

ДИНАМИЧЕСКОЕ УПРОЧНЕНИЕ СТАЛИ 60ПП ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Андрушевич А.А., к.т.н. доцент, Васильев А.В., Кодолич А.А., магистрант
*Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

Почвообрабатывающие элементы (ПОЭ) рабочих органов (РО) сельскохозяйственной техники: лемеха, долота, лапы культиваторов, доски полевые и другие эксплуатируются в различных абразивных средах – почвах с постоянными ударными нагрузками (камни) и химическим воздействием внешних факторов. Они относятся к быстро изнашивающимся деталям. Основной причиной выхода их из строя являются низкая прочность и вязкость сталей, используемых для изготовления. Наиболее существенен износ режущей части, который в основном зависит от твердости поверхностных слоёв. С ростом твёрдости износостойкость повышается, а для повышения работоспособности и предотвращения разрушения рабочих органов сердцевина изделий (несущая и крепёжная части) должна иметь достаточную ударную вязкость и предел прочности [1, 2].

Из-за сравнительно низкого ресурса и работоспособности почвообрабатывающих элементов плугов, например, лемехов из этой стали, не превышающего в среднем 20 га, в машиностроении применяются самые различные способы их упрочнения, для которых характерно либо использование дефицитных легирующих элементов, либо энергозатратные технологии поверхностного упрочнения [2].

Традиционно оптимальное сочетание высокой твёрдости и износостойкости режущей зоны при сохранении вязкой и прочной сердцевины достигается благодаря применению объёмно-поверхностной закалки и использованию для изготовления РО сталей пониженной прокаливаемости [2]. Однако данная технология не всегда обеспечивает комплекс механических и эксплуатационных свойств изделий.

Перспективными направлениями в области разработки новых процессов упрочнения РО является создание комбинированных методов их обработки. В технологиях динамического (импульсного) упрочнения введение в дополнение к процессу воздействия ударной волной специальной термической обработки улучшает целый комплекс технологических и механических свойств обрабатываемых материалов [3]. Особенностью комбинированных методов обработки, разделённых во времени и пространстве, является их существенное отличие по эффективности воздействия по сравнению с методами, соответствующими сочетанию процессов.

В работе исследовали динамическое упрочнение стали 60ПП (ТУ 14-1-1926-76 РФ) при импульсной обработке непосредственно ударной волной и в режиме сверхглубокого проникновения (СГП) потоком порошковых частиц с последующей термической обработкой для изготовления рабочих органов ПОЭ. Спецификой импульсной обработки является достижение высоких давлений в обрабатываемом материале в диапазоне малых временных интервалов, менее 0,1 с. В основу импульсной обработки порошковым материалом положено использование эффекта сверхглубокого проникновения потока дисперсных частиц в металлические преграды [3].

Для проведения исследований выбраны лемеха, изготовленные на Минском заводе шестерен из стали 60ПП по принятой на предприятии технологии (вырубка, ковка, механическая обработка), после предварительной термообработки – отжига.

Режущие части лемеха подвергались следующим видам упрочнения: Серия 1.-термическая обработка - ТО (закалка + низкий отпуск); Серия 2.-импульсная (ударно – вол-

новая) обработка + термическая обработка - (ИО + ТО); Серия 3.-импульсная обработка с СГП + термическая обработка - (ИО с СГП + ТО).

Термическая обработка проводилась при следующих технологических параметрах:
-температура нагрева под закалку 830 - 850°C; закалочная среда – вода;
-температура отпуска 180 - 200°C; время отпуска – 2 часа;

Импульсная обработка в режиме СГП проводилась с однократным нагружением порошком карбида кремния SiC с размерами частиц 10 – 50 мкм с использованием взрывного ускорителя [3]. Наибольший интерес с точки зрения легирования и упрочнения металлических сплавов представлял поток микрочастиц заданного состава и размеров в виде направленной высокоскоростной струи. Параметры этих процессов были таковы, чтобы происходило образование и сохранение в поверхностных обработанных слоях стального изделия наноструктурированных зон. Разгон порошкового вещества осуществлялся за счёт энергии сгорания бризантных взрывчатых веществ. В качестве взрывчатого вещества использовался аммонит бЖВ, с расходом на одну обработку 0,2 кг при расстоянии до образцов 90 мм. Фоновое давление ударной волны составляло порядка 10 ГПа, время воздействия не более 300мкс.

Из режущих частей обработанных лемехов, в соответствии с изучаемыми методами упрочняющей обработки, изготовлены три серии одинаковых по величине и массе образцов (для последующего испытания на износ). Образцы имели вид пластин шириной 30мм, длиной 50мм и толщиной 6мм, с допусками на размер по 7 классу точности по ГОСТ 10356-63 и шероховатостью рабочей поверхности не менее 7-го класса по ГОСТ 2789-73. Каждый образец подвергался механической обработке (шлифовке, притирке), а затем взвешиванию на электронных весах ВЛКР - 200, с точностью до $5 \cdot 10^{-6}$ кг.

Эталонные образцы изготавливали из горячекатанной стали 45 в отожженном состоянии с твердостью 190 - 200НВ.

Микроструктура режущей части лемеха из стали 60ПП после комплексной обработки – динамическое упрочнение с внедрением частиц (СГП) и термическая обработка приведена на рисунке 1.

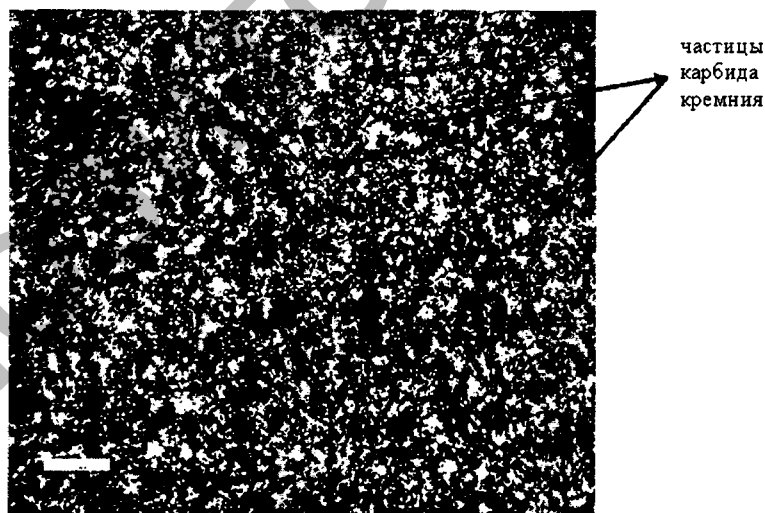


Рисунок 1 – Микроструктура стали 60ПП на глубине 1 мм после импульсной обработки с внедрением дисперсных частиц карбида кремния и термической обработки (закалка и низкий отпуск), х 400

На фоне преобладающей мартенситной структуры в поверхностных слоях образца отчетливо видны армирующие частицы карбида кремния, упрочняющие металлическую матрицу.

Для определения качества проведенной обработки на каждом образце измерялась твердость методом Роквелла и микротвердость на приборе ПМТ-3 на глубину до 6,0мм, проводились испытания на износ.

Твердость стальных образцов при использовании импульсной обработки после термической обработки возросла на 5 - 7 единиц и составила 63 - 68 HRC.

Результаты определения микротвердости приведены на рисунке 2. Анализ распределения её по сечению образцов режущей части лемеха после различных видов упрочняющей обработки показал, что наибольшая твердость достигается в поверхностных слоях (0,5 – 2,5 мм) комплексной импульсно-термической обработкой независимо от наличия порошковых частиц, минимальная твердость - после традиционной термической обработки.

На глубине более 5,0мм значения микротвёрдости упрочнённых стальных образцов при различных методах обработки не отличались от микротвердости стали 60ПП в исходном не термообработанном состоянии (2,5 - 3,0 ГПа).

Испытания на износ осуществляли методом относительного сравнения при испытаниях в абразивной среде на испытательной установке МТ-1 [2]. При одинаковых условиях производили трение образцов исследуемого и эталонного материалов об абразивные частицы, подаваемые в зону трения и прижимаемые к образцу вращающимся резиновым роликом.

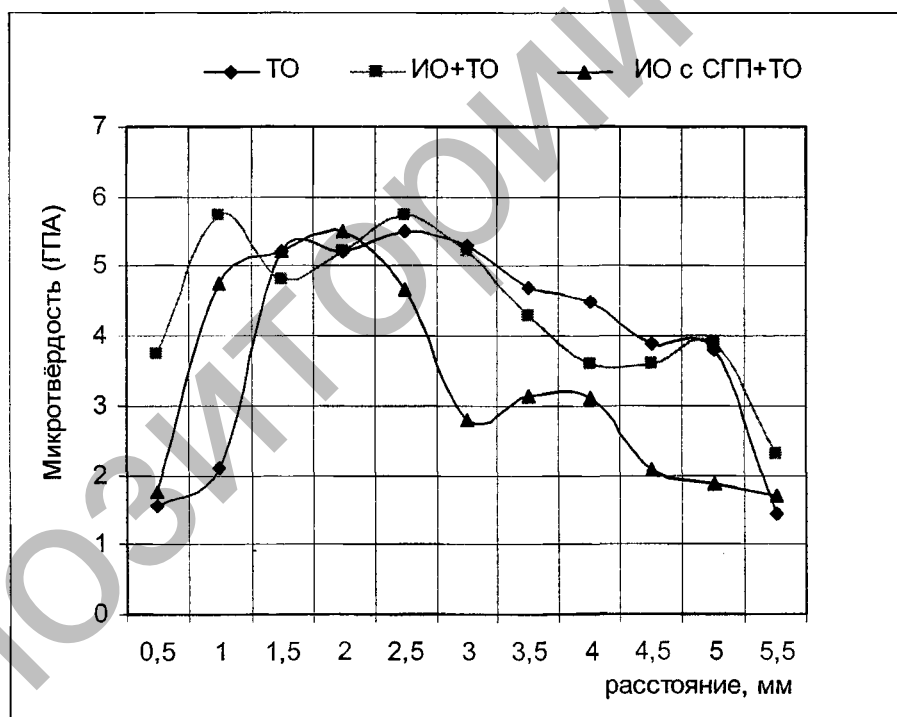


Рисунок 2 – Изменение микротвёрдости стали 60ПП по глубине лемеха в зависимости от метода упрочняющей обработки

В качестве абразивного материала использовался электрокорунд зернистостью № 16-II по ГОСТ 3647-71 с относительным содержанием влаги не более 0,15%. Характер износа по виду изношенной поверхности изменялся в зависимости от вида упрочняющей обработки лемехов.

После обычной термической обработки изношенная поверхность представляет собой ярковыраженные полосы, расположенные в одном направлении. Импульсная и термическая

обработка приводит к изменению поверхности износа с образованием сетки продольно - поперечных полос.

Импульсная обработка в сочетании с СГП и последующей термической обработкой, существенно изменяют характер износа. Внедрение в поверхностные слои стали 60ПП ТУ 14-1-1926-76 РФ) частиц карбида кремния приводит к образованию бугристой поверхности износа, которая образуется в результате повышенной твердости внедрённых частиц.

Измеряли износ образцов испытываемой и эталонной стали по величине уменьшения массы. Износостойкость испытываемого материала оценивали путем сравнения его износа с износом эталонного образца (рисунок 3). Первая партия испытаний проводилась при исходной толщине образцов, равной 5мм, вторая партия – после снятия с поверхности 1мм для оценки влияния распределения твердости по сечению на износостойкость стали.

Из рисунков 2, 3 видно, что только термическая обработка не обеспечивает высокой микротвердости и сопротивление износу стали 60ПП как на поверхности, и особенно на глубине изделия. Наибольшая износостойкость в обоих случаях (поверхности и на глубине лемеха 1,0мм) достигается после импульсно-термической обработки (рисунок 3). Применение импульсной обработки с СГП позволяет управлять распределением твердости в поверхностных слоях образцов и существенно изменять как вид износа, так и износостойкость стали.

Проведенные испытания показали, что стандартная закалка + отпуск не приводит к высокой твердости и износостойкости, дополнительная импульсная обработка (ударно-волновая обработка или обработка с СГП) обеспечивает существенное уменьшение величины износа образцов углеродистой стали - в 3-4 раза.

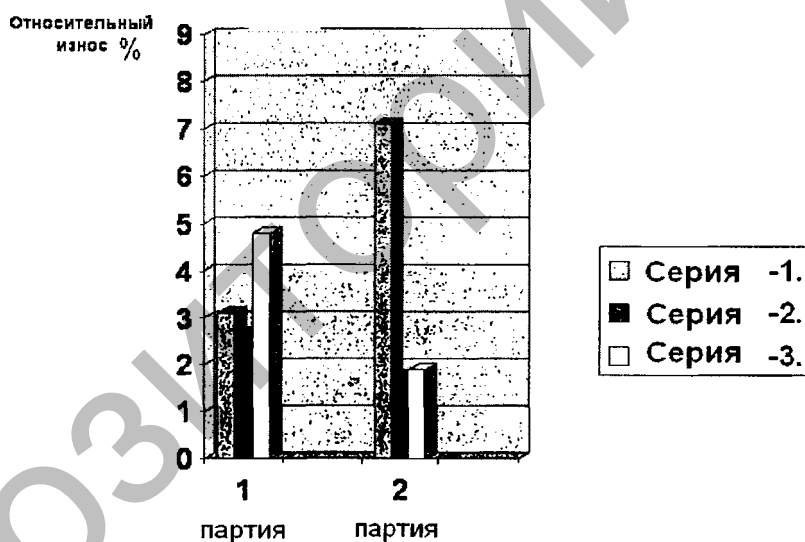


Рисунок 3 – Влияние видов импульсно-термической обработки на износ стали 60ПП

В результате проведенных исследований разработан технологический процесс и усовершенствована конструкция лемеха плуга [4]. В лемехе, выполненном из углеродистой конструкционной стали, рабочая часть подвергалась импульсной обработке порошковым составом, содержащим ультрадисперсный материал. Размер обработанного поверхностного слоя составляет 10-50 % толщины рабочей части лемеха. Порошковый состав содержит 95-99 % карбида кремния, 1-5 % наноуглеродного материала.

Проведенный анализ показывает, что сочетание предварительной импульсной обработки с эффектом СГП, а затем закалки и отпуска для стали пониженной прокаливаемости

позволил сформировать градиентную структуру режущей части лемеха с возможным его самозатачиванием в процессе эксплуатации.

Правильный выбор режимов по динамическому упрочнению режущей части РО, например, лемехов, при их изготовлении дает возможность получить значительный результат, как в экономическом, так и эксплуатационном плане вследствие повышения износостойкости поверхностей при сохранении пластических свойств сердцевины стального изделия.

Проведенные исследования показали, что традиционная термическая обработка – закалка и отпуск не обеспечивают достаточно высокой твердости и износостойкости углеродистых сталей пониженной прокаливаемости. Комбинированный способ динамического упрочнения конструкционной стали 60ПП в дополнении к термической обработке, позволяет существенно увеличить ее износостойкость (в 3-4 раза) с изменением структуры поверхностных слоёв.

Обоснованный выбор углеродистых конструкционных сталей пониженной прокаливаемости и режимов их упрочнения при изготовлении рабочих органов ПОЭ сельскохозяйственной техники позволяет значительно повысить износостойкость и эксплуатационный ресурс таких изделий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Некрасов С.С., Приходько И.Л., Баграмов Л.Г. Технология сельскохозяйственного машиностроения. – М.: КолосС, 2004. – 360с.
2. Бетень Г.Ф. Восстановление и упрочнение почворезущих элементов диффузионным напороживанием износостойкими сплавами. – Мн.: БГАТУ, 2003. – 188 с.
3. Динамическая перестройка структуры металлов. Кол. монография под ред. С.М. Ушеренко. – Мн.: НИИИП с ОП, 2000. – 183 с.
4. Патент РБ на полезную модель «Рабочий орган почвообрабатывающих машин», № 20060760 от 18.01.2007 г.

Аннотация

Динамическое упрочнение стали 60пп для изготовления почвообрабатывающих элементов

Обоснованный выбор углеродистых конструкционных сталей пониженной прокаливаемости и режимов их упрочнения при изготовлении рабочих органов ПОЭ сельскохозяйственной техники позволяет значительно повысить износостойкость и эксплуатационный ресурс таких изделий.

Abstract

Dynamic hardening of steel 60pp for the manufacture of tillage

Informed choice of carbon structural steels reduced prokalivaemosti and their modes of hardening in the manufacture of working parts of agricultural machinery makes it possible to significantly improve the durability and service life of such products.