

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН

В.М. Константинов, Г.А. Ткаченко

УО «Белорусский национальный технический университет», Минск

Характерными примерами основных рабочих органов почвообрабатывающих машин являются долота, лемеха, отвалы, полевые доски плугов. Рабочие органы наиболее существенно влияют на качество процесса обработки почвы, а также определяют надежность и долговечность работы почвообрабатывающей машины.

В процессе эксплуатации детали корпусов плугов подвергаются интенсивному воздействию абразивных частиц почвы, ударных нагрузок и окружающей среды. Поэтому при выборе материала рабочего органа необходимо учитывать следующие основные факторы: прочность, пластические свойства, износостойкость, а также коррозионную стойкость.

В настоящее время для изготовления рабочих органов плугов применяется конструкционная сталь марки 65Г. Из этого материала изготавливают полевые доски, лемеха, отвалы, груди отвала, долота. Для повышения износостойкости применяют термическую обработку, которая состоит из объемной закалки и среднего отпуска; при этом твердость детали получается в пределах 450 – 510 НВ.

Зарубежные производители, т.к. «KVERNELAND» (Норвегия), «RA-BEWERK» и «LEMKEN» (Германия), «HUARD» (Франция), «OVERUM» (Швеция), «PARAPLAW» (Англия), «РАВА» (Венгрия) выпускают рабочие органы плугов из прочных легированных сталей, имеющих временное сопротивление 1600 – 2000 МПа, а твердость на поверхности рабочего органа достигает 580 – 660 НВ.

Фирма KVERNELAND использует для своих деталей сталь, аналог нашей стали 40Г. Как показал металлографический анализ деталей, ее структура по сечению представляет собой мелкодисперсный игольчатый мартенсит с небольшим количеством остаточного аустенита и твердостью на поверхности и в сердцевине деталей порядка 520 – 660 НВ, при этом размер зерна составляет 8 – 10 баллов. Можно предположить, что детали подвергались термической обработке, заключающейся в объемной закалке и низком отпуске. Полученная структура придаст необходимый уровень износостойкости, а мелкое зерно детали обеспечивает ударную вязкость.

Продукция под торговой маркой KVERNELAND в зависимости от почвенно-климатических условий эксплуатации имеет следующую примерную наработку деталей до достижения предельного состояния: плужный лемех – от 8 до 34 га, накладное долото – от 4 до 20 га, полевая доска и грудь отвала – от 19 до 80 га, отвал плуга – от 100 до 420 га [1]. Меньшие из этих значений соответствуют условиям вспашки песчаных почв, большие – условиям вспашки суглинистых и глинистых почв. Отечественные детали корпусов плугов имеют ресурс наработки в 1,5 – 2,0 раза меньше западных аналогов.

Для повышения надежности и эксплуатационных характеристик деталей корпусов плугов, выпускаемых предприятиями Республики Беларусь, необходимы решения, для реализации которых не требуется замены используемых материалов, оборудования на предприятиях. Поэтому был проведен анализ возможности применения химико-термической обработки для упрочнения режущих элементов плугов, в частности долот.

Долото – это рабочая часть корпуса плуга, которая служит для подрезания пласта почвы, подъема его и направления на отвал. В основном детали получают методом штамповки из листового металла, а затем подвергают традиционному способу термической обработки.

Как правило, рабочий орган почвообрабатывающих машин из углеродистой конструкционной стали, подвергнутой термической обработке, имеет небольшой ресурс эксплуатации в полевых условиях из-за следующих недостатков:

– детали после закалки и среднего отпуска имеют твердость 450 – 510 HV на поверхности и в сердцевине с микроструктурой троостита, которая не обеспечивает достаточной износостойкости при эксплуатации рабочего органа. Однако такая структура является оптимальной для придания детали высокой ударной вязкости;

– детали, подвергнутые закалке и низкому отпуску, имеют твердость на поверхности и в сердцевине 550 – 660 HV со структурой мартенсита отпуска и остаточного аустенита. Такая структура является оптимальной для работы в жестких абразивных условиях, однако обладает малой ударной вязкостью и сильный удар о камень приводит к хрупкому разрушению рабочего органа по крепежным отверстиям, которые являются концентраторами напряжений.

Для повышения ресурса эксплуатации долот необходимо решить задачу повышения твердости поверхности режущей части, сохранения ударной вязкости сердцевины и устранения хрупкого разрушения по крепеж-

ным отверстиям. Поэтому долота были подвергнуты совместному диффузионному насыщению углеродом и азотом с последующей термической обработкой, что позволяет изменить однородную (гомогенную) структуру закаленной стали на неоднородную (макротетерогенную) структуру поверхности, сердцевине рабочего органа придав высокую твердость, механическую прочность. Высокая поверхностная твердость (900 – 1100 HV) рабочей части органа, достигаемая за счет легирования, обеспечивает меньшее внедрение и резание поверхности абразивными частицами почвы, значение твердости которых сопоставимо с твердостью поверхности рабочей части (900 – 1500 HV).

Рабочая часть органа состоит из двух износостойких слоев с разными характеристиками:

- поверхностный слой - имеет износостойкую структуру легированного азотом мартенсита отпуска и остаточного аустенита толщиной 0,7 – 1,0 мм с твердостью 900 – 1100 HV;
- сердцевина – с износостойкой структурой мартенсита отпуска и остаточного аустенита с твердостью 550 – 660 HV.

Крепежная часть рабочего органа состоит из следующих структурных составляющих:

- поверхностный слой – имеет легированную азотом троостомартенситную структуру отпуска с твердостью 330 – 510 HV;
- сердцевина – представляет собой трооститную и сорбитную структуры с твердостью 330 – 460 HV.

Таким образом, сформированная макротетерогенная структура обеспечивает высокую износостойкость и прочность рабочей части органа, а крепежной части рабочего органа придает высокую ударную вязкость, что позволяет устранять хрупкое разрушение рабочего органа в процессе эксплуатации по крепежным отверстиям. Характеристики деталей с сечением 12 мм представлены в табл. 1.

Таблица 1

Структура долота по сечению

Стали	Обработка	Микроструктура рабочего органа	Слой, мм	Твердость, HV
Углеродистая конструкционная (65Г, 40Х и др.)	Диффузионное легирование и термическая обработка	Легированный азотом мартенсит отпуска + остаточный аустенит	1,0	900 – 1100
		Мартенсит отпуска + остаточный аустенит	10	550 – 660

Для определения эффективности примененной технологии упрочнения были проведены сравнительные испытания серийно выпускаемых деталей из стали 65Г, упрочненных по схеме «закалка и средний отпуск», а также с серийно выпускаемыми деталями фирмы KVERNELAND с деталями из стали 65Г после ХТО и ТО. Детали до испытаний были обмерены, а ресурс эксплуатации определяли по изменению геометрических размеров.

Испытания проводились с использованием 8-корпусного плуга в двух агрокомбинатах (СПК «Валевачи», СПК «Петровичи») на различных типах почв – дерново-подзолистые, средний суглинок, супесчаные, с твердостью почвы 4,2 – 8,2 МПа и засоренностью камнями 1,4 – 2,0 шт./м².

В ходе полевых испытаний было впахано 380 га, что составило наработку на оборотное долото по 47,5 га, изменение линейных размеров деталей – табл. 2.

Таблица 2

Изменение линейных размеров деталей

Деталь	Средний износ, мм		Нарботка, га
	Длина	Толщина	
Серийно выпускаемое	78,4	5,7	380
Серийно выпускаемое после ХТО и ТО	46	4,1	
KVERNELAND	62,2	6,2	

Также в ходе полевых испытаний было установлено, что при работе деталей в сухой почве износ происходит в основном по длине детали, а во влажной почве процесс изнашивания меняется, и долото интенсивнее стирается по толщине, рис. 1.

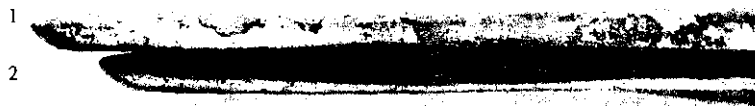


Рис. 1. Изменение геометрических параметров детали после эксплуатации во влажной почве:
1 – сталь 65Г после ХТО и ТО; 2 – KVERNELAND

Как показали полевые испытания, технология упрочнения долот, связанная с ХТО с последующей термической обработкой, позволила повысить ресурс эксплуатации долота и снизить износ детали в 1,3 – 1,7 раз на различных типах почв с различной влажностью.

Таким образом, удалось за счет сформированной макрогетерогенной структуры получить рабочий орган, обладающий более высокими показателями эксплуатационных характеристик на любых типах почв, так как в нем сочетается высокая износостойкость рабочей части и отсутствие хрупкого разрушения тела по крепежным отверстиям. Это значительно отличает его от известных рабочих органов почвообрабатывающих машин.

Литература

1. Checklist zur Mengenermittlung für den Bedarf an Original Kverneland Ersatzteilen [Electronic resource]: Products & Distribution. – Kverneland. – Mode access: <http://www.kvernelandgroup.com>.

УДК 621.7

О ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЯХ ЭЛЕКТРОХИМИКОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

В.М. Константинов, Г.А. Ткаченко, Б.Б. Хина

Белорусский национальный технический университет, Минск

Введение. Химико-термическая обработка (ХТО) является одним из наиболее эффективных методов повышения прочности и износостойкости поверхности деталей за счет изменения ее химического состава и структуры. Наиболее распространенным процессом ХТО остается цементация. Цементацию в твердом карбюризаторе, состоящем из древесного угля и активатора, проводят в стальных контейнерах под плавким затвором. Для газовой цементации в серийном производстве широко применяют электрическую шахтную печь Ц105, а в качестве среды используют природный газ (CH_4) и эндогаз, состоящий из CO , H_2 и N_2 . Оба процесса ХТО проводят при 900 – 950 °С в течение 5 – 10 ч для получения науглероженного диффузионного слоя толщиной 0,5 – 1,2 мм с концентрацией углерода на поверхности до 1,2 – 1,5 % масс.

Недостатком обоих методов является длительная энергозатратная выдержка при высокой температуре для получения необходимой толщины диффузионного слоя, а также отсутствие возможности локального упрочнения. Для понижения энергоемкости необходимо: а) снижать расход электроэнергии; б) уменьшать расход газа; в) использовать и развивать известные способы интенсификации процессов ХТО.

В качестве альтернативы можно использовать высокоскоростное диффузионное насыщения поверхности сталей из порошков, газовой или