

**REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

ISSN 2224-5227

Volume 4, Number 308 (2016), 61 – 66

УДК 621.78

**INCREASE IN STRENGTH AND WEARING CAPACITY
OF METAL-CUTTING TOOLS AND MOULDED PIECES****K.M. Islamkulov, Zh.U. Myrkhalykov**

South-Kazakhstan State University named after Mukhtar Auezov, Shymkent, Kazakhstan

E-mail: kairat058@mail.ru

Key words: Metal-cutting tools, moulded pieces, electric-thermal-cycle processing, ion-plasma processing, increase in wearing capacity, cotton drill coulters.

Annotation. The following conclusions can be made according to results of carried out investigations: Basic technologies for strengthening and increase in the wearing capacity of metal-cutting tools do not lead to increase in durability due to the irregular hardness in the surface layers. In a result of investigation of the structural change interrelation in the studied goods with mechanical properties, a new method for strengthening processing of metal-cutting tools, consisted in combination of electric-thermal-cycle processing (ETCP) with the following ion-plasma processing (IPP) has been offered. The new method is protected by the author's certificate №74446 dated 2011 and innovative patent of the Republic of Kazakhstan №25865 dated 2012 "Metal-cutting tools' processing method".

Preliminary ETCP provides preparation of the fine-grained structure, increases durability and hardness of the basic metal's surface layers, improves adhesion.

The following IPP provides formation of wear-resisting layers from titanium nitrides and aluminum nitrides on the tool's surface, having thermal conductivity, reduces temperature of the tool's working area during its exploitation, and as a consequence, reduces diffusion wearing, that results in increase of the metal-cutting tool's durability in 3-4 times.

The developed technologies for application of wear-resistant coatings by gasifiable patterns and the following thermal processing by double phase recrystallization, have been used in production of pilot run of the cotton drill coulters compactor. Results of the field experiments showed that their wearing capacity in 3.5 times higher than that of serial.

**ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ И ИЗНОСОСТОЙКОСТИ
МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ И ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ****К.М. Исламкулов, Ж.У. Мырхалыков**

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

Ключевые слова: Металлорежущие инструменты, литые детали, электро-термо-циклическая обработка, ионно-плазменная обработка, повышения износостойкости, сошник хлопковой сеялки.

Аннотация. По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

Базовые технологии упрочнения и повышения износостойкости металлорежущих инструментов не приводят к увеличению долговечности из-за неравномерной твердости в поверхностных слоях.

В результате изучения взаимосвязи структурных изменений в исследуемых изделиях с механическими свойствами, предложен новый способ упрочняющей обработки металлорежущих инструментов, заключающийся в сочетании электротермо-циклической обработки (ЭТЦО) с последующей ионно-плазменной обработкой (ИПО). Новый способ защищен авторским свидетельством №74446, 2011г и инновационным патентом Республики Казахстан №25865, 2012г. «Способ обработки металлорежущих инструментов».

Предварительная ЭТЦО обеспечивает получение мелкозернистой структуры, повышает прочность и твердость поверхностных слоев основного металла, улучшает адгезию.

Последующая ИПО обеспечивает формирование износостойких слоев из нитридов титана и нитридов алюминия на поверхности инструмента, которая, обладая теплопроводностью, снижает температуру рабочей поверхности инструмента при его эксплуатации, и как следствие, уменьшает диффузионное изнашивание,

что приводит к повышению долговечности металлорежущего инструмента в 3-4 раза.

Разработанные технологии нанесения износостойких покрытий по газифицируемым моделям и последующей термической обработкой двойной фазовой перекристаллизацией, были использованы при производстве опытной партии уплотнителя сошника хлопковой сеялки. Результаты полевых испытаний показали, что их износостойкость, в 3,5 раза выше серийных.

Металлорежущие инструменты выходят из строя вследствие износа режущих кромок.

Научно-исследовательские работы по улучшению долговечности, зачастую приводили к повышению отдельных устройств металлорежущих инструментов при ухудшении других, так, например, с повышением износостойкости и прочности повышается хрупкость [1]. Повышение прочности, износостойкости, теплостойкости с сохранением запаса пластичности металлорежущих инструментов является актуальной проблемой.

Для повышения срока службы (долговечности) металлорежущих инструментов, работающих в условиях адгезионного и диффузионного изнашивания, в последнее время широкое распространение получил метод ионно-плазменной обработки [2]. Износостойкость инструментов при этом обеспечивается карбонитридными покрытиями небольшой толщины (5-10 мкм). Но, как показали результаты промышленных испытаний, происходит отслаивание напыленного слоя от основного слоя металла из-за низкой адгезии [3].

К основным факторам, определяющим работоспособность рабочей поверхности металлорежущего инструмента с покрытием, относятся:

- структура материала основы;
- сопротивление тепловому удару и деформация покрытия;
- степень сцепления покрытия с основой металла (адгезия);
- материал покрытия.

В результате комплексного исследования разработан новый способ обработки металлорежущих инструментов, подтвержденные авторским свидетельством и инновационным патентом [3, 4].

С целью измельчения зерен поверхностного слоя металлорежущего инструмента, и, как следствие, повышения конструкционной прочности, а также увеличения адгезии была проведена предварительная электро-термоциклическая обработка (ЭТЦО) металлорежущих инструментов.

Этот способ заключается в электронагреве со скоростью $50^{\circ}\text{C}/\text{с}$ до температуры полной аустенизации (850°C), охлаждении на воздухе до температуры $420-450^{\circ}\text{C}$, что составляет один цикл обработки. Этот процесс повторяли трехкратно и после последнего цикла нагрева, т.е. с $820-850^{\circ}\text{C}$ проведена закалка в масле. Отпуск инструмента после закалки не производился, так как операция отпуска совмещалась с ионно-плазменной обработкой (ИПО).

После ЭТЦО металлорежущие инструменты (сверла из Стали Р6М5) подвергались ионно-плазменной обработке (ИПО) на установке ИЭТ-8И-2 типа «Булат».

Нагрев изделий производился при достижении вакуума $7 \cdot 10^{-3}$ Па в рабочей камере установки и при подаче высокого напряжения (1200-1300В) на электродуговые испарители (пушки). Температура изделия контролировалась с помощью оптического пирометра.

С целью уменьшения диффузионного изнашивания металлорежущего инструмента при эксплуатации и учитывая, что изделие может работать в ударно-прерывистом режиме, производили на него многослойное покрытие. Для формирования прочного износостойкого покрытия в вакуумную камеру «Булат» подается плазмообразующий газ (азот). Он, реагируя с распыленным материалом катода (Ti, Al), образует упрочняющее покрытие в виде нитридов алюминия и нитридов титана. В начале, на поверхность инструмента осаждают покрытие из нитридов алюминия при давлении плазмообразующего газа $4 \cdot 10^{-1}$ Па. Температура нагрева изделия $250-300^{\circ}\text{C}$, время напыления 15 мин, толщина покрытия 5-6 мкм. На сформированный слой из нитрида алюминия, осаждают нитрид титана при температуре нагрева инструмента $400-450^{\circ}\text{C}$. Давление плазмообразующего газа при этом составляет $5 \cdot 10^{-3}$ Па, время осаждения 15-20 мин, толщина покрытия 10-12 мкм. Напыленный слой из нитридов алюминия, обладая меньшей твердостью, препятствует выкрашиванию твердого нитридтитанового слоя в условиях вибрации и ударных нагрузок на металлорежущий инструмент, так как более мягкие слои деформируются и допускают тем самым некоторый прогиб твердого слоя из нитридов титана [5].

Время осаждения покрытия колебалось от 30-45 мин, температура нагрева изделий ; от 200 до 600°С при этом толщина покрытия составила от 4 до 18 мкм при твердости слоя от 1800 до 3200HV.

При времени осаждения покрытия менее 30 мин, показатели твердости довольно низки, а при увеличении времени напыления более 45 мин твердость существенно не изменяется, хотя толщина покрытия увеличивается и достигают 25 мкм. Отсюда следует, что оптимальное время осаждения покрытия не более 30 мин при температуре 400-450°С. Полученные результаты ИПО изделия приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Технологические параметры ИПО сверла из Стали Р6М5 (время обработки 30 мин)

№ п/п	Температура изделий в процессе напыления, °С	Высокое напряжение, В	Опорное напряжение, В	Толщина напыленного слоя, мкм	Твердость, HV	Износостойкость
1	200	400	60	4,0	1800	2,12
2	250	500	70	4,5	1950	2,25
3	300	600	90	5,5	2150	2,83
4	350	700	120	8,0	2450	3,07
5	400	800	150	10,0	3100	3,74
6	450	860	180	11,4	3250	3,83
7	500	900	200	12,0	2600	2,72
8	550	950	220	14,2	2250	2,61
9	600	1000	250	16,5	2150	2,43
10	650	1040	260	18,3	1900	2,25
11	700	1100	270	19,5	1800	2,08

Металлографические исследования образцов из Стали Р6М5, прошедшие обработку по базовой технологии (закалка током высокой частоты ТВЧ, плюс отпуск при 150-200°С), а также подвергнутые предварительной ЭТЦО, позволили выявить следующие существенные отличия: структура поверхностного слоя стали при электрозакалке состоит из крупноиглочатого мартенсита и карбидов, соответствующих элементов; одноразовый нагрев при высокой скорости и незначительная выдержка приводит к не завершению диффузионных процессов, и как следствие, образующийся аустенит не однороден по содержанию углерода и в процессе закалки образуются кристаллы мартенсита в микрообъемах с пониженной концентрацией углерода раньше и более грубой форме. Такая структура приводит к неравномерной твердости поверхности изделия и снижению износостойкости.

Структура поверхности стали после предварительной ЭТЦО более дисперсна, чем при электрозакалке и достигается в результате:

- образования более однородного твердого раствора (аустенита) по углероду;
- фазовой рекристаллизации при неоднородном нагреве и охлаждении;
- перераспределения в аустените растворенных различных примесей.

При ЭТЦО происходит термоклев, т.е. при неоднократном нагреве и охлаждении разные структурные составляющие стали, обладая различными теплопроводностью, теплоемкостью и прочностными свойствами, подвергаются микропластическому деформированию. Термоклев ускоряет процесс формирования мелкозернистой структуры.

Сформировавшаяся дисперсная структура при ЭТЦО дополнительно обеспечивает более равномерную твердость и конструкционную прочность изделия, а также способствует повышению адгезии напыленного слоя с поверхностью металлорежущего инструмента при последующей после ЭТЦО ионно-плазменной обработке (ИПО) вследствие искусственного увеличения границ зерен на поверхности основного изделия.

Для получения сравнительных данных одна партия сверл из стали Р6М5 подвергалась электрозакалке ТВЦ плюс низкотемпературный отпуск, другая партия сверл подвергалась однослойному покрытию из нитридов титана методом ионно-плазменного напыления, третья партия сверл подвергалась обработке по новой (предлагаемой) технологии ЭТЦО +ИПО.

Результаты испытания влияния известных способов и нового метода повышения износостойкости металлорежущего инструмента на физико-механические свойства приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Физико-механические свойства изделий, подвергнутые различным режимам обработки

Инструмент, материал	Режим упрочняющей обработки	Глубина упрочненного слоя, мкм	Физико-механические свойства				
			Твердость HRC (HV)	Красн-ть °С при HRC 58	Адгезион. способность, Н	Износостойкость, мин	Долговеч. коэф.повышения стойкости
Сверло Р6М5	1. Закалка + низкотемпературн. отпуск (известный способ)	1-2 мм	58	500	-	23	1,0
	2. Ионно-плазменное напыление (известный способ)	10-15 мкм	(1850)	550	1100	36	1,3
	3. ТЭЦО + ИПО (предлагаемый способ)	15-18 мкм	(3200)	750	2000	120	4.5

Красностойкость выявляли после нагрева при различных температурах в течение четырех часов путем измерения твердости по Роквеллу и при условии $HRC > 58$.

Адгезионную способность определяли по нагрузке, при которой происходит отслаивание покрытия.

Износостойкость сверла определяли при сверлении прямоугольной плитки толщиной 30 мм из Стали 45. Режим сверления для всех случаев обработки сверл оставался постоянным, а именно: скорость резания - 37,6м/мин, число оборотов - 1200об/мин, подача - 5мм.

Для изготовления некоторых литых деталей используются стали 35ГЛ, которые подвергаются абразивному износу и часто выходят из строя.

В настоящей работе исследована структура и свойства литых изделий износостойкими покрытиями, полученных литьем по газифицируемым моделям до и после термообработки.

Технология получения таких изделий включает изготовление пенополистироловой модели. На рабочие поверхности пенополистироловой модели наносится жидкая суспензия, состоящая из порошков сормаита с добавками карбида бора. Добавки карбида бора B_4C резко увеличивают износостойкость [6]. При составлении суспензии в качестве связующего использовали пудрбакелит и 4% раствор поливинилбутираля в спирте. Порошки карбида бора добавляли в количестве 2, 3, 6%. Толщина покрытия пенополистироловой модели была 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 мм. После сушки модели формовались в кварцевом песке и заливались жидким металлом по составу, соответствующему стали 35ГЛ. При заливке происходило выгорание пенополистироловой модели и насыщение поверхности отливки углеродом 0,7% на глубину 0,25-0,6 мм. При контакте вставки из порошков с добавками карбида бора с жидким металлом происходило образование твердой корочки отливки, расплавление вставки и после кристаллизации образование на поверхности структуры белого высоколегированного чугуна эвтектического или заэвтектического состава. Переход от износостойкого покрытия основному металлу оказался достаточно резким, хотя и имелись переходные зоны от заэвтектической части к эвтектической, доэвтектической и заэвтектоидной стали. Толщина заэвтектической зоны зависела от толщины покрытия вставки на модели и была минимальна при покрытии 0,5 мм.

Микротвердость в пределах толщины твердосплавного покрытия отличается в широких пределах. Наиболее высокой она была у образцов с покрытием на модели 2 мм – от $HV_{100}=7300$ до 15300Мпа. Разброс значений микротвердости связан с местом ее измерения - карбидных участков или перлитной составляющей эвтектики. На глубине до 4,2 мм от поверхности в зависимости от толщины вставки уже наблюдается структура основного металла с твердостью $HV_{100}=2600$ Мпа.

На образцах, отлитых по моделям с более тонким твердосплавным покрытием, максимальная твердость и глубина износостойкого слоя были другие, что связывается с меньшей глубиной заэвтектической зоны, а также меньшим количеством карбида бора.

Фазовый рентгеноструктурный анализ показал, что на поверхности образцов с износостойкими покрытиями образуются специальные карбиды типа $M_{23}C_6$, M_7C_3 , а также B_4C .

Для создания оптимальных параметров структуры с целью увеличения износостойкости и

прочности в ряде случаев используется термическая обработка с двойной фазовой перекристаллизацией [7]. Первая фазовая перекристаллизация проводится с нагревом до экстремальных температур, когда после охлаждения (заковки) формируется структура с максимальной плотностью дислокаций. При промежуточном отпуске избыточные фазы выделяются в виде дисперсных частиц и происходит стабилизация дислокационной структуры. Вторая фазовая перекристаллизация с нагревом до обычно принятых для данной стали температур обеспечивает измельчение зерна и сохранение высокой плотности дислокаций, найденная по физической ширине рентгеновской линии (220) α – фазы [8], принимает максимальное значение после заковки с 1100°C ($3,62 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2}$).

Твердосплавные покрытия после термической обработки были испытаны на износостойкость [9].

Результаты испытаний показали, что твердосплавное покрытие резко увеличивает износостойкость, причем, чем больше толщина покрытия, тем меньше величина износа. Исключение составляет покрытие, полученное при обмазке толщиной 2мм. Это связано с повышенной хрупкостью сормайтowego покрытия с 6% карбида бора. Заковка образцов с износостойкими покрытиями с температурой нагрева 900°C очень мало влияет на поверхности покрытий.

Повышение температуры заковки сопровождается увеличением остаточного аустенита, снижением микротвердости и ростом величины износа. Если использовать термическую обработку с двойной фазовой перекристаллизацией, то величина износа снижается почти на 50%.

Термическая обработка влияет не только на износостойкость поверхностных, но и подповерхностных слоев твердосплавных покрытий. Это важно для ряда деталей почвообрабатывающих машин, таких как уплотнители сошника хлопковой сеялки, где допустимый износ может быть около одного миллиметра. Если сравнивать износостойкость образцов с твердосплавными покрытиями без термообработки и после термической обработки, то можно обнаружить, что влияние термообработки по глубине слоя возрастает: от 7% на глубине 0,4мм и до 80% на глубине 0,8мм.

Разработанные технологии нанесения износостойких покрытий по газифицируемым моделям и последующей термической обработкой двойной фазовой перекристаллизацией, были использованы при производстве опытной партии уплотнителя сошника хлопковой сеялки. Результаты полевых испытаний показали, что их износостойкость, в 3,5 раза выше серийных.

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Базовые технологии упрочнения и повышения износостойкости металлорежущих инструментов не приводят к увеличению долговечности из-за неравномерной твердости в поверхностных слоях.

2. В результате изучения взаимосвязи структурных изменений в исследуемых изделиях с механическими свойствами, предложен новый способ упрочняющей обработки металлорежущих инструментов, заключающийся в сочетании электротермо-циклической обработки (ЭТЦО) с последующей ионно-плазменной обработкой (ИПО). Новый способ защищен авторским свидетельством №74446, 2011г и инновационным патентом Республики Казахстан №25865, 2012г. «Способ обработки металлорежущих инструментов».

3. Предварительная ЭТЦО обеспечивает получение мелкозернистой структуры, повышает прочность и твердость поверхностных слоев основного металла, улучшает адгезию.

4. Последующая ИПО обеспечивает формирование износостойких слоев из нитридов титана и нитридов алюминия на поверхности инструмента, которая, обладая теплопроводностью, снижает температуру рабочей поверхности инструмента при его эксплуатации, и как следствие, уменьшает диффузионное изнашивание, что приводит к повышению долговечности металлорежущего инструмента в 3-4 раза.

5. Разработанные технологии нанесения износостойких покрытий по газифицируемым моделям и последующей термической обработкой двойной фазовой перекристаллизацией, были использованы при производстве опытной партии уплотнителя сошника хлопковой сеялки. Результаты полевых испытаний показали, что их износостойкость, в 3,5 раза выше серийных.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Верещака А.С., Табаков В.П., Вахминцев В.П., Твердосплавные инструменты с нитридитановыми покрытиями // Станки и инструменты. – 1976. - №6. - С. 18-22.
- [2] Бродянский А.П. и др. Упрочнение инструмента на установке «Булат» // Технология и организация производства. - Киев: УкрНИИИТИ, - 1977. - №2. - С.54-55.
- [3] Исламкулов К.М., Колмыкпаев Б.К. Способ обработки металлорежущих инструментов. Авторское свидетельство Республики Казахстан - №74446. - 2011.
- [4] Исламкулов К.М., Колмыкпаев Б.К. Способ обработки металлорежущих инструментов. Инновационный патент Республики Казахстан. - №25865. - Бюл №7. - 2012.
- [5] Исламкулов К.М., Колмыкпаев Б.К. Повышение долговечности металлообрабатывающих инструментов: сб. науч. тр. Днепродзержинского государственного технического университета. - Днепродзержинск. - 2008. - Вып. 1 (9). - С. 83-86.
- [6] Износостойкость и структура твердых наплавов – М:Машиностроение, 1971. –94с.
- [7] Мухамедов А.А. Физика металлов и металловедение, 1992, т.1, №11. – С.52
- [8] Уманский Я.С., Сканоу Ю.А., Иванов А.Н., Расторгуев Л.Н. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия – М:Металлургия, 1982. - 632 с.
- [9] Тененбаум М.М. Сопротивление абразивному изнашиванию – Машиностроение, 1976. - 267 с.

REFERENCES

- [1] Vereshchaka A.S., Tabakov V.P., Vakhmintsev V.P., Tverdosplavnyye instrumenty s nitridtitanovymi pokrytiyami // Stanki i instrumenty. – 1976. - №6. - S. 18-22.
- [2] Brodyanskiy A.P. i dr. Uprochneniye instrumenta na ustanovke «Bulat» // Tekhnologiya i organizatsiya proizvodstva. - Kiyev: UkrNIINTI, - 1977. - №2. - S.54-55.
- [3] Islamkulov K.M., Kolmykpayev B.K. Sposob obrabotki metallovezhushchikh instrumentov. Avtorskoye svidetel'stvo Respubliki Kazakhstan - №74446. - 2011.
- [4] Islamkulov K.M., Kolmykpayev B.K., Sposob obrabotki metallovezhushchikh instrumentov. Innovatsionnyy patent Respubliki Kazakhstan. - №25865. - Byul №7. - 2012.
- [5] Islamkulov K.M., Kolmykpayev B.K. Povysheniye dolgovechnosti metalloobrabatyvayushchikh instrumentov: sb. nauch. tr. Dneprodzerzhinskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. - Dneprodzerzhinsk. 2008. Vyp. 1 (9). - S. 83-86.
- [6] Iznosostoykost' i struktura tverdykh naplavok – M: Mashinostroyeniye, 1971. – 94s.
- [7] Mukhamedov A.A. Fizika metallov i metallovedeniye, 1992, t.1, №11. – S.52.
- [8] Umanskiy YA.S., Skanov YU.A., Ivanov A.N., Rastorguyev L.N. Kristallografiya, rentgenografiya i elektronnyaya mikroskopiya – M: Metallurgiya, 1982. - 632 s.
- [9] Tenenbaum M.M. Soprotivleniye abrazivnomu iznashivaniyu – Mashinostroyeniye, 1976. - 267 s.

МЕТАЛЛ КЕСКІШ ҚҰРАЛДАРДЫҢ ЖӘНЕ ҚҰЙМА БӨЛШЕКТЕРДІҢ БЕРІКТІГІН ЖӘНЕ ТӨЗІМДІЛІГІН АРТТЫРУ

Исламқұлов К.М., Мырхалықов Ж.Ү.

М.Өуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті

Тірек сөздер : металл кескіш құралдар, құйма бөлшектер, электрлітермиялы- кезеңдік өңдеу, ионды-плазмалық өңдеу, төзімділікті жоғарылату, мақта сепкіш тірегі.

Аннотация. Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері бойынша келесідей қорытындылар шығаруға болады:

Металл кескіш құралдардың беріктігін және төзімділігін жоғарылатудың базалық технологиялары олардың беткі қабаттарының біртегіс қатты болмауынан ұзақ жарамдылық бере алмайды.

Механикалық қасиеттегі зерттеліп жатқан бұйымдарда құрылымдық өзгерістердің өзара байланыстарын зерттеу нәтижесінде, металл кескіш құралдардың беріктігін жоғарылату бойынша өңдеудің жаңа тәсілі ұсынылуда, ол электрлітермо-кезеңдік өңдеудің (ЭТКӨ) ары қарай ионды-плазмалық өңдеумен (ИПӨ) үйлеседі. Жаңа тәсіл 2011 жылы №74446, авторлық куәлігімен және 2012 жылы, Қазақстан Республикасының №25865 инновациялық патентімен қорғалған. «металл кескіш құралдарды өңдеудің тәсілі».

Алдын ала ЭТКӨ майда дөңді құрылым алуды қамтамасыз етеді, негізгі металлдың беткі қабаттарының беріктігін және қаттылығын жоғарылатады, адгезияны жақсартады.

Ары қарай ИПӨ құралдың беткі қабатындағы титан нитридтерінен және алюминий нитридтерінен тозуға төзімді қабаттардың түзілуін қамтамасыз етеді, ол жылу өткізгіштікке ие бола отырып, оны іске қосу кезінде құралдың жұмысшы бетінің температурасын төмендетеді, соның нәтижесінде, диффузиялық тозуды азайтады, ол өз кезегінде металл кескіш құралдың төзімділігін 3-4 есе жоғарылатады.

Газдандыру моделі және ары қарай екі есе фазалық қайта кристалдаумен термиялық өңдеу бойынша төзімді қабаттарды қондырудың жасалған технологиялары, мақта сепкіштің тірегін қатайтудың сынақ партиясын шығару кезінде пайдаланылды. Егістіктегі сынақ нәтижелері, олардың төзімділіктері сериялықтармен салыстырғанда 3-5 есе жоғары екендігін көрсетті.

Поступила 26.062016 г.