

ные ограничения зарубежных стран на импорт современных технологий и оборудования.

Особое значение в создавшихся условиях приобретает фундаментальная наука, позволяющая инициировать поисковые исследования современных прорывных технологий и создавать инновационные сельскохозяйственные машины и оборудование.

Список использованных источников

1. Прогноз научно-технологического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года одобрены на совместном заседании Президиума и Коллегии Научно-технического совета Минсельхоза России 30 марта 2016 г. М.: Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2017 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.hse.ru/data/2017/02/06/1167349282/Прогноз%20научно-технической%20сферы.pdf>

Abstract. The priority task of the agro-industrial complex is the creation of highly efficient and energy-saving agricultural equipment, which allows creating competitive products on the world market. The issues characterizing the low competitiveness of domestic agricultural machinery and equipment are considered. Highlighted priority areas of development of the agricultural sector in the field of scientific research related to mobile agricultural machinery and units.

УДК 631.353.722

Анискович Г.И., кандидат технических наук, доцент;

Литовчик Д.П., инженер; **Шевчук М.А.**, аспирант

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь*

УПРОЧНЕНИЕ БАШМАКОВ И ДИСКОВ РЕЖУЩЕГО АППАРАТА РОТАЦИОННЫХ КОСИЛОК

Аннотация. В статье приведены результаты исследований элементного состава, структуры и основных механических свойств упрочненных импульсной закалкой дисков роторов и осно-

ваний башмаков режущего аппарата роторных косилок. Подтверждена возможность изготовления этих сложнопрофильных деталей из углеродистых сталей с упрочнением импульсным закалочным охлаждением быстродвижущимся потоком воды. Упрочнение деталей осуществляется в закалочных устройствах, разрабатываемых индивидуально с учетом конструкций ротора и оснований башмака. При этом деталям обеспечиваются, отвечающие условиям эксплуатации, значения твердости, ударной вязкости, прочности, характерное структурное строение.

Введение. Ротационная косилка предназначена для скашивания высокоурожайных и полеглых трав на повышенных поступательных скоростях с укладкой скошенной массы в покос. Конструкция косилки представлена на рисунке 1.

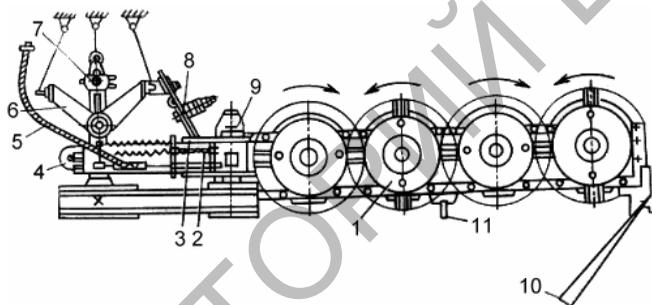


Рисунок 1 – Конструктивная схема ротационной косилки: 1 – режущий аппарат, 2 – механизм уравнивания, 3 – подрамник, 4 – стойка, 5 – гидрооборудование, 6 – рама навески, 7 – механизм привода, 8 – тяговый предохранитель, 9 – кронштейн, 10 – полевой делитель

Режущий аппарат косилки состоит из панели бруса и днища соединенных между собой болтами. В конструкциях современных ротационных косилок к днищу основного бруса крепятся башмаки, которыми режущий аппарат опирается на почву, обеспечивая шарнирно закрепленному брусу копирование рельефа поля в вертикальной плоскости. Вдоль бруса устанавливаются роторы, каждый из которых имеет два шарнирно-закрепленных косилочных ножа. В процессе работы частота вращения диска ротора составляет около 3000 мин^{-1} .

Срезание стеблей растений осуществляется с помощью пластинчатых ножей, шарнирно установленных на роторах,

вращающихся со скоростью 65 м/с навстречу друг другу. Ножи срезают траву по принципу бесподпорного среза, подхватывают ее и выносят из зоны резания, перемещая над режущим брусом. Траектории движения ножей соседних роторов взаимно перекрываются, благодаря чему обеспечивается качественный покос.

Диск ротора является сложным в геометрическом исполнении изделием. Он относится к классу пространственно-сложнопрофильных конструкций. Кроме этого, как правило, диск ротора состоит из разнородных конструкционных материалов (стальная тонкостенная основа толщиной 4–5 мм, вставки для крепления косилочных ножей, сварные швы).

Основания башмаков (основное и дополнительное) брусьев режущих аппаратов косилок, также являются сложными в геометрическом исполнении изделиями. Они являются конструкцией коробчатого типа. Основание башмаков изготавливается из тонколистового стального проката толщиной 4–5 мм. Ширина оснований 200–370 мм, длина 440–480 мм.

На рисунке 2 показаны эскизы объектов исследований (диск ротора, основания башмаков) бруса режущего аппарата косилок.

В процессе работы основание башмака и диск ротора подвергаются интенсивному коррозионно-механическому и абразивному изнашиванию и воздействию значительных динамических нагрузок, что требует придания этим деталям в процессе изготовления соответствующих условиям эксплуатации физико-механических и эксплуатационных свойств [1].

Основная часть. Анализ зарубежных аналогов дисков роторов и оснований башмаков (немецких фирм «CLASS» и «KRONE», французской фирмы «KUNH», словенской фирмы «SILVERCUT») показал, что эти изделия должны обладать высокой прочностью (не менее 1500 МПа), ударной вязкостью (не менее 0,6 МДж/м²), твердостью (не менее 35–40 HRC) и относительным удлинением (не менее 6–8 %).

Диски роторов и основания башмаков изготавливаются зарубежными фирмами из высокопрочных и износостойких бористых сталей. Прочность и износостойкость дисков и оснований башмаков, работающих в крайне тяжелых условиях, преимущественно достигается применением изотермической закалки.

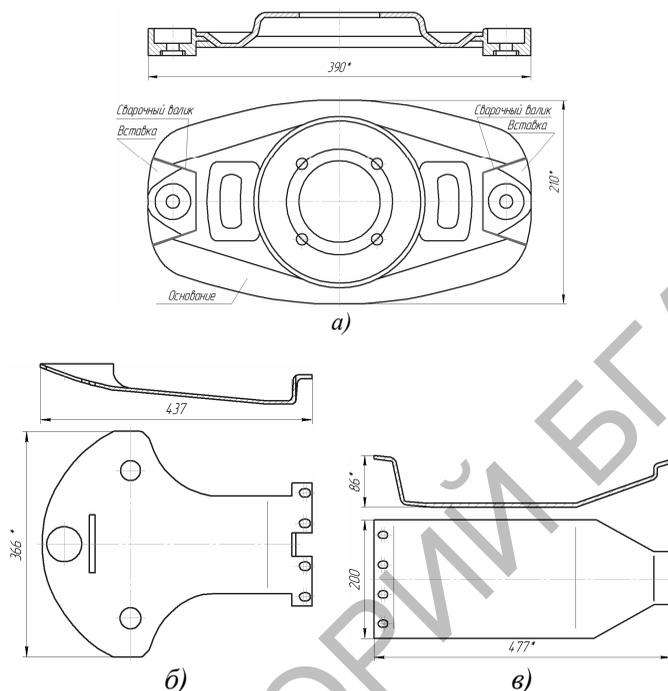


Рисунок 2 – Эскизы диска ротора (а), основаного (б) и дополнительного основания (в) башмаков режущего аппарата косилок

Предприятия сельскохозяйственного машиностроения республики до настоящего времени практически не применяются технологии по упрочнению термообработкой пространственно-сложных тонкостенных стальных заготовок и сварных конструкций. Поэтому работы по упрочнению таких изделий относятся к разряду инновационных.

Отечественное производство конкурентоспособных дисков роторов косилок, не уступающих по техническому уровню зарубежным аналогам, может быть решено использованием упрочняющей технологии импульсной закалки потоком воды или водного раствора кальцинированной соды [2].

Данная технология прошла проверку в производственных условиях на целом ряде предприятий Минпрома и Минсельхозпрода РБ и является разработкой с высокой степенью завершенности [3].

В зарубежной практике аналогом такого технического решения наиболее распространенной является технология под названием

«Conit» (интеллектуальная собственность норвежской фирмы «Kverneland») [4].

В соответствии с технологической схемой импульсной закалки, нагретая до температуры аустенитизации и выдержке (~10 мин) стальная ремонтная заготовка устанавливается в устройство закалочного охлаждения и фиксируется. Закалочные устройства имеют, как правило, индивидуальное назначение. Их основными конструктивными элементами являются матрица и пуансон. В зазоры между заготовкой и ограждающими поверхностями, формируемыми матрицей и пуансоном закалочного устройства, подается быстро движущийся поток охлаждающей жидкости. Температура аустенитизации и скорость потока охлаждающей жидкости (свыше 30 м/с) задается в определенном интервале. С помощью матрицы и пуансона направляются потоки жидкости вокруг объекта закалки. Особенно важно это для деталей сложной пространственной геометрии. Однородное (равномерное) охлаждение заготовки сложной формы достигается равномерным потоком охлаждающей жидкости, омываемой поверхность объекта закалки.

Для обеспечения конкурентоспособности дисков роторов и оснований башмаков исследования проводились с использованием горячекатаного стального проката из следующих марок сталей: сталь 25ХГСА и 30ХГСА (ГОСТ 4543 – 71), бористая сталь RAEX B27 (Финляндия) – для основы диска и оснований башмаков; сталь 35Л (ГОСТ 1050 – 88) – для вставок диска; сварочная проволока Св 18ХГС, Нп 30ХГСА (ГОСТ 10543 – 98) – для сварных швов.

Анализ элементного состава, исследование структуры и измерение твердости и микротвердости образцов стали выполнялись на базе аккредитованного Испытательного Центра ГНУ «ИПМ».

Исследование элементного состава выполнены на аттестованном атомно-эмиссионном спектрометре «ЭМАС-200Д». Погрешность метода в данном случае составляет 3–5 относительных процентов. Анализ на углерод проводили на экспресс-анализаторе АН 7529. Анализ на серу проводили на экспресс-анализаторе АС 7932.

Твердость по Роквеллу измерялась на твердомере ТК14 – 250 по ГОСТ 9013 – 59.

На первоначальном этапе проводились исследования элементного состава образцов сталей в состоянии поставки. Результаты исследования элементного состава образцов сталей приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты исследования элементного состава образцов сталей

Материал образцов	Элементный состав материала образцов, %						
	C	S	Mn	Si	Ni	Cr	Fe
Сталь 20	0,18	0,014	0,40	0,23	0,02	0,07	основа
25ХГСА	0,24	0,0055	0,90	1,0	0,04	0,86	основа
B27	0,26	0,0045	1,1	0,26	0,03	0,26	основа
30ХГСА	0,29	0,0055	0,90	1,0	0,04	0,86	основа
Сталь 35	0,37	0,016	0,51	0,31	0,02	0,07	основа

Из приведенных марок сталей изготавливались плоские образцы для исследовательских испытаний шириной 65 мм, длиной 200 мм и толщиной 4 и 5 мм. Плоские образцы подвергались упрочнению с использованием ТИЗОЖ, подробно изложенной в [2,5,6]. Избыточное давление воды составляло 0,40 МПа. Температура аустенитизации образцов устанавливалась для сталей 25 ХГСА и 30 ХГСА – 890 – 950 °С, стали 35 – 850 °С, стали RAEX B27 – 890 °С. Продолжительность цикла охлаждения составляло 1 с. Закаленные плоские образцы подвергались низкому отпуску при температуре 200 °С продолжительностью выдержки в течение 1 часа и среднему отпуску при температуре 300 и 350 °С с продолжительностью выдержки 1 ч. После отпуска образцы из стали 35 и стали RAEX B27 охлаждались на воздухе. Образцы из сталей 25ХГСА и 30ХГСА после отпуска охлаждались погружением в воду.

Упрочненные пластины использовались для проведения структурного анализа, исследования твердости и ударной вязкости (КСУ).

Исследование ударной вязкости проводилось на стандартных образцах толщиной 2 мм (тип 4) и 5 мм (тип 3) по ГОСТ 9454 – 78. «Металлы. Метод испытания на ударный изгиб при пониженных, комнатной и повышенных температурах».

Результаты испытаний на ударную вязкость и твердость упрочненных образцов представлены в таблице 2.

На основании проведенных исследований в качестве материала для дисков ротора и оснований башмаков принят листовой прокат из стали 25ХГСА (ГОСТ 4543).

Заготовки диска ротора изготавливались с применением пластического деформирования в штампах в холодном состоянии с предварительным отжигом. Сборка заготовки диска со вставками осуществлялась с применением сварки в среде углекислого газа. В ка-

честве сварочных электродов применялась проволока Св18ХГС, (Нп30ХГСА).

Заготовки оснований башмаков также изготавливались с применением холодного пластического деформирования с предварительным отжигом в штампах.

Таблица 2 – Результаты исследования ударной вязкости и твердости упрочненных образцов

Образец	Твердость, HRC	Ударная вязкость, KCU, Дж/см ²	
		интервал	среднее значение
Импортный (аналог)	46 – 48	96,76 – 118,76	110,1
Сталь 25ХГСА (ТИЗОЖ 950 °С, отпуск 200 °С 1 ч, охлаждение в воде)	43 – 45	108,99 – 124,00	114,82
Сталь 25ХГСА (ТИЗОЖ 890 °С, отпуск 350 °С 1 ч, охлаждение в воде)	45	99,41 – 107,46	103,27
Сталь 35 (ТИЗОЖ 850 °С, отпуск 300 °С 1 ч, охлаждение на воздухе)	45	66,92 – 81,06	73,65
Сталь В27 (ТИЗОЖ 890 °С, отпуск 200 °С 0,5 ч, охлаждение на воздухе)	45	108,08 – 119,62	114,84

Для упрочнения заготовок деталей импульсной закалкой были разработаны закалочные устройства с учетом конструкций ротора и оснований башмака. В качестве примера на рисунке 3 представлена принципиальная схема устройства закалочного охлаждения для закалки дисков роторов. Разработанные закалочные устройства прошли апробацию для импульсной закалки ротора и оснований башмака с применением системы закалочного охлаждения быстродвижущимся потоком воды и использованием технического оснащения термического участка на материально-технической базе БГАТУ.

Упрочненные опытные детали подвергались структурному анализу, исследованию твердости и микротвердости.

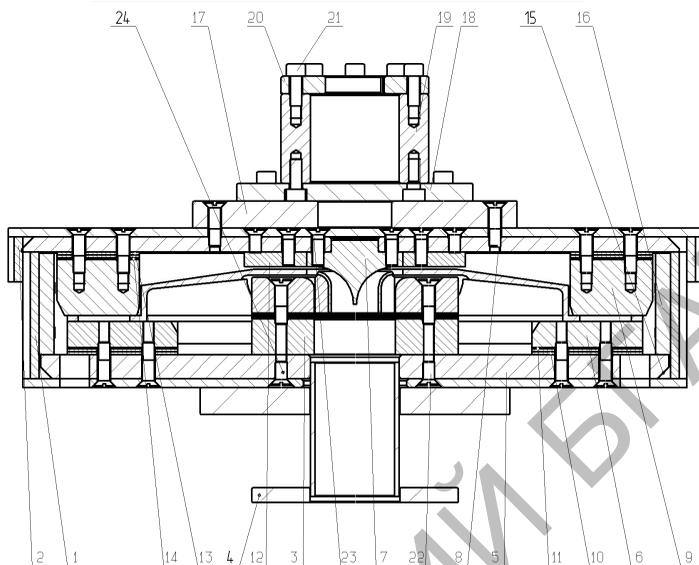


Рисунок 3 – Принципиальная схема закалочного устройства диска ротора:
1 – основание; 2 – крышка; 3 – упор; 4 – фланец; 5 – плита основания; 6 – упор;
7 – вставка; 8 – плита верхняя; 9 – упор; 10, 11 – прокладки; 12 – кольцо;
13, 14 – прокладки; 15, 16 – вставки; 17 – кольцо; 18 – пластина; 19 – втулка;
20 – полукольцо

Характерными участками для диска ротора являлись основа, вставка и сварочные валики. Микроструктура этих материалов показана на рисунке 4.

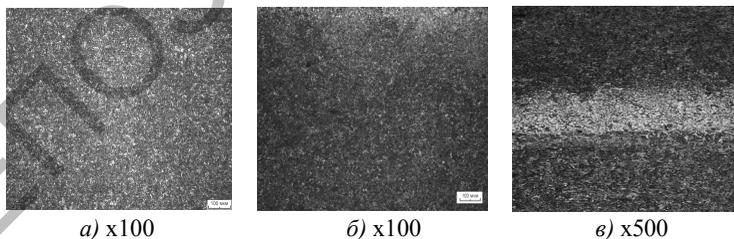


Рисунок 4 – Микроструктура основы (а), вставки (б) и сварочного валика (в) опытного образца ротора

Структура образца представляет собой троостит с ферритом. С двух сторон присутствует обезуглероженный слой: с наружной стороны толщиной 100–200 мкм, с внутренней стороны – 100–150 мкм. Твердость не обезуглероженной поверхности составляет 45–47 HRC.

Микроструктура опытного образца основания башмака (рисунок 5) представляет собой мелкоигльчатый троостомартенсит с длиной игл 2–4 мкм. Одна из сторон поверхности обезуглерожена на глубину до 60 мкм. Твердость необезуглероженной поверхности составляет 48–49 HRC, обезуглероженной – 42–44 HRC.

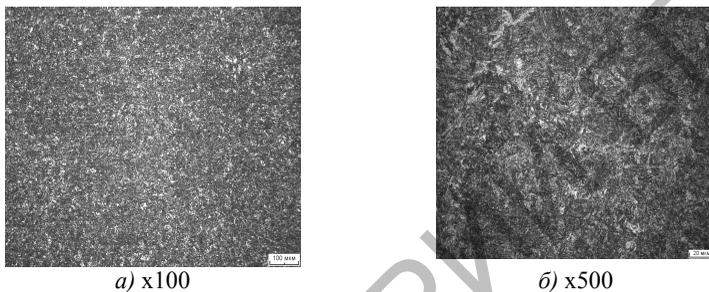


Рисунок 5 – Микроструктура оснований башмаков

Измерение микротвердости диска ротора и основания башмака проводилось от наружного края к внутреннему. График измерения представлены на рисунке 6 и 7 соответственно.

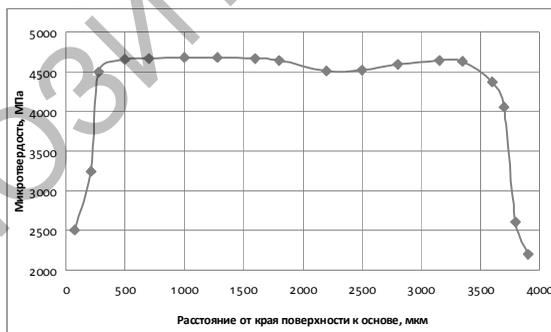


Рисунок 6 – График измерения микротвердости по сечению опытного образца диска ротора

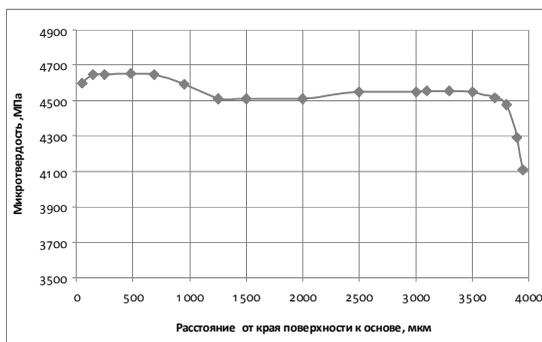


Рисунок 7 – Графики измерения микротвердости по сечению опытного образца основания башмака

Таким образом, исследования элементного состава, структуры и основных механических свойств, изготовленных из углеродистых сталей и упрочненных импульсной закалкой дисков роторов режущего аппарата косилок, показали, что по этим параметрам они не уступают импортным аналогам.

Заключение. 1. Для изготовления дисков ротора и оснований башмака рекомендуется использовать листовой прокат из стали 25ХГСА. Ее применение соответствует эксплуатационным условиям деталей, характеризующимся прочностью, твердостью и ударной вязкостью.

2. При изготовлении дисков ротора и оснований башмака для их упрочнения обосновано применение технологии импульсного закалочного охлаждения водой, обеспечивающей требуемый для этих деталей уровень твердости, ударной вязкости, прочности, характерное структурное строение.

Список использованных источников

1. Повышение работоспособности деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин / И.Н. Шило [и др.] – Минск: БГАТУ, 2010. – 320с.

2. Бетенья, Г.Ф. Объемные нанокристаллические износостойкие детали рабочих органов сельскохозяйственной техники / Г.Ф. Бетенья [и др.]//Вестник Полоцкого государственного университета/ – 2012, №3, серия В. Промышленность. Прикладные науки. – С. 46–51.

3. Бетенья, Г.Ф. Опыт упрочнения деталей из сталей пониженной прокаливаемости импульсным закалочным охлаждением жидко-

стью / Г.Ф. Бетенья, Г.И. Анискович // Вестник БарГУ / – 2013, вып. 1 – С. 152–159.

4. Soucek, R. Maschinen und Gerate fur Bodenbearbeitung, Dungung und Aussaat / Б Soucek, G. Pippig. – Berlin: Verl. Technik, 1990. – 432 s.

5. Бетенья Г.Ф., Анискович Г.И. Модификация структуры и механических свойств стали пониженной прокаливаемости при импульсном закалочном охлаждении жидкостью. / MOTOROL/ – Lublin-Pzeszow, 2013, vol. 15, №7 – С. 80–86.

6. Бетенья Г.Ф. Упрочнение роторов и башмаков косилок. / Г.Ф. Бетенья [и др.] // Вестник БарГУ. Серия Технические науки / – 2016, вып. 3 – С. 68–76.

Abstract. In article results of the elemental composition of studies of the structure and basic of mechanical properties hardened by quenching pulsed disc of rotors and the grounds shoes cutting apparatus rotornyh of mowers. Confirmed the possibility of fabricate these complex profile parts made of carbon steel with hardening pulse quench cooled fast-moving stream of water. Hardening of parts is carried out in the hardening device, developed individually tailored designs rotor and shoe bases. In this case the details are provided, corresponding to the operating conditions, hardness, toughness, strength, structural characteristic structure.

УДК 669. 715. 621.

Скобло Т.С., доктор технических наук, профессор;

Мартыненко А.Д., кандидат технических наук, доцент;

Сайчук А.В., доктор технических наук, доцент;

Сидашенко А.И., кандидат технических наук, профессор;

Мартыненко В.А., студент

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенка, г. Харьков, Украина

УПРОЧНЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ ЛАЗЕРНЫМ ЛУЧОМ

Аннотация. В настоящей работе рассмотрены: методы упрочнения рабочей поверхности гильз цилиндров ДВС, их преимуще-