

роскопе в отраженном свете, т.к. проходящий свет полностью блокируется частицами.

Частицы высоколегированной стали находятся на предметном стекле в виде цепочек и имеют серо-белый цвет как до, так и после термообработки. В отличие от белых цветных металлов частицы высоколегированных сталей образуют цепочки.

Частицы низколегированной стали также находятся в цепочках и выглядят серо-белыми до термообработки. После термообработки такие частицы становятся синими, а также могут приобретать розовый и красный цвет.

Частицы темных оксидов железа осаждаются цепочками и имеют цвет от темно-серого до черного как до, так и после термообработки. Оттенок темноты указывает на степень окисления.

Частицы чугуна выглядят серыми до термообработки и соломенно-желтыми после термообработки. Они объединены в цепочки среди других ферромагнитных частиц.

Частицы красных оксидов (ржавчины) хорошо идентифицируются в поляризованном свете. Такие частицы располагаются в цепочках с другими частицами или случайным образом осаждаются на поверхности предметного стекла. Большое количество мелких частиц красных оксидов на выходе феррограммы обычно считается признаком коррозионного износа.

Таким образом, оптическая микроскопия позволяет проводить анализ размеров, формы, количества и природы продуктов износа, содержащихся в моторном масле, что в конечном итоге позволяет получать своевременную информацию о техническом состоянии механизма и при необходимости провести своевременный ремонт и замену отдельных деталей, тем самым предотвращая выход механизма из строя.

Список литературы

1. Byrne, B. Ferrography presentation – case study / B. Byrne // Slideshare [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: <https://www.slideshare.net/BrianByrne/ferrography-presentation-case-study>.
2. Westcott, V.C.: Ferrography Oil and Grease Analysis as Applied to Earth Moving Machinery. – SAE Preprint 7050555. – 1978.

УДК 631.312.024/.028

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ В КОНСТРУКЦИЯХ ПЛУГОВ

*Сапач Сергей Николаевич, студент-бакалавр
Русакович Александр Николаевич, студент-бакалавр
Колоско Дина Николаевна, науч. рук., к.т.н., доцент
УО БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь*

Аннотация: в статье рассмотрены теоретические предпосылки применения предохранительных устройств; типы и принципы их действия; материалы для изготовления основных элементов, необходимые требования и особенности легирования, термообработки и изготовления.

Ключевые слова: динамический коэффициент, жесткость конструкции, срезные болты, гидроневматические предохранители, рессорные предохранители, пружинные демпфирующие устройства

Большая часть расчетов в учебных дисциплинах производится для случая статического нагружения деталей машин и элементов конструкций. При эксплуатации сельскохозяйственной техники чаще возникают динамические нагрузки, которые быстро изменяют величину или направление. Силы инерции при динамических нагрузках велики, их необходимо учитывать при расчетах на прочность и жесткость. Применение учитывающего силы инерции принципа Даламбера позволяет записать условие прочности при динамических нагрузках в виде:

$$\sigma_g = \sigma_{cm} \cdot k_g \leq [\sigma], \quad (1)$$

где σ_g – динамические напряжения; σ_{cm} – статические напряжения;

k_g – динамический коэффициент (коэффициент динамичности);

$[\sigma]$ – допускаемые нормальные напряжения.

Одним из видов динамических нагрузок являются ударные нагрузки, при которых происходит резкое изменение скоростей соприкоснувшихся тел. Формулы определения динамического коэффициента при вертикальном ударе:

$$k_g = 1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\Delta_{cm}}}; \quad k_g = 1 + \sqrt{1 + \frac{v^2}{g \cdot \Delta_{cm}}}, \quad (2)$$

при горизонтальном ударе:

$$k_g = \frac{v}{\sqrt{g \Delta_{cm}}}, \quad (3)$$

где $2h$ – высота падения груза;

v – скорость в момент соприкосновения груза с конструкцией

Δ_{cm} – перемещение в месте падения груза при его статическом приложении, определяемое в зависимости от вида деформации.

Из формул (2) и (3) следует, что чем больше Δ_{cm} , тем меньше динамический коэффициент и возникающие напряжения. Для уменьшения напряжений следует уменьшать жесткость воспринимающей удар конструкции (увеличивать податливость системы) применением различных предохранительных и амортизирующих устройств.

Особенностями процессов обработки почвы в растениеводстве агропромышленного комплекса Республики Беларусь являются наличие на поверхности и в пахотном горизонте большого количества мелких и крупных валунных камней, мелкоконтурность и неровность (холмистость) земельных участков. Перечисленные особенности предъявляют повышенные требования к качеству выполнения технологического процесса обработки почвы и надежности сельскохозяйственной техники.

Классическим примером ударной нагрузки в процессе почвообработки является наезд корпуса плуга на камень. В настоящее время в конструкции плугов для вспашки почв с наличием естественных природных камней в основном используются четыре типа предохранительных и амортизирующих устройств рабочих органов:

1) Срезные болты (болтовая защита).

Принцип действия такого предохранительного устройства состоит в том в том, что при резком увеличении нагрузки на стойку корпуса болт срезается (обламывается) в определенном месте, корпус плуга отклоняется и уходит от препятствия вверх.

Срез детали происходит под действием касательных напряжений τ , возникающих по расположенным под углом 45° к плоскости поперечного сечения площадкам сдвига. При этом возникает двухосное плоское напряженное состояние материала детали, и площадь поверхности среза примерно в 1,5 раза превышает площадь поперечного сечения.

Такие болты изготавливают из конструкционной углеродистой стали 45 или среднелегированной конструкционной стали 30ХГСА. Предел прочности на срез стали 45 равен $\tau_g = 350 - 450$ МПа, для стали 30ХГСА $\tau_g = 500 - 700$ МПа. Указанные интервалы изменения пределов прочности по касательным напряжением обусловлены температурным режимом и длительностью этапов термообработки сталей. Предварительная термообработка стали 45 – нормализация, облегчающая механическую обработку; после окончательной термообработки закалки «на воду» и низкотемпературного отпуска детали приобретают высокую прочность и износостойкость. Сталь 30ХГСА проходит улучшение – закалку с последующим высокотемпературным отпуском. Легирующие элементы придают ей дополнительные свойства: хром – прочность и устойчивость к коррозии; марганец – увеличивает сопротивление ударным нагрузкам и способствует износостойкости; кремний – увеличивает показатель ударной вязкости.

Пример плуга AgroMASZ польского производства с таким устройством показан на рисунке 1 [1].



Рис. 1. Плуг AgroMASZ со срезными болтами

2) Гидропневматические устройства.

Примером применения гидропневматических устройств являются плуги ПП-4А, ПП-5А и ПО-4А производства ОАО «Ремонтно-механический завод Великолукского района» Псковской области и плуг Juwel немецкой фирмы Lemken, представленный на рисунке 2 [2].



Рис. 2. Плуг Juwel с гидропневматической системой Hydromatic фирмы Lemken

Принцип действия таких устройств заключается в том, что при наезде на скрытое в почве препятствие корпус плуга поворачивается вместе с грядилем (продольной полосой рамы плуга для крепления рабочих органов), сжимая при этом предохранитель. Воздух внутри каждого предохранителя находится в замкнутом пространстве. При этом тяга перемещает шток гидроцилиндра, вытесняя жидкость в гидропневматический аккумулятор.

Гидропневматический аккумулятор представляет собой разделенный с помощью поршня на две части (газовую и масляную) цилиндрический сосуд, позволяющий накапливать энергию сжатого газа и передавать его в гидросистему потоком жидкости. После прохода препятствия, под воздействием сжатого в предохранителе воздуха рабочий орган вместе с грядилем возвращается в начальное положение.

3) Рессорные предохранители.

Особенность действия рессорного предохранителя состоит в том, что при невозможности выглубления корпуса плуга в вертикальной плоскости при встрече с препятствием больших размеров, происходит боковое смещение корпуса в горизонтальной плоскости. При этом рессора разгибается

(при смещении корпуса вправо) и изгибается (при смещении корпуса влево) и после объезда препятствия за счет стремящихся восстановить первоначальную жесткость листов сил внутренней деформации рессоры, корпус возвращается в исходное положение.

Примером плугов с рессорными предохранительными устройствами является плуг полунавесной ППН-8-30/50 производства РУП «МТЗ» Республики Беларусь, показанный на рисунке 3[3].



Рис. 3. Плуг ППН.8.30/50 РУП «МТЗ» с рессорными предохранительными устройствами

Изготавливаются листы рессор из рессорно-пружинных сталей, отличающихся повышенной пластичностью и высокой стойкостью к износу. Из таких сталей изготавливаются детали машин, испытывающие нагрузку, под действием которой происходит сильный изгиб или значительное скручивание. Специфика работы этих деталей не допускает остаточной деформации (разрушения), поэтому сталь должна иметь высокий модуль упругости. При прекращении нагрузки происходит восстановление первоначальной формы.

Для необходимых значений выносливости, упругости и релаксационной стойкости применяются стали с повышенным содержанием углерода – в пределах от 0,5 до 0,7 %, например 65Г, 50 ХГ и 50ХГФА. Термическая обработка рессор из стали 50ХГФА состоит из закалки при температуре 600-850°С и выдержки из расчета 1,2-1,5 мин на 1мм сечения. После нагрева листы поступают в гибочно-закалочную машину для процессов гибки и закали с охлаждением в циркулирующем масле с температурой 40-60 °С.

После закалки рессорные листы укладываются на ребро в отпускной печи и подвергаются отпуску при температуре 550-600°С, далее выполняется охлаждение в баке с водой. Термически обработанные рессорные листы подвергают дробеструйной обработке, значительно повышающей предел выносливости.

4) Пружинные демпфирующие устройства.

Принцип действия пружинных устройств состоит в том, что при наезде корпуса плуга на препятствие усилие передается через стойку на

шарнирно закрепленный рычаг, передающий усилие на вилку с сжимающимися пружинами. Далее при заглублении корпуса, шарнирно закрепленный рычаг упирается в стопор, и тем самым предотвращает проворачивание рычага в обратную сторону.

Технологический процесс изготовления пружин заключается в том, что проволоку из сталей 45, 65Г подвергают нормализации и холодному волочению. Из проволоки навивкой изготавливают пружины и нагревают их до 280-300 °С с выдержкой 20-40 минут. При этом происходит процесс, называемый деформационным старением, в результате которого получается необходимое упрочнение проволоки.

В качестве примера применения пружинных предохранительных устройств можно привести оборотный плуг EurOral 110 фирмы Lemken (рисунок 4) [4].



Рис. 4. Плуг оборотный EurOral 110 фирмы Lemken с пружинными предохранительными устройствами

Выбор предохранительных устройств в конструкциях плугов зависит от условий их эксплуатации. Применение плугов со срезными болтами на вспашке почв с большим наличием в пахотном горизонте естественных природных камней недостаточно эффективно. В процессе испытаний плугов при незначительной наработке отмечалось большое количество отказов по изгибу и излому пластин кронштейнов крепления корпусов по отверстиям установки предохранительных болтов [5]. Следовательно, применение в конструкции срезных болтов желательно использовать на плугах общего назначения в качестве аварийной защиты рабочих органов.

Изготавливаемый фирмой Lemken плуг Juwel в базовой комплектации оснащен двух-срезной болтовой защитой, дополнительный болт на срез защищает от повреждений при невозможности подъема после зацепления корпуса за плиты или корни. В версии T Juwel плуг дополнительно оснащен гидропневматической системой защиты от препятствий Hydromatic.

Применение в конструкции плугов для вспашки почв с наличием естественных природных камней гидропневматических, пружинных и рессорных предохранителей и их сочетание с предохранительным устрой-

ством со срезными болтами в настоящее время является достаточно эффективным в процессе эксплуатации и обеспечивает защиту рабочих органов от повреждений и отказов.

Список литературы

1. Каталог компании AgroMASZ. PZ Плуг загонный (однобалочный) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agro-masz.pro/catalog/plugi/pz>.
2. Навесной оборотный плуг Juwel [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.promintel-agro.ru/images/Lemken/Juwel/Juwel_ru.pdf.
3. Каталог продукции холдинга ООО «Торговый Дом МТЗ-Северо-Запад» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tdmtzsz.ru/modules/publisher/item.php?itemid=57>
4. Навесной плуг Lemken EurOpal 110 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://luck.flagma.ua/uk/oborotny-plug-lemken-4-h-korpusny-rama-110-o8555309.html>.
5. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Северо-западная государственная зональная машиноиспытательная станция»/ Обзор результатов испытаний и особенностей конструкции плугов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agrovesti.net/lib/tech/machinery-and-equipment/obzor-rezultatov-ispytaniy-i-osobennostej-konstruktsii-plugov.html>.

УДК 631.243.42

РЕЗУЛЬТАТЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ И СОРТИРОВКИ ВОРОХА КАРТОФЕЛЯ ВИБРАЦИОННЫМИ РОТОРАМИ

*Слизков Андрей Михайлович, студент-магистрант
Кузнецов Николай Николаевич, науч. рук., к.т.н., доцент
ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА, г. Вологда-Молочное, Россия*

Аннотация: в статье представлены результаты имитационного моделирования процесса очистки и сортировки вороха картофеля вибрационными роторами. В результате исследований получены уравнения регрессии по производительности ворохоочистителя на очистке картофеля коэффициенты при парных взаимодействиях.

Ключевые слова: картофель, очистка, сортировка, ворох, вибрация, ротор, моделирование

Целью теоретических исследований является проверка установленных теоретических предпосылок и обоснование рациональных параметров технологического процесса очистки и сортировки вороха картофеля на ла-