

АНАЛИЗ ТВЕРДОСТИ МАТЕРИАЛА ХОДОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ КАРЬЕРНОГО ЭКСКАВАТОРА

В. В. Макарова^{1,2},

аспирант, старший преподаватель,

Ю. А. Лагунова^{1,2},

проф., д-р техн. наук,

А. Е. Калянов²,

доц., канд. техн. наук,

А. А. Жилинков^{1,2},

доц., канд. техн. наук

¹Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург,

²Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург

Приведены результаты экспериментальных исследований ходового оборудования карьерного экскаватора ЭКГ-10 твердомером. Установлено соответствие экспериментальных данных, полученных с использованием портативного твердомера со справочными данными применяемого материала, из которого изготовлено ведущее колесо карьерного экскаватора. Определены основные места, подверженные износу и разрушению.

Ключевые слова: карьерный экскаватор, твердомер, ходовое оборудование, ведущее колесо, марка стали.

ANALYSIS OF THE MATERIAL HARDNESS OF THE UNDERCARRIAGE OF THE MINING EXCAVATOR

The results of experimental studies of undercarriage equipment of the EKG-10 mining excavator using a hardness tester are presented. The correspondence of the experimental data obtained using a portable hardness tester with the reference data of the material used from which the drive wheel of a mining excavator is made was established. The main places subject to wear and destruction have been identified.

Keywords: mining excavator, hardness tester, undercarriage equipment, drive wheels, support wheels, grade steel.

Тяжелые условия эксплуатации карьерных экскаваторов, при которых возникают значительные динамические нагрузки на ходовое оборудование, предъявляют особые требования к их проектированию [1]. Выбор материала – один из этапов проектирования. Каждый элемент экскаватора изготавливается из определенного материала, который должен обладать соответствующими свойствами. Одним из основных механических свойств материала является твердость. Твердость – свойство материала оказывать сопротивление при воздействии другого более твердого объекта. Измерение твердости – популярное исследование, оно необходимо, чтобы оценить качество материала, его прочность, износостойкость и особенности эксплуатации при различных условиях работы [2].

Испытания проводились на карьерном экскаваторе ЭКГ-10 (рис. 1). Объект испытания – ходовая тележка экскаватора.



Рис. 1. Карьерный экскаватор ЭКГ-10 № 333 ПАО «Ураласбест»

Одним из приборов, который можно использовать для регистрации и контроля деформаций и нагрузок, действующих на конструкцию ходового оборудования, является твердомер. Для экспериментальных исследований применялся твердомер модификации ТКМ-459С (рис. 2). Твердомер предназначен для оперативного измерения твердости металлов и металлических изделий в основных шкалах твердости – Бринелля (НВ), Роквелла (HRC), Виккерса (HV) динамическим методом [3].

Принцип действия твердомера основан на методе измерения ультразвукового контактного импеданса (UCI – ultra-sonic impedance). Основными составляющими твердомера являются датчик и электронный блок преобразования сигналов с датчика и обработки результатов измерений (рис. 2). На конце металлического стержня, входящего в состав датчика твердомера, закреплен алмазный наконечник. Стержень колеблется на собственной резонансной частоте. При создании нагрузки рукой пользователя алмазный наконечник внедряется в материал и изменяет резонансную частоту стержня. Изменение собственной резонансной частоты стержня пропорционально глубине внедрения наконечников в материал. Поскольку глубина внедрения наконечника в материал является показателем твердости, то существует зависимость между изменением резонанса и частот на стержне и твердостью материалов. Электронный блок твердомера осуществляет прием частотного сигнала с датчика прибора, преобразовывая его к единице твердости. Вывод результатов измерения осуществляется на дисплей. Прибор может моментально провести статистическую обработку данных, а также сохранить результат измерения твердости в память прибора, а специальное программное обеспечение Hardness позволяет вывести сохраненные блоки данных и сформировать отчет о проведении контроля твердости [3].



Рис. 2. Ультразвуковой твердомер ТКМ-459С

Обследование ходового оборудования ЭКГ-10 проводили в предполагаемых точках восприятия наибольших нагрузок. Для примера рассмотрим результаты проведения эксперимента на ведущем колесе правой гусеницы экскаватора. Места установки преобразователей показаны на рис. 3. Ведущее колесо ЭКГ-10 изготовлено из легированной хладостойкой стали для отливок 35ХМЛ. Такая сталь применяется для изготовления ответственных деталей, работающих под действием статических и динамических нагрузок и требующих повышенной твердости [4], в частности для изготовления деталей горнометаллургического оборудования. В табл. 1 приведены средние значения твердости по 15 проведенным замерам в каждой точке на ведущем колесе правой гусеницы по шкалам Роквелла HRC и Бринелля HB.

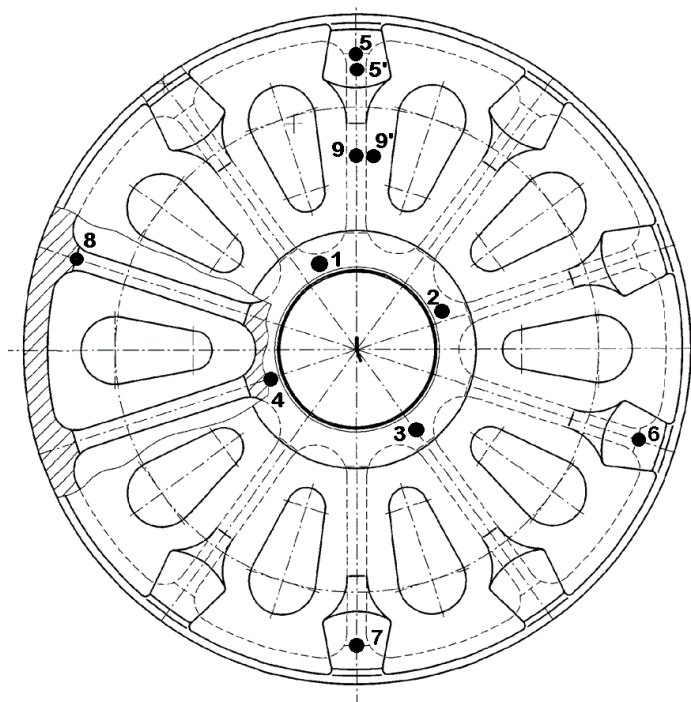


Рис. 3. Места установки преобразователей на ведущем колесе

Таблица 1

Результаты измерений твердости на ведущем колесе по шкале Роквелла С, HRC

Точка	1	2	3	4	5	5'	6	7	8	9	9'
По шкале Роквелла С, HRC	24,6	20,4	16,6	12,8	2,5	5,3	7,2	15,3	17,6	14,1	15,7
По шкале Бринелля HB, МПа	250	228	213	198	161	168	175	217	219	213	211

Справочная величина твердости стали 35ХМЛ по шкале Бринелля НВ $10^{-1} = 207 - 269$ МПа. По полученным результатам можно сделать вывод, что значения в точках 1, 2, 3, 7, 8, 9 и 9' в пределах допустимых значений твердости. А в точках 4, 5, 5' и 6 значения ниже справочных, что может говорить о снижении твердости вследствие износа ведущего колеса в данных зонах. В частности, точки 5, 5' и 6, расположенные на кулаках, соответствуют зонам концентрации напряжений, что приводит к значительному износу.

Выводы. В работе представлен метод измерения твердости элементов ходового оборудования с применением портативного твердомера модификации ТКМ-459С с последующей обработкой полученных данных. Точность такого метода оценивается как достаточная для проведения исследований элементов металлоконструкций карьерных экскаваторов. По полученным результатам исследования будет составлена оценка состояния ходового оборудования карьерного экскаватора для условий ПАО «Ураласбест».

Список литературы

1. Лагунова Ю. А., Макарова В. В., Набиуллин Р. Ш. Анализ методов диагностирования состояния металлоконструкций на примере экскаваторостроения // Горное оборудование и электромеханика. 2022. № 6 (164). С. 17–25. DOI 10.26730/1816-4528-2022-6-17-25.
2. Сфера технической экспертизы «Измерение твердости металла». URL: <https://stech.by/ispytaniya/laboratoriya-diagnostiki/izmerenie-tverdosti/> (дата обращения: 25.11.2023).
3. Твердомеры портативные ультразвуковые ТКМ-459 (модификации ТКМ-459С, ТКМ-459М). Руководство по эксплуатации ТКМ459СМ РЭ, 2017. 65 с.
4. Марочник сталей и сплавов / В. Г. Сорокин, А. В. Волосникова, С. А. Вяткин и др. ; под общ. ред. В. Г. Сорокина. М. : Машиностроение, 1989. 640 с.