

2. Приказ Минтруда РФ от 28.12.2021 №926. «Об утверждении рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков» // СПС «Консультант Плюс»

3. Бензиномоторные пилы. Устройство и эксплуатация. Учебник / под ред. И.В. Григорьева – СПб. : Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений, 2017 – 206 с.

4. Машинная заготовка древесины по скандинавской технологии. Учебное пособие / под ред. И. В. Григорьева. — СПб.: Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений, 2019. – 192 с.

5. Приказ Минтруда России от 23.09.2020 №644н «Об утверждении Правил по охране труда в лесозаготовительном, деревообрабатывающем производствах и при выполнении лесохозяйственных работ».

УДК 621.85:630*37

В.И. Кретинин, А.В. Теппоев

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова»

ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ КРОМКИ ЛЕЗВИЙ ПОЧВОРЕЖУЩИХ ДЕТАЛЕЙ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Введение. Одним из основных факторов, определяющих стойкость лезвийных рабочих органов против повреждения в условиях динамических нагрузок, что характерно для почвообрабатывающих орудий лесного хозяйства, является их сопротивляемость пластическому смятию, хрупкому или усталостному разрушению. Твердые сплавы, которыми упрочняют лезвия почвообрабатывающих деталей, являются более хрупкими материалами, чем стали, поэтому затупление их кромок обусловлено образованием трещин, постепенным их ростом или выкрашиванием даже от возможного единичного удара твердого включения в почве.

В работах [1–4] отмечается, что сопротивление кромочному выкрашиванию зависит от ударной вязкости твердого сплава. Чем выше ударная вязкость, тем выше стойкость кромок лезвий. Установлено [5], что склонность к хрупкому разрушению лезвия определяется наличием в прикромочных зонах различных концентраторов напряжений, в первую очередь, микротрещин. Наряду с обычным хрупким

разрушением твердых сплавов в условиях циклических ударных воздействий происходит также разрушение усталостного характера.

Цель исследования. Выявить закономерность разрушения кромки лезвия почворежущих деталей лесохозяйственных машин и теоретически обосновать алгоритм оценки прочности с целью определения рациональной толщины износостойкого покрытия при упрочнении.

Материалы и методы. Изменения профиля в процессе изнашивания обусловлено характером, величиной износа и объемом разрушения режущей кромки в результате силового воздействия на нее обрабатываемого материала. Давление почвы на лезвие носит динамический характер и его можно рассматривать как непрерывные удары частиц почвы и каменистых включений, обусловленные инерцией деформированного пласта. Число и энергия ударов зависит от гранулометрического состава и состояния почвы.

На основе анализа изношенных лезвий определены основные закономерности влияния свойств материала и геометрических параметров лезвия на радиус закругления (рисунок 1).

$$r = l_{\Pi} \cdot \frac{\sin i/2}{1 - \sin i/2}, \quad (1)$$

где l_{Π} – длина обламывания,

$$l_{\Pi} = \frac{3}{2} \cdot \frac{P_{из}}{b \cdot \sigma_{и} \cdot \operatorname{tg} i/2}, \quad (2)$$

где $P_{из}$ – изгибающая сила, $\sigma_{и}$ – напряжение на изгиб, i – угол заострения, b – ширина обламываемой кромки.

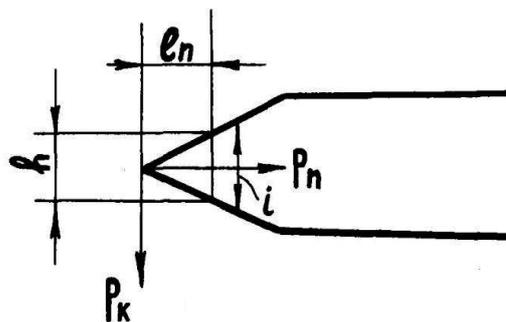


Рисунок 1 – Схема разрушения кромки лезвия

Во время движения лезвия при встрече его с элементарной частицей возникает реакция ΔP , которую можно представить в виде составляющих ее сил, нормальной ΔP_n и касательной ΔP_k . Закон изменения этих сил в зависимости от угла θ встречи данной частицы с лезвием следующий

$$\Delta P_n = \Delta P \cdot \sin\theta; \quad \Delta P_k = \Delta P \cdot \cos\theta. \quad (3)$$

С уменьшением угла θ нормальная сила убывает от максимального значения при $\theta = 90^\circ$ до $\Delta P_n = 0$ при $\theta = 0$. Для почворезущих рабочих органов затупление лезвия происходит, в основном, в результате действия нормальных P_n и касательных P_k сил, вызывающих хрупкое выкрашивание или пластическое смятие режущей кромки. При таком нагружении радиус закругления обуславливается частотой ударных воздействий, прилагаемых к кромке, а также сопротивлением материала разрушению. Скорость затупления кромки будет представлять собой процесс суммирования повреждений:

$$\frac{dL}{dt} = \Phi\left(\frac{T\sigma}{\sigma}; q\right), \quad (4)$$

где $\frac{dL}{dt}$ – скорость накопления повреждений в принятой системе единиц; $T\sigma$ – тензор возникающих на кромке напряжений (в данном случае тензор напряжений полностью характеризует напряженное состояние в точке нагружения тела по трем взаимно-перпендикулярным площадкам); σ – параметр, характеризующий прочность кромки лезвия; q – количество ударов в единицу времени на данном участке.

Результаты и обсуждение. В процессе резания почвы на кромке лезвия возникают изгибающие силы, в результате чего вершина лезвия обламывается. После обламывания под действием сил P_n , направленных по биссектрисе угла заострения i , возникают динамические напряжения σ_g и процесс накопления повреждений продолжается. Согласно рисунку 1, толщина лезвия после разрушения кромки определится как

$$h = 2l_n \cdot tg \frac{i}{2} \quad (5)$$

При повреждении высота лунки возрастает на Δh , а глубина на Δl_n .

Тогда динамическое напряжение σ_g в месте удара определяется из выражения, принятого в работах Биргер И.А. и Мавлютов Р.Р.

$$\sigma_g = \frac{P_n}{b \cdot \Delta h} = \frac{P_n}{2 \cdot b (\Delta l_n) tg \frac{i}{2}} \quad (6)$$

Из данного выражения можно определить приращение глубины повреждения в единицу времени

$$\frac{dl_n}{dt} = \frac{P_n}{2 \cdot b \cdot \sigma_g \cdot tg \frac{i}{2}} \cdot q, \quad (7)$$

где $\frac{dl_n}{dt}$ – скорость увеличения глубины повреждения; P_n – нормальная составляющая сила удара, расходуемая на повреждение кромки;

b – ширина повреждения; i – угол заострения; q – количество ударов в единицу времени на данном участке.

Для определения объема повреждения кромки лезвия от первого удара введем допущение, и рассмотрим лезвие как балку, жестко закрепленную одним концом, на свободный конец которой падает груз.

Потенциальная энергия $U_{\text{п}}$ при изгибе балки определяется по формуле

$$U_{\text{п}} = \frac{M^2 \cdot l}{2E \cdot I} \quad (8)$$

где M – изгибающий момент, l – длина балки, E – модуль упругости материала, I – осевой момент инерции.

Тогда

$$\sigma_{\text{из}} = \frac{M \cdot h}{2 \cdot I} \quad (9)$$

Согласно выражению (9) нормальное напряжение $\sigma_{\text{из}}$ в любой точке сечения прямо пропорционально M и расстоянию точки от нейтральной оси и обратно пропорционально моменту инерции сечения относительно нейтральной оси. В нашем случае h – это толщина лезвия на расстоянии l_n от кромки.

Приравняв потенциальную и кинетическую энергию, получим:

$$U_{\text{п}} = T_{\text{к}} = \frac{(2I\sigma_{\text{из}}/h)^2 \cdot l_n}{2E \cdot I}, \quad (10)$$

Преобразовав выражение (10), получим:

$$\frac{b \cdot l_n \cdot h}{2} = \frac{3T_{\text{к}} E}{\sigma_{\text{из}}^2}, \quad (11)$$

где b, h – ширина и высота поврежденной зоны лезвия на расстоянии l_n от кромки.

Левая часть уравнения (11) есть ничто иное, как объем повреждения лезвия от изгибающей силы.

Дальнейшее накопление повреждений происходит под воздействием многократного возникающего сложного напряженного состояния в точке контакта ударяющихся тел.

Таким образом, в процессе многократных ударных воздействий твердых включений почвы по кромке лезвия, будет происходить накопление объемных повреждений, в результате пластического смятия или хрупкого выкрашивания ее. Разрушение кромки лезвия приводит к затуплению почворезущих деталей, что сказывается на их работоспособности. Следовательно, острота самозатачивающегося упроченного лезвия будет определяться толщиной армирующего слоя и его способностью сопротивляться разрушению при ударных воздействиях.

Литература

1. Розенбаум А.Н. Элементы теории ударной прочности лезвийных рабочих органов // В кн.: Повышение износостойкости и долговечности режущих элементов сельскохозяйственных машин. – М.: ВИСХОМ, 1971. – С.40 – 48.
2. Сидоров С.А. и др. Результаты испытаний дисков луцильников, упрочненных наплавкой // Тракторы и сельхозмашины. – 1988. - №9. – С.30-31.
3. Винокуров В.Н., Малов А.К. О надежности лесопосадочных машин // Лесное хозяйство. – 1980. - №6. – С.45 – 47.
4. Королев В.Н., Осмачко А.П. и др. Ремонт сошников лесопосадочных машин // Техника в сельском хозяйстве. – 1982. - №5. – С.22 – 24.
5. Кретинин В.И., Марков В.А., Соколова В.А., Марков А.Н. Теоретические предпосылки повышения долговечности почворежущих деталей при упрочнении. // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2017. Вып. 219. С. 156–160.

УДК 621.85:630*37

А.А. Борозна¹, М.Т. Насковец²

¹ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова»

²Белорусский государственный технологический университет

УПРАВЛЕНИЕ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫМ КОМПЛЕКСОМ НА ОСНОВЕ МАКРОЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Лесопромышленное производство представляет собой комплекс технологических процессов и предприятий от заготовки до глубокой переработки древесины, которое можно рассматривать как логистический поток, состоящий из множества транспортно-технологических процессов движения лесопродукции от места произрастания до конечного потребителя с изменением потребительских свойств на отдельных этапах движения. Многовариантность материальных потоков, технологий производства, транспортных средств, коммерческой деятельности значительно усложняют решение общей задачи по поиску оптимального решения.

Для оперативного управления транспортно-логистической системой необходим постоянный мониторинг, для чего все шире используются технологии, построенные на GPS/ГИС системах.