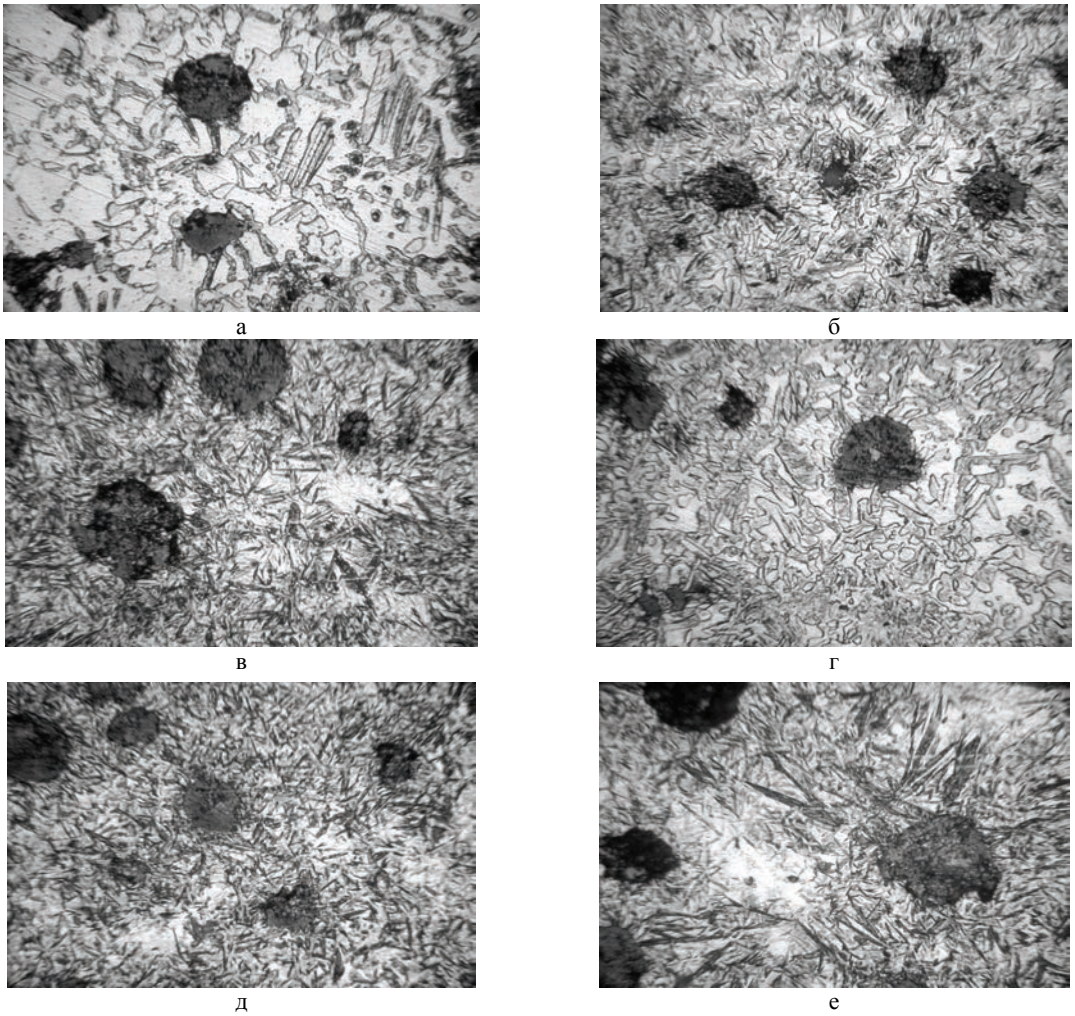
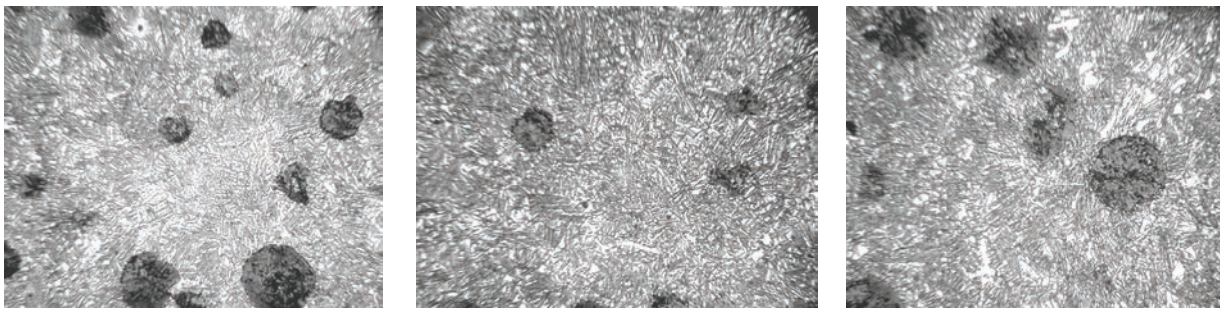


Рис. 1. Мікроструктура ВЧКГ після гартування в маслі:
а—в — від температури аустенітизації 860, 880, 920 °С з витримкою 20 хв,
г—е — від температури аустенітизації 860, 880, 920 °С з витримкою 40 хв (×500)

Твердість HRC після гартування за температури аустенітизації 920 °С при витримці від 20 хв до 60 хв у зв’язку з появою залишкового аустеніту має тенденцію до зниження від 57—58 до 54—55 HRC. З аналізу мікроструктури зразків (див. рис. 1) та даних за твердістю оптимальним режимом гартування автори вважають режим термічної обробки з температурою аустенітизації 880 °С та витримкою 40 хв.

На рис. 2 показані мікроструктури, отримані на зразках БВЧКГ: після аустенітизації 890 ± 10 °С.

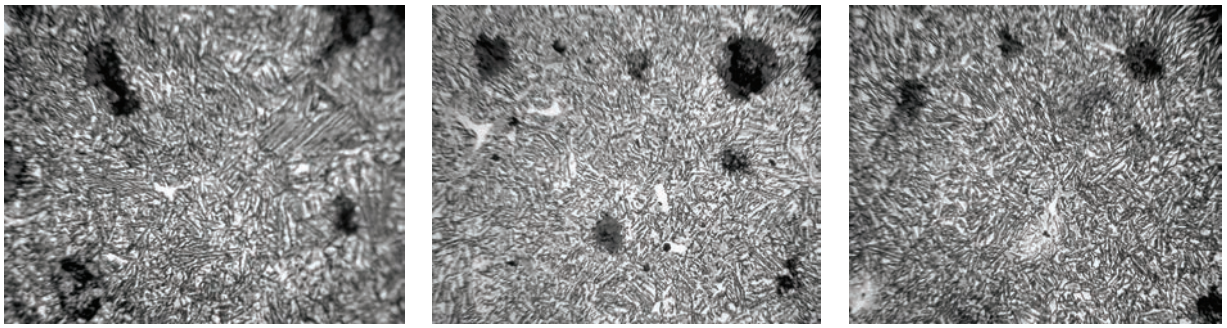


а б в

Рис. 2. Мікроструктура БВЧКГ після аустенітизації за температури 890 °С з витримкою 30 хв; гартування в олові за температури 310 °С з ізотермічною витримкою: а — 1 год.; б — 2 год.; в — 3 год. (×500)

Мікроструктура матриці БВЧКГ після ізотермічного гартування в олові за температури 310 °С складається з дрібногольчатого бейніту і кулястого графіту.

На рис. 3 показані мікроструктури, отримані на зразках БВЧКГ. Мікроструктура матриці БВЧКГ після ізотермічного гартування в олові при температурі 350 °С складається з гольчатого бейніту і кулястого графіту.



а б в

Рис. 3. Мікроструктура БВЧКГ після аустенітизації за температури 890 °С з витримкою в 30 хв; гартування в олові за температури 350 °С з ізотермічною витримкою: а — 1 год.; б — 2 год.; в — 3 год. (×500)

Лемеші під час оранки, як і інші деталі навісного устаткування, несуть великі динамічні навантаження і зношуються Працездатність лемешів в першу чергу залежить від таких показників механічних властивостей матеріалу як міцність, ударна в'язкість, пластичність і зносостійкість.

Механічні властивості та структура зразків після різних видів термічної обробки зведені в табл. 1.

Таблиця 1

Механічні властивості та структура зразків БВЧКГ після різних видів термічної обробки

Зразок	Вимоги гартування		Механічні властивості				Структура	Фазовий склад
	Температура, °С (середовище гартування)	Витримка, час	Твердість HRC	KCU, Дж/см^2	$\sigma_в$, МПа	δ, %		
2.11	310 (олово)	1	34,8	32	610	3,8	Б + $А_{ост.}$ + КГ	Б — бейніт; $А_{ост}$ — остаточний аустеніт; КГ — кулястий графіт
2.21	310 (олово)	2	35	104	1080	5,8	Б + $А_{ост.}$ + КГ	
2.31	310 (олово)	3	35,5	125	1150	8,8	Б + $А_{ост.}$ + КГ	
2.32	310 (олово)	3	35,6	130	—	—	Б + $А_{ост.}$ + КГ	
3.11	350 (олово)	1	34	135	1160	8,4	Б + $А_{ост.}$ + КГ	
3.12	350 (олово)	1	34,3	132	1180	8,4	Б + $А_{ост.}$ + КГ	
3.22	350 (олово)	2	33	115	1140	8,6	Б + $А_{ост.}$ + КГ	
3.31	350 (олово)	3	33,5	103	—	—	Б + $А_{ост.}$ + КГ	
3.32	350 (олово)	3	33,8	137	1120	9,1	Б + $А_{ост.}$ + КГ	

Як відомо [1, 2, 9], наявність залишкового аустеніту в мікроструктурі БВЧКГ впливає на механічні характеристики чавуну. Метастабільний залишковий аустеніт в процесі роботи при навантаженнях може переходити в мартенсіт і впливати на механічні властивості робочої поверхні, що збільшує зносостійкість виробу. Кількісний аналіз залишкового аустеніту після різних режимів гартування, визначали методом рентгеноструктурного аналізу для чого використовувалася методика кількісного визначення аустеніту в загартованих структурах і в структурах з подальшою термічною обробкою зіставленням інтегральних інтенсивностей ліній аустеніту і фериту (мартенсіту).

Після ізотермічного гартування в олові за температури 310 °С та витримці 1 год. кількість залишкового аустеніту за даними фазового рентгеноструктурного аналізу складає близько 37 %. Зі збільшенням часу витримки кількість залишкового аустеніту знижується і складає 28 % після витримки 3 год., а після гартування при 350 °С і такій же витримці кількість залишкового аустеніту складає 35 %.

Лабораторні випробування зносостійкості дослідних зразків проводилися за методикою [9], яка дозволяє використовувати різні абразивні середовища, що моделюють знос лемешів під час орних робіт в різних ґрунтах. Абразивний матеріал постійно мінявся після кожного випробування. Зносостійкість досліджуваних матеріалів визначалася ваговим методом шляхом зважування зразків до і після випробування на аналітичних вагах АДВ- 200 з точністю 0,0005 грама.

Репером були вибрані дані щодо зменшення ваги в аналогічних умовах зразка, який вирізувався з серійного сталевого лемеша. Дані щодо зменшення ваги дослідних зразків після випробувань зведені в табл. 2.

Таким чином, виходячи з отриманих результатів виконаних досліджень, оптимальним режимом термообробки для виробництва литих лемешів з високоміцного чавуну запропонованого хімічного складу, як матеріалу, що значно перевищує за своїми показниками лемішну сталь, є ізотермічне гартування за температур 340...350 °С з витримкою не менше 2 годин. При цьому аустенітизація повинна відбуватися за температури 880...890 °С. В структурі початкового чавуну не повинно бути первинної карбідної фази (відбілу).

Таблиця 2

Відносний знос зразків на різних ґрунтах після різних видів термічної обробки

№ зразка, режим ТО	Ваговий знос зразків, $J_{обр}$ (мг/км)			
	Пісок яровий (сухий)	Глинистий (природна вологість)	Пісок яровий (природна вологість)	Чорнозем (природна вологість)
1 (гартування в маслі, відпуск)	93,1	44	42,2	2,9
2 (ізотерми гартувань 310 °С, 3 год.)	49	32,4	28,9	2,4
3 (ізотерми гартувань 350 °С, 2 год.)	24,7	37	22,4	1,7
4 (ізотерми гартувань 350 °С, 3 год.)	20,3	28,9	21,4	1,1
5 (ізотерми гартувань 310 °С, 1 год.)	84,8	32,4	51	1,5
6 (зразок з серійного лемеша)	309,4	74,2	140,4	2,52

Дослідні зразки лемешів та лап культиваторів, виготовлені за запропонованою технологією, випробувалися в господарствах Київської, Черкаської, Одеської і Полтавської областей України. Фактичне напрацювання литих лемешів (за п’ять сезонів) склало більше 102 га на одиницю. Показово, що першим лемешем у восьмикорпусному плузі ПЛН-8-35 встановлювався сталевий леміш з наплавленням серійного виробництва. Напрацювання сталевого лемеша склало всього 18...21 га, що вимагало постійної його заміни. У табл. 3 зведені показники порівняльного вагового зносу дослідних і серійних лемешів.

Аналогічні результати отримані під час експлуатації литих лап культиваторів з урахуванням зміненої конструкції робочої частини при виготовленні. Культивацію проводили на високогумусних чорноземах. Використовували культиватори КПС-4КП, на яких встановлювалося 9 литих

лап і 9 серійного виробництва зі сталі 65Г (гартування в маслі). За час випробувань упродовж 2011—2014 рр. напрацювання на одну дослідну лапу склало 150 га (три сезони). При цьому литі лапи мають робочу гостру кромку, особливо в носовій частині і можуть експлуатуватися надалі. Сталеві серійні лапи внаслідок зносу, а також вигину і втрати робочої форми, вимагали чотириразової заміни.

Таблиця 3

Втрата ваги лемешів в залежності від напрацювання

Лемеші, матеріал №	Маса до початку випробовувань, г	Маса після випробовувань, г	Знос по масі		Наробіток лемеша, га	Відносний знос на 1 га в р.
			г	%		
11	4130	3480	650	15,74	82	7,9
12	4270	3510	760	17,8	80	9,5
13	4250	3635	615	14,47	75	8,2
14	4100	3433	667	16,27	75	8,9
21	4350	3598	752	17,29	80	9,4
24	4150	3562	588	14,17	60	9,8
серійний	4540	3390	1150	25,3	24	47,9
серійний	4480	2911	1195	26,67	23	51,9

Примітка: Грунт — чорнозем малогумусний.

Наразі у кількості 200 шт. виготовлена дослідно-промислова партія лап культиваторів вдосконаленої конструкції, що забезпечує підрізування кореневої системи бур'яну на глибинах 20...40 мм, для обробки 10000 га в ППО «Агроекологія» Полтавської області.

Висновки

1. Використання бейнітного чавуну для виготовлення змінних деталей ґрунтообробної сільгосптехніки дозволяє в декілька разів підвищити ресурс роботи у порівнянні із серійними сталевими.

2. Використання можливостей лиття дозволяє вносити зміни в конструкцію виробів згідно з вимогами аграрників та зміцнювати ті поверхні деталей, що найбільше зношуються.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бобро Ю. Г. Изотермическая закалка чугуна // Ю. Г. Бобро, В. М. Пивоваров. — Харьков : Факел. — 1968. — 109 с.

2. Волощенко М. В. Эффективность производства и применения высокопрочного чугуна // М. В. Волощенко, Б. П. Коробко. — К. : УкНИИНТИ Госплана УССР. — 1990. — 73 с.

3. Gundlach R. B. Process Overview Wear and Abrasion Testing / R. B. Gundlach // Giesserei Praxis. — 1984. — № 19. — S. 317—333.

4. Motz I. M. Roller Contract FATIGUE Study of Austempered Ductile Iron / I. M. Motz, E. Kress // Thyssen Technologien. — 1995. — № 1. — S. 50—56.

5. Forrest R. D. Austenitic ductile irons / R. D. Forrest// Foundry Trade J. Int. — 1983. — № 8. — P. 138 — 142.

6. Chobaut Jean-Paul. Optimisation des cycles de traitement bainitique pour l'obtention de fonts ADI competitive sur le marche des pieces d'usure / Chobaut Jean-Paul, Brenot Pascal // Hommes et fonderie. — 2000. — № 304. — P. 14 — 19.

7. Молотки из бейнитного высокопрочного чугуна для помола абразивных материалов // [М. В. Волощенко, А. П. Пшонный, И. А. Сычевский, С. М. Волощенко] / Повышение физико-механических и служебных свойств чугунов в отливках путем их легирования и модифицирования, термической и высокоэнергетической обработки : тез. докл. Всеукр. конф. — К., 1995. — С. 40 — 41.

8. Найдек В. Л. Бейнитный высокопрочный чугун / В. Л. Найдек, В. П. Гаврилюк, И. Г. Неижко ; НАН Украины, ФТИМС. — Киев, 2008. — 139 с.

9. Дослідження властивостей високоміцного чавуну для лемешів в залежності від хімічного складу та режимів термічної обробки / [С. М. Волощенко, К. О. Гогаєв, О. К. Радченко, М. Г. Аскеров] // Вісник Донецької державної машинобудівної академії : темат. зб. наук. пр. ; Краматорськ. — 2008. — № 1 (11). — С. 56 — 61.

10. Волощенко С. М. Комплексные модификаторы, изготавливаемые прокаткой порошковых смесей для железо-углеродистых сплавов / С. М. Волощенко, К. А. Гогаев, А. К. Радченко // Порошковая металлургия. — 2009. — № 1/2. — С. 128 — 133.

Рекомендована кафедрою автомобілів та транспортного менеджменту ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 10.07.2017

Волощенко Сергій Михайлович — канд. техн. наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник відділу № 10, e-mail: volosch@ipms.kiev.ua ;

Гогаєв Казбек Олександрович — д-р техн. наук, професор, завідувач відділу № 10, e-mail: gogaev@ipms.kiev.ua ;

Аскеров Мукафат Гейбат огли — канд. техн. наук, старший науковий співробітник відділу № 10, e-mail: mukafatask@gmail.com ;

Подрезов Юрій Миколайович — д-р фіз.-мат. наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу № 8, e-mail: yupodrezov@ukr.net .

Інститут проблем матеріалознавства НАН України, Київ

S. M. Voloshchenko[1]
K. O. Gogaiev[1]
M. G. Askerov[1]
Yu. M. Podriezov[1]

Features of Bainitic High-Grade Cast Iron From Review of Production of Non-Durable Variable Details of Soil-Cultivating Agricultural Equipment

[1]Frantsevich Institute for Problems of Materials Science, Kyiv

There has been conducted the comparative analysis of exploitation of foreign and Ukrainian variable details of soil-cultivating agricultural equipment. Resource of work of home details in several times comes short of the resource of the foreign standards. In addition, the imported details do not suit to the hanging equipment of the technique produced in Ukraine. The amount of foreign agricultural equipment increases constantly, that requires the increase of supplying with variable details, the cost of that in 3—5 times exceeds the cost of details of the Ukrainian production. In this connection a task of replacement of the imported details with the analogical details of home production with the high resource of work that does not come short of the resource of the best standards of foreign production is very actual. In the Institute for problems of Materials Science there have been conducted the works on creation of technology of making the poured ploughshares from high-grade bainite cast-iron, that own a resource, that can be compared to and exceeds the resource of the best foreign standards.

Keywords: high-grade bainite cast-iron, variable details, hanging equipment, soil-cultivating agricultural equipment.

Voloshchenko Sergey M. — Cand. Sc. (Eng.), Senior Researcher, Senior Researcher of the Department No. 10, e-mail: volosch@ipms.kiev.ua ;

Gogaev Kazbek O. — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Department No. 10, e-mail: gogaev@ipms.kiev.ua ;

Askerov Mukafat G. — Cand. Sc. (Eng.), Senior Researcher of the Department No. 10, e-mail: mukafatask@gmail.com ;

Podrezov Yuriy N. — Dr. Sc. (Ph.-Math.) Senior Researcher, Head of the Department No. 8, e-mail: yupodrezov@ukr.net

С. М. Волощенко[1]
К. О. Гогаєв[1]
М. Г. Аскеров[1]
Ю. М. Подрезов[1]

ОСОБЕННОСТИ БЕЙНИТНОГО ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА БЫСТРОИЗНАШИВАЮЩИХСЯ СМЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ СЕЛЬХОЗТЕХНИКИ

[1]Институт проблем материаловедения им. И. Н. Францевича НАН Украины, Киев

Проведен сравнительный анализ эксплуатации зарубежных и отечественных сменных деталей почвообрабатывающей сельхозтехники. Ресурс работы отечественных деталей в несколько раз уступает ресурсу зарубежных образцов. Кроме того, импортные детали не подходят к навесному оборудованию техники, произведенному в Украине. Количество зарубежной сельхозтехники постоянно увеличивается, что требует увеличения поставок сменных деталей, стоимость которых в 3—5 раз превышает стоимость деталей украинского производства. В связи с этим задача замены импортных деталей аналогичными деталями отечественного производства с высоким ресурсом работы, не уступающим ресурсу лучших образцов зарубежного производства, весьма актуальна. В Институте проблем материаловедения НАНУ проведены работы по созданию технологии изготовления литых лемехов из высокопрочного бейнитного чугуна, имеющего ресурс, который сравним и превышает ресурс лучших зарубежных образцов.

Ключевые слова: высокопрочный бейнитный чугун; сменные детали; навесное оборудование; почвообрабатывающая сельхозтехника.

Волощенко Сергей Михайлович — канд. техн. наук, старший научный сотрудник, старший научный сотрудник отдела № 10, e-mail: volosch@ipms.kiev.ua ;

Гогаев Казбек Александрович — д-р техн. наук, профессор, заведующий отделом № 10, e-mail: gogaev@ipms.kiev.ua ;

Аскеров Мукафат Гейбат оглы — канд. техн. наук, старший научный сотрудник отдела № 10, e-mail: mukafatask@gmail.com ;

Подрезов Юрий Николаевич — д-р физ.-мат. наук, профессор, старший научный сотрудник, заведующий отделом № 8, e-mail: yupodrezov@ukr.net