

Прогнозируемый ресурс лемехов и долот с биметаллическим почворезущим профилем возрастает в 2 и более раза по сравнению с серийными изделиями.

Список использованных источников

1. Повышение работоспособности деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин/И.Н. Шило [и др.] – Минск: БГАТУ, 2010. – 320с.
2. Панов, И.М. Технический уровень почвообрабатывающих и посевных машин / И.М. Панов, А.Н. Черепяхин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2000. – № 8, 9.
3. Ткачев, В.Н. Работоспособность деталей машин в условиях абразивного изнашивания / В.Н. Ткачев. – Москва: Машиностроение, 1995. – 336 с.
4. Машиностроение: Энциклопедия: в 40т/т.IV-16; Сельскохозяйственные машины и оборудование./ Ред. – сост. И.П. Каневич; отв. ред. М.М. Фирсов. – М.: Машиностроение, 2002. – 720с.
5. Бернштейн, Д.Б. Лемехи плугов. Анализ конструкций, условий изнашивания и применяемых материалов: обзорная информ. / Д.Б. Бернштейн, И.В. Лискин // Сельскохозяйственные машины и орудия; сер. 2, вып. 3. – М.: ЦНИИТЭИТракторосельхозмаш, 1992. – 36 с.
6. Бетенья, Г.Ф. Повышение долговечности почворезущих элементов сельскохозяйственной техники наплавкой намокраживанием / Г.Ф. Бетенья. – Минск.: БелНИИНТИ, 1986. – 44 с.
7. 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.

УДК 631.312.021.3.06

МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛЕМЕХОВ И ДОЛОТ ПЛУГОВ

Студент – Дрозд Э.И., 39 тс, 3 курс, ФТС

Научный

руководитель – Анискович Г.И., к.т.н., доцент

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

Аннотация. В статье приводятся сведения по материалам и технологиям, которые используются отечественными и зарубежными предприятиями при изготовлении лемехов и долот плугов, результаты исследования микроструктуры упрочненных деталей.

Ключевые слова: лемех, долото, конструкционные стали, упрочнение, импульсная закалка, микроструктура, твердость, прочность, ударная вязкость.

Одной из важнейших проблем, связанной с эксплуатацией плугов является быстрый износ деталей, испытывающих наибольшие удельные нагрузки – долот и лемехов. Повышение технического уровня этих быстроизнашивающихся деталей является одной из актуальных проблем современного сельскохозяйственного машиностроения, развитие которого должно предусматривать внедрение в производство новых материалов и более прогрессивных технологий их изготовления [1,2].

Как известно, ежегодно сменяются сотни тысяч этих деталей. Из-за их изнашивания потери сельхозпроизводителей огромны. Особенно велики затраты на сменные детали сельскохозяйственных предприятий Республики Беларусь так, как почвы в наших хозяйствах обладают высокой абразивной изнашивающей способностью, из-за этого при равных прочих условиях наши сельхозпроизводители примерно в 3 раза больше расходуют деталей на обработку почвы. Основными причинами такого положения является также несоответствие конструкций, технологии и материала деталей отечественного производства условиям работы. Например, многие десятилетия для изготовления сменных деталей корпусов плугов использовались стали Л53 и 65Г. При этом не учитывались закономерности абразивного изнашивания и возросшие скорости пахотных агрегатов. Скорость относительного перемещения деталей рабочих органов плугов при вспашке возросла с 1,0 м/с до 3,5 м/с. Это повлекло увеличение ударных нагрузок и интенсивности абразивного изнашивания. Для обеспечения работоспособного состояния таким деталям требуется значительное увеличение показателей прочности, ударной вязкости и твердости материалов, достижение которых, при изготовлении деталей из сталей Л53 и 65Г с использованием традиционных технологий упрочнения (закалка + отпуск) невозможно [1].

Наряду с этим, при серийном производстве лемехов и долот корпусов плугов отечественными производителями не достаточно используются специальные профили. Например, профиль 122С и 142С для лемехов, полоса 120×18 мм (или 120×14 мм) для долот. Недостаточно внимания уделяется сокращению операций механической обработки при изготовлении деталей. Как правило, применяются традиционные операции термической обработки изделий (закалка + отпуск) с использованием масел в качестве охлаждающей среды, что свидетельствует об их экологическом несоответствии современным требованиям к технологии. Такие технологии позволяют достигать твердости рабочей поверхности изделий, как правило, в пределах 38–43 HRC, что является недостаточным для эффективного использования деталей, работающих в абразивной среде.

Анализ конструкционных материалов [1,2,3], используемых в последнее десятилетие предприятиями Республики Беларусь и другими государствами СНГ для изготовления деталей рабочих органов почвообрабатывающих машин, свидетельствует о применении недорогих марок сталей, а также традиционных методов термообработки. Как правило для изготов-

ления почворезущих деталей применяют конструкционные стали 40, 40X, 45, Л53, 65Г и других марок, а в качестве упрочняющей технологии закалку и отпуск с использованием масел в качестве охлаждающей среды. Такие технологии обеспечивают изделиям механические свойства (твердость, прочность, ударную вязкость) недостаточные для эффективного использования деталей, работающих в абразивной среде. Сведения о материалах, видах термической обработке (ТО) и их механических свойствах приведены в таблице 1 [2].

Таблица 1 – Материалы, применяемые для изготовления деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин

Марка стали	Вид термообработки	Механические свойства после термообработки		
		HRC	σ_B , МПа	KCU, МДж/м ²
35	Локальная закалка лезвия ТВЧ	35,5–39,5	735	0,29
45	Закалка ТВЧ или объемная термообработка	41,5–45,5	750	0,60
40X	Закалка ТВЧ или объемная термообработка	41,5–45,5	1200	0,49
Л53	Закалка ТВЧ или объемная термообработка	44,5–48,5	800	0,60
65Г	Объемная термообработка	39,5–43,5	800	0,55
40Г2	Объемная термообработка	41,5–49,5	1100	0,23

Преимуществами материалов и технологий для производства сменных деталей плугов используемых зарубежными фирмами являются: низкое содержание дорогостоящих легирующих элементов; хорошая закаливаемость; детали обладают достаточной ударной вязкостью; простота и недорогая термообработка; малая чувствительность к появлению закалочных трещин и короблению; возможность закалки сразу послековки; хорошая комбинация ударной вязкости и прочности.

За рубежом детали рабочих органов преимущественно получают из более прочных борсодержащих (с добавками молибдена, титана) мало и среднеуглеродистых сталей (таблица 2). Аналогами их в СНГ являются стали 30ГР, 40ГР, 30Г2Р и др. Применение таких сталей и специальных способов термической обработки позволило достичь повышенных эксплуатационных свойств. Детали упрочняются до твердости 48–52 HRC, прочность превышает 1200 МПа, ударная вязкость – 0,8–1,0 МДж/м² [1].

Наряду с этим отдельные западноевропейские фирмы разработали и реализовали наукоемкие технологии «Conit» (Kverneland, Норвегия), «Triplex» и «Dreilagenmaterial» (Huard, Франция), «Rabid» (Rabewerk, Германия), «Plasmabid» (Rabe, Германия), а так же лазерные и плазменные способы упрочнения деталей в сочетании со специальными процессами

термической обработки, новые материалы, например, Permanit © (Vogel und Noot, Австрия). Изделия, полученные с применением технологий «Conit» и «Triplex» обладают высокой конкурентоспособностью и наиболее соответствуют ударно-абразивным условиям эксплуатации. Отличительной особенностью этих изделий является 3-х слойное строение поперечного сечения (так называемое диссипативное структурное строение). Поверхностные слои изделий имеют высокую прочность (1200–1800 МПа) и твердость (до 67 HRC). Сравнительно пластичная сердцевина при этом обеспечивает повышенную ударную вязкость изделий.

Для увеличения износостойкости при абразивном изнашивании долот и лемехов, фирмы "Lodpe Ceramic" и "Morgan Matrok" (Великобритания) приступили к выпуску керамических лемехов, срок службы которых по износостойкости превосходит стальные в 12 раз, однако стоимость их изготовления очень велика.

В процессе использования обнаружили недостатки таких деталей: при динамической нагрузке появляются сколы, что приводит к образованию трещин.

Ряд фирм используют наплавку носков долот и лемехов твердыми сплавами. Фирма Rabewerk использует материалы с более высоким качеством (Drielagenmaterial, Conit, Rabedur). Высокое качество долот и лемехов демонстрирует норвежская фирма «Kverneland».

Особое внимание при изготовлении долот и лемехов плугов западноевропейскими фирмами уделяется формированию их структурного состояния.

Таблица 2 – Отечественные аналоги сталей, применяемых зарубежными производителями для изготовления лемехов и долот плугов

Наименование детали	Фирма, страна	Марка стали (отечественный аналог)
Лемех долотообразный	“Rabewerk” (Германия)	40ГР (ГОСТ 4543-71)
Лемех с накладным долотом	“Huard” (Франция)	Типа 30ГР
Лемех с накладным долотом	“Huard” (Франция)	Типа 30Г2Р
Лемех с накладным долотом	“Kverneland” (Норвегия)	Типа 30Г2Р
Лемех трапециевидный	“Morris” (Канада)	Типа У9 с повышенным содержанием Mn
Лемех долотообразный	“BBC” (Германия)	Типа 45Г2С
Лемех долотообразный с наплавкой	“Raba” (Венгрия)	30Г2 (ГОСТ 4543-71)
Долото	“Case” (США)	45Г2 легированная В
Долото	“Paraplaw” (Англия)	40 (ГОСТ 1050-88)

Примечания: 1. Никель и медь присутствуют в качестве примеси в пределах 0,05 – 0,16 % и 0,03–0,20 % соответственно. В отдельных образцах обнаружены следы молибдена (0,02–0,03 %). 3. Все борсодержащие стали содержат алюминий (0,028–0,08 %) и титан (0,012).

Исследования последних десятилетий показали, что наиболее эффективным способом повышения прочности, а также твердости, при обеспечении достаточной вязкости и пластичности является измельчение структуры сталей путем применения микролегирования, контролируемой прокатки и других способов обработки [4,5,6]. Прочность и твердость материала возрастает при уменьшении размеров элементов, образующих его структуру. Связь этих параметров обычно описывается уравнением типа Холла-Петча.

Уравнение, описывающее повышение прочности при измельчении зерна (или субзерна)

$$\sigma_T = \sigma_0 + \frac{k}{d^m}, \quad (1)$$

где σ_0 – напряжение, необходимое для движения свободной дислокации или внутреннее напряжение, препятствующее распространению пластического сдвига в теле зерна;

k – коэффициент, характеризующий прочность блокирования дислокаций;
 d – диаметр зерна (субзерна).

Повышение твердости материалов описывается уравнением

$$HV = HV_0 + \frac{k}{d^m}, \quad (2)$$

где HV_0 – твердость по Виккерсу монокристалла;

k – коэффициент пропорциональности;
 d – диаметр зерна.

Для материала с зеренной структурой $m = 0,5$ и для субзеренной структуры $m = 1$.

Так, для получения требуемого мелкозернистого структурного состояния и соответствующих высоких механических свойств фирмой “Rabewerk” разработан и реализован технологический процесс специальной термической обработки лемехов и долот плугов, предусматривающий в числе других операций их цементацию на глубину 1,8 мм. Микроструктура цементованного слоя (рисунок 1а) упрочненного долота представляет собой мартенсит мелко-, среднеигольчатый, твердость цементованной поверхности 62HRC, микроструктура основного металла (рисунок 1б) – мартенсит малоуглеродистый твердостью 29–30HRC.

Отечественной технологией обеспечивающей формирование мелкодисперсных структур является технология импульсной закалки. В плоских изделиях из среднеуглеродистых сталей импульсной закалкой в процессе интенсивного охлаждения достигается за счёт фазового превраще-

ния формирование в поперечном сечении изделия диссипативного структурного строения с субмелкокристаллическим зерном мартенсита [7,8].

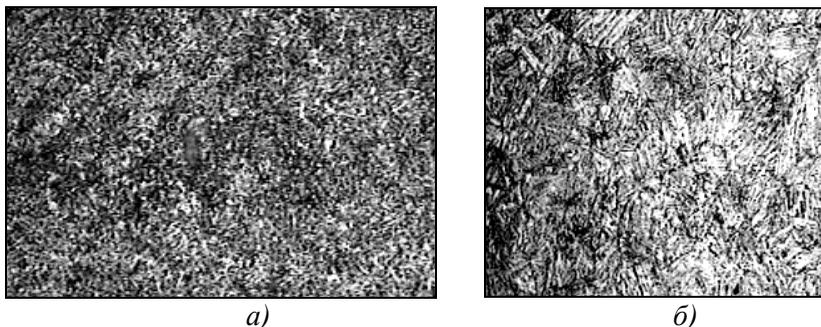


Рисунок 1 – Микроструктура $\times 500$ поверхностного слоя (а) и сердцевины (б) долота фирмы “Rabewerk”

Изучение микроструктурного строения упрочненных импульсной закалкой деталей из стали 60ПП показало, что в поверхностном слое (рисунок 2а) образовалась микроструктура весьма мелко игольчатого мартенсита, по оценке металлографическим методом [9] наибольшая длина игл которого составляет до 1 мкм. Твёрдость поверхностного слоя составляет 58–64 HRC.

Снимки микроструктуры троостита в сердцевине плоского образца (рисунок 2б) также свидетельствуют о его дисперсности. Твёрдость сердцевины находится в пределах 28–42 HRC. Придание такого дисперсного структурного строения деталей является основой повышения их конструкционной прочности и износостойкости [10].

Твёрдый поверхностный слой и вязкая сердцевина упрочненных импульсной закалкой деталей обеспечивают высокий уровень прочности 2100–2300 МПа и ударной вязкости 0,6–1,25 МДж/м².

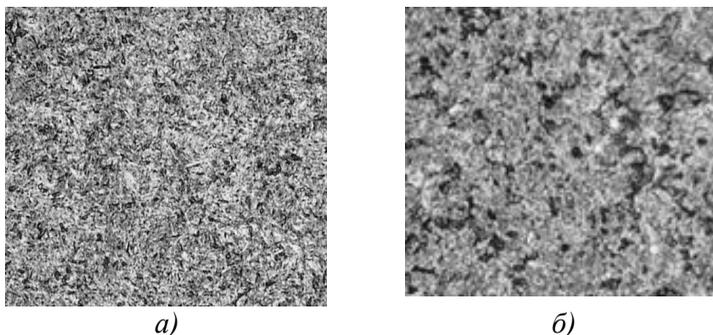


Рисунок 2 – Микроструктура $\times 200$ упрочненного слоя (а) и сердцевины (б)

Импульсной закалкой деталей, изготовленных из нелегированных конструкционных сталей, достигается их мелкозернистое структурное строение, высокий уровень значений твердости, ударной вязкости и прочности, сопоставимые с аналогичными показателями деталей импортного производства, изготовленными из боросодержащих мало- и среднеуглеродистых легированных сталей. Наличие такой структуры и механических свойств является предпочтительным для деталей, работающих в условиях ударно-абразивного изнашивания.

Анализ материалов и технологий, применяемых для изготовления долот и лемехов плугов показал, что освоение в производственных условиях технологии импульсной закалки для упрочнения этих деталей, изготовленных из среднеуглеродистых сталей, позволит обеспечивать сельхозпроизводителей изделиями собственного производства, по техническому уровню не уступающими лучшим мировым аналогам.

Список использованных источников

1. Повышение работоспособности деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин/И.Н. Шило [и др.] – Минск: БГАТУ, 2010. – 320 с.
2. Машиностроение: Энциклопедия: в 40т./т.IV-16; Сельскохозяйственные машины и оборудование./ Ред. – сост. И.П. Каневич; отв. ред. М.М. Фирсов. – М. : Машиностроение, 2002. – 720 с.
3. Инновационные технологии упрочнения деталей сельскохозяйственной техники/Н.В. Казаровец, Г.Ф. Бетенья, Г.И. Анискович, А.И. Гордиенко, В.С. Голубев, А.Н. Давидович//Сборник докладов 12 МНТК 10–12 сентября 2012 г., Углич. – М.: Известия, 2012. – С. 219–228.
4. Рыбин В.В., Малышевский В.А., Хлусова Е.И. Технологии создания конструкционных наноструктурированных сталей //МИТОМ, 2009, №6 (643), С. 3–7.
5. Bulk nanocrystalline steel // Ironmaking and steelmaking. – 2005. – V. 32 – p. 405–410.
6. Лякишев Н.П., Алымов М.И. Наноматериалы конструкционного назначения //Российские нанотехнологии, 2006, Т. 1, № 1–2, С. 71–81.
7. 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.
8. Бетенья, Г.Ф. Опыт упрочнения деталей из сталей пониженной прокаливаемости импульсным закалочным охлаждением жидкостью / Г.Ф. Бетенья, Г.И.Анискович //Вестник БарГУ/ – 2013, вып. 1 – С. 152–159.
9. ГОСТ 8233-56. Сталь. Эталоны микроструктуры [Текст. – введ. 1957-07.01.- М.: Изд-во стандартов. 1960. – 4 с].
10. Арзамасов, Б.Н. Материаловедение: учебник для вузов /Арзамасов, Б.Н и др. – Изд. 8-е – Москва: Изд-во МГТУ, 2008. – 648 с.