

УДК 537.525.7:621.762

Д. С. Карпович, кандидат технических наук, заведующий кафедрой (БГТУ);
П. Д. Дадько, главный инженер (ГОЛХУ «Мозырский опытный лесхоз»);
А. Г. Лилин, главный инженер (ГОЛХУ «Вилейский опытный лесхоз»);
С. И. Карпович, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник (БГТУ)

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НОЖЕЙ РУБИЛЬНЫХ МАШИН ПРИ ЗАГОТОВКЕ ТОПЛИВНОЙ ЩЕПЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ

В статье приведены результаты производственных испытаний ножей рубильных машин в лесхозах Республики Беларусь. По результатам испытаний ножей из низко- и среднелегированных сталей с применением технологии поверхностного упрочнения предложены комплексные мероприятия, направленные на улучшение эффективности процесса заготовки топливной щепы.

The article contains results industrial tests of knives chippers in forestry of the Republic of Belarus. According to test results of knives from the low-and medium-doped steels using the technology of surface hardening proposed comprehensive measures to improve the effectiveness of the grinding of wood.

Введение. При переработке отходов производственных процессов на первом этапе их утилизации решаются вопросы измельчения.

Отходы лесозаготовок и деревообрабатывающей промышленности используют для получения топливных брикетов разной формы, размеров. Получение топливной щепы осуществляют на рубильных машинах МР-25, МР-40, «Jenz», «Tesla» и др. Наиболее часто сменяемой частью технологической оснастки является инструмент. Эффективность инструмента оценивают по его износостойкости и стоимости. Для изготовления ножей рубильных машин применяют среднелегированные инструментальные стали.

Рассмотрим возможности повышения практической ценности инструмента с этих двух позиций – износостойкости и стоимости.

Основная часть. Износостойкость инструмента определяется многими факторами – в первую очередь выбором инструментального материала и последующим формированием оптимальной структуры при термической обработке.

Известно, что износостойкость инструмента определяется его твердостью с учетом условий работы инструмента. Исходя из режимов работы ножей рубильных машин при ударных нагрузках и вибрации твердость инструмента должна назначаться с учетом механических показателей металла, в первую очередь на изгиб и удар. В этом плане представляют интерес следующие марки сталей: Х6ВФ, 6ХВ2С, Х12МФ, 5ХНМ.

Рассмотрим влияние легирующих элементов, входящих в состав вышеперечисленных сталей, на их свойства.

Одним из основных легирующих элементов является хром. Он повышает твердость, износостойкость и коррозионную стойкость стали, увеличивает склонность к отпускной хрупкости, входит в состав сталей, предназначенных для азотирования. Твердость стали при невысоком содержа-

нии в ней хрома при отпуске снижается медленнее, чем углеродистых сталей.

Никель у хромоникелевых инструментальных сталей повышает прочность, твердость, способствует сохранению вязкости, измельчению размеров зерна. Однако он повышает опасность образования остаточного аустенита, что ведет к снижению твердости после закалки.

Вольфрам входит в состав многих инструментальных материалов, не только сталей. Карбиды вольфрама обладают хорошим сочетанием высокой твердости и теплопроводности. Вольфрам повышает пределы прочности, твердости, способствует равномерному распределению карбидов. При низком содержании вольфрама 1–1,5% и низкой температуре закалки 760–820°C карбиды вольфрама не растворяются, что обеспечивает сохранение высокой твердости и износостойкости. Наличие вольфрама в сплавах уменьшает их пластичность, стали не обнаруживают способности к вторичной твердости, однако обладают достаточной устойчивостью к отпуску.

Молибден почти полностью устраняет опасность охрупчивания стали при отпуске до температур 300 и 450–650°C.

Ванадий повышает предел текучести, способствует измельчению зерна, повышает стойкость к отпуску.

Легирующие элементы Cr, Ni, Mo, Mn существенно влияют на прокаливаемость стали в направлении уменьшения их влияния.

Для них соотношение твердости HRC к ударной вязкости КСИ (дж/см²) равняется соответственно: 0,67; 2,50; 1,10; 1,40. Этот показатель является ориентировочным при выборе марки стали для изготовления ножей рубильных машин, поскольку не учитывается абсолютная величина твердости. На практике применяют ножи твердостью не выше HRC ≈

≈ 58–59. Из рассмотренных марок сталей оптимальное соотношение рекомендуемой твердости к наибольшему значению ударной вязкости равняется 0,7. Высокое значение этого показателя для стали 6ХВ2С объясняется невысоким значением прочности на удар. Опытные ножи из этой стали дополнительно прошли ионно-плазменную обработку с целью нанесения твердого износостойкого слоя. Производственные испытания опытных ножей в Мозырском опытном лесхозе показали увеличение их износостойкости в 1,5–1,8 раза по сравнению с серийным инструментом. Следует обратить внимание на характер затупления опытных ножей. Обычно износ дереворежущего инструмента происходит с округлением режущей кромки. На опытных ножах с упрочненным поверхностным слоем на глубину 0,2–0,3 мм износ происходит за счет микровыкрашивания твердого слоя, который имеет твердость $HV \approx 900$, а общая твердость подложки с упрочненным слоем $HRC = 50–51$. Микровыкрашивание ведет к линейному износу инструмента, но режущая кромка дольше сохраняет режущую способность. Определение оптимального соотношения твердости упрочненного слоя к твердости металла подложки с учетом толщины упрочняющего слоя обеспечивает дополнительные потенциальные возможности увеличения износостойкости ножей рубильных машин.

Стойкость инструмента составляет часть экономических издержек, а с учетом тенденции роста щепы на инструмент требует более пристального внимания.

Снизить стоимость инструмента можно за счет применения низко- и среднелегированных сталей взамен высоколегированных. Сталь 6ХВ2С стоит около 65 тыс. руб. за 1 кг, а сталь 5ХНМ – 24 тыс. руб. за 1 кг. Разница в цене окупает затраты на последующее нанесение упрочненного слоя, а увеличение износостойкости увеличивает экономический эффект от применения предлагаемой технологии изготовления ножей рубильных машин из низколегированных сталей с ионно-плазменным упрочнением.

В Вилейском опытном лесхозе проводятся испытания инструмента для установок «Jenz». Ножи изготавливались из стали 7Н1М на Минском инструментальном заводе. Установлено большое влияние термообработки на работоспособность инструмента. Термообработка с применением соляных ванн обеспечила хорошую работоспособность комплекта ножей в количестве 100 шт. Применение нагрева при закалке в пламенной печи дало плохие результаты. Инструмент разрушался по корпусу (вид излома показан на рис. 1) поэтому следует строго придерживаться режима проведения отпуска.

Для инструмента со склонностью к хрупкому разрушению можно рекомендовать проведение двойного отпуска. Положительные результаты были получены на стали Х6ВФ при проведении двойного отпуска при 280°C с последующим отпуском при 250°C.



Рис. 1. Вид излома ножей установки «Jenz»

На величину твердости это практически не влияет, но несколько уменьшает склонность к хрупкому разрушению. Можно предположить, что это связано с дислокационными процессами в металле.

Установлено, что твердость ножей после испытаний на $HRC = 1–2$ единицы меньше их первоначальной твердости, это может быть связано со структурными превращениями.

Для ножей установки «Jenz» хорошие результаты были получены при нанесении TiN с толщиной 3–5 мкм на стальной корпус ножей по стали 7Н1М.

Износ инструмента является закономерным физическим явлением. Период стойкости инструмента делят на три стадии: участок приработки, участок монотонного (нормального) износа, участок аварийного (ускоренного) износа. При достижении третьей стадии производят замену инструмента или его заточку. Целесообразно не допускать эксплуатацию инструмента в период повышенного износа по следующим причинам. Работа инструмента с повышенными радиусами округления режущей кромки увеличивает силовые параметры процесса резания, что связано с перерасходом топлива и повышенными нагрузками на рабочие органы рубильных машин.

Большие радиусы округления лезвия требуют большего объема удаления инструментального материала при заточке затупившегося инструмента, что сокращает количество переточек, а следовательно, и потенциальный ресурс инструмента.

При эксплуатации рубильных машин происходят и аварийные поломки ножей, связанные с попаданием в зону резания случайных

предметов – металла, камней. Такие ситуации прогнозировать невозможно.



Рис. 2. Характер разрушения ножа

Аварийные ситуации случаются по причине не только поломки инструмента, но и узлов фиксации – разрыв тела крепежного болта или отрыв головки с последующим разрушением корпуса ножа. На рис. 2 приведен характер разрушения корпусов ножей рубильных машин при заготовке топливной щепы. Предварительный анализ характера разрушения ножей показал, что вышедший из строя инструмент соответствует всем требованиям технических условий – как по химическому составу сталей, так и по режимам термической обработки (твердости).

В этом случае причину разрушения следует искать в надежности крепления резьбовых соединений. В процессе длительной эксплуатации (резьбовые элементы практически не меняют) в резьбовых соединениях образуется люфт и в условиях вибрационных и ударных нагрузок происходит самооткручивание крепежных болтов. В такой ситуации изгибающееся плечо увеличивается с 40–50 до 90–110 мм, с соответствующим увеличением силовой нагрузки на резьбовое соединение и корпус инструмента. Разрушение происходит по телу болта с последующим разрушением корпуса ножа. В таких ситуациях выводится из строя весь комплект инструмента стоимостью около 6 млн. руб. и зачастую наносятся механические повреждения механизму фиксации (рис. 3), что связано с простоем оборудования и дополнительными расходами.

На данном этапе, для уменьшения вероятности аварийных поломок, можно рекомендовать после приработочного периода нового комплекта ножей производить промежуточную подтяжку резьбовых соединений. Эта рекомен-

дация малопривлекательна для операторов рубильных машин. Упростить операцию можно за счет применения герметиков многократного использования для резьбовых соединений.



Рис. 3. Повреждение механизма фиксации

Вероятность самооткручивания резьбовых соединений будет минимизирована, а следовательно, устранена одна из причин возникновения аварийных ситуаций в процессе эксплуатации рубильных машин при заготовке топливной щепы.

Рекомендуемые комплексные мероприятия позволят увеличить эффективность использования не только инструмента, но и всего технологического процесса заготовки топливной щепы.

Заключение. Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Выбор инструментальной стали для изготовления дереворежущего инструмента, работающего в условиях ударных нагрузок, должен проводиться в первую очередь с учетом твердости и ударной вязкости инструментального материала.

2. Нанесение упрочняющих, твердых покрытий позволяет применять низко- и среднелегированные стали взамен высоколегированных для изготовления ножей рубильных машин.

3. Однослойные твердые упрочняющие покрытия позволяют повысить стойкость дереворежущего инструмента в 1,5–1,8 раза.

4. Нанесение многослойных функциональных покрытий потенциально обеспечит дальнейшее увеличение износостойкости дереворежущего инструмента.

5. Увеличение надежности резьбовых соединений при фиксации рубильных ножей уменьшит вероятность возникновения аварийных ситуаций.

Поступила 25.02.2013