

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИССИПАТИВНЫХ СВОЙСТВ РОЛИКОВ РОЛЬГАНГОВ

Механическое оборудование металлургических предприятий характеризуется большими массами, работает в зоне высоких температур при перемещении металла. Рольганги, применяемые в черной металлургии, предназначены для перемещения раскаленных слитков металла. Доля рольгангов в оборудовании прокатного производства составляет до 65% общей массы механизмов. Обеспечение безаварийной работы рольгангов является важной задачей по ряду причин, основной из которых являются значительные потери при простоях оборудования в случае выхода рольганга из строя. Для достижения высоких показателей безаварийной работы при неизменной конструкции потребуются дополнительные затраты на техническое обслуживание рольганга. Снижение стоимости эксплуатации при одновременном повышении качества технического обслуживания возможно лишь при внесении изменений в его конструкцию.

Схема любого механизма предполагает наличие рабочего органа и привода. Как правило, наиболее дорогостоящим и надежным является привод, который включает в себя передаточный механизм и двигатель. Рабочий орган многократно меняется в процессе эксплуатации механизма. Поэтому долговечность рабочего органа, его работоспособность определяют стоимость технического обслуживания механизма. Для рольганга рабочим органом является узел ролика. Долговечность роликов зависит от ряда факторов, наиболее влиятельным из которых являются рабочие нагрузки. Величина и способ приложения нагрузок являются основной причиной при снижении долговечности узла ролика. Интенсификация производственных процессов в черной металлургии способствует дальнейшему увеличению скорости перемещения металла, что влечет за собой повышение динамической составляющей рабочих нагрузок.

По типу возникновения динамические нагрузки делятся на случайные и определенные технологическим процессом. Случайные нагрузки возникают по причине неудовлетворительного состояния торцов перемещаемого слитка. Из всех динамических нагрузок, которые являются результатом технологического процесса, наиболее опасными и высокими по значению являются нагрузки, возникающие в результате ударного воздействия слитка на ролик при выходе слитка из клетки, кантовках [1, 2]. Удары слитка о ролик вызывают его поперечные колебания [3, 4]. Колебания ролика являются причиной возникновения поперечных сил, действующих на детали ролика. Величина поперечных сил действующих на узел ролика значительна. При наличии зазоров в опорах ролика нагрузки вследствие соударения элементов опор могут принимать предельно-допустимые значения.

Нагрузки на ролик при соударениях со слитком характеризуются высокими значениями и кратковременностью. Колебания, возникающие вследствие удара, носят затухающий характер. Процесс затухания колебаний любой механической системы описан в работах [5, 6]. В этих работах предлагается процесс затухания колебаний описывать с помощью декремента колебаний δ , который находится по формуле:

$$\delta = \ln \frac{A_{i+1}}{A_i},$$

где A_i, A_{i+1} – амплитуда i -го и $i+1$ колебаний ролика соответственно.

Определение значений δ для ролика возможно лишь экспериментальным путем. При внесении конструктивных изменений необходимо знать величину декремента колебаний δ для разрабатываемой конструкции ролика. С помощью полученного значения δ можно судить о процессах поперечных колебаний ролика, которые возникнут вследствие удара слитка о ролик. Разнообразие процессов,

которые влияют на диссипативные свойства узла ролика, не дают возможности получить теоретического решения по определению δ для ролика.

Соответственно получение кривых затухающих колебаний для различного уровня нагрузок становится первоочередной задачей при исследовании динамических характеристик узла. Анализ кривых колебаний позволит получить значения декремента колебаний для различного уровня нагрузок для заданной конструкции ролика.

Для этих целей большинство авторов применяют тензометрические методы [5, 6, 7]. Но применение тензометрических методов не всегда оправдано и требует значительного времени на подготовку измерительного стенда. К тому же в условиях производства установка тензометрических датчиков на ролик затруднена по причине взаимодействия поверхности ролика с раскаленным слитком, а также по причине вращения ролика. Установка бесконтактных датчиков требует использования достаточно чувствительной измерительной аппаратуры. Авторами для получения кривых затухания предлагается использовать пьезоэлектрический метод.

Традиционно пьезоэлектрические датчики используют при определении вибрации в опорах роликов. Причиной возникновения вибрации являются соударения элементов подшипника опоры, что говорит о сходстве с процессами поперечных колебаний ролика. Следовательно, колебания ролика также могут быть зарегистрированы пьезоэлектрическим датчиком, при настройке измерительной аппаратуры на частоту собственных колебаний ролика. Учитывая кратковременность действия ударных нагрузок по данным авторов [3] ролик можно принять неподвижным. Для проверки вышеприведенных теоретических положений был проведен эксперимент по определению диссипативных свойств узла ролика рольганга. Схема экспериментальной установки показана на рисунке 1.

Суть эксперимента заключалась в следующем. Груз 5 массой m располагали над роликом таким образом, чтобы при падении нагрузка воздействовала центрально. Датчик 3 для измерения параметров колебаний, которые возникнут при ударе, располагался на опоре ролика 4 и был установлен на шпильке для устранения возможных помех и получения более чистого сигнала. Для определения момента удара и начала записи сигнала использовался фотодатчик 2. Для реализации удара заданной силы груз располагали на высоте h с использованием шкалы 6. Для записи виброускорения использовали прибор 1 - анализатор 795М. Прибор был настроен на частотный диапазон измерений $5 \div 200$ Гц, для регистрации собственных колебаний ролика в частотах $12 \div 18$ Гц. Запись сигнала проводилась для различных высот h . Типовая кривая, полученная для высоты $h=0,2$ м, показана на рисунке 2.

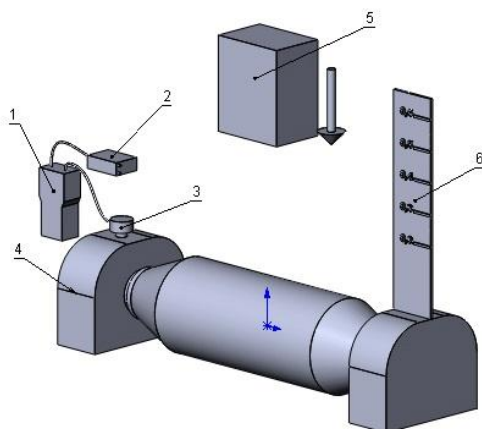


Рис. 1. Схема экспериментальной установки
1 – анализатор 795М, 2 – фотодатчик, 3 – датчик для измерения вибрации,
4 – ролик рольганга, 5 – груз, 6 – измерительная шкала

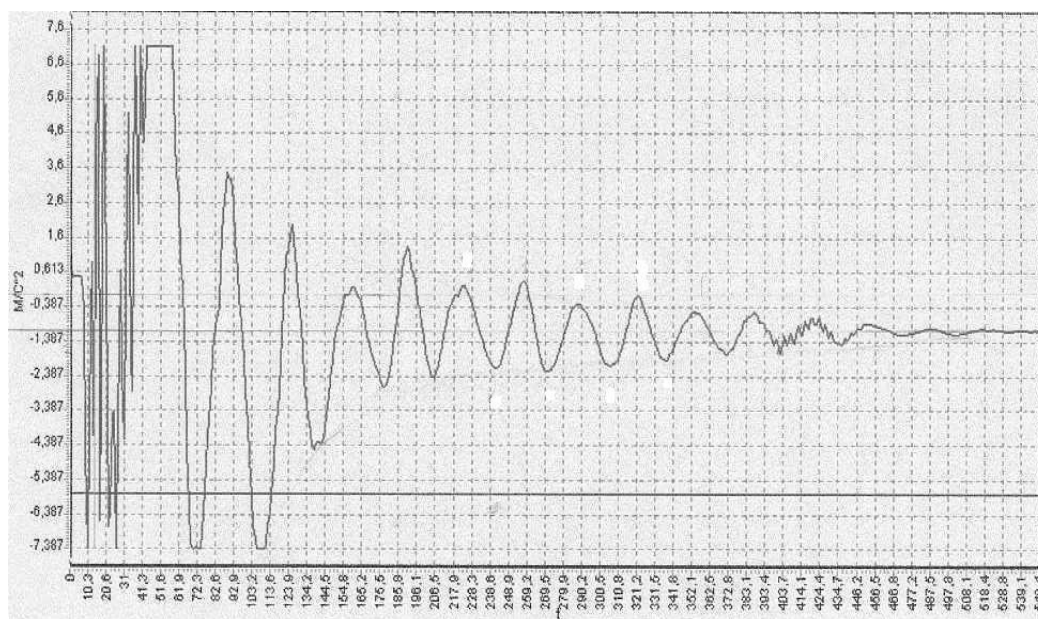


Рис. 2. Изменение виброускорения в результате удара слитка о ролик

Значения δ , рассчитанные для различных высот и значения напряжений в материале ролика, сведены в таблицу 1. При расчете значений напряжений от ударной нагрузки использована методика, предложенная в работах [1, 2].

Таблица 1 – Декремент затухания колебаний ролика рольганга

№ п/п	Высота падения груза h , м	Напряжения в материале ролика σ в момент удара, МПа	Декремент затухания колебаний ролика δ
1	0,2	62,81	0,263
2	0,3	76,92	0,177
3	0,4	88,82	0,131
4	0,5	99,30	0,247
5	0,55	104,15	0,377

По данным таблицы 1 видна зависимость декремента колебаний от напряжений, возникающих в теле ролика, при ударе. Для наглядного представления покажем зависимость $\delta = f(\sigma)$ в виде графика (рис.3).

Первичный анализ полученных данных показывает нелинейную зависимость $\delta = f(\sigma)$, что говорит о различных процессах, влияющих на изменение диссипативных свойств ролика с ростом напряжений. На зависимости виден минимум значений δ при $\sigma \approx 89 \div 90$ МПа, соответствующий наиболее продолжительному процессу затухания колебаний ролика. Левая ветвь графика более пологая и устремляется в бесконечность при снижении σ . Правая ветвь графика имеет более быстрый прирост значений δ при росте σ . В качестве гипотезы можно предположить, что правая ветвь зависимости стремится в бесконечность при $\sigma \rightarrow \sigma_B$.

Собственные колебания роликов описывают процессами перехода механической энергии колебаний во внутреннюю энергию материала ролика. Рост δ при снижении значений σ от 90 МПа до 0 соответствует процессам поглощения

механической энергии колебаний материалом без возникновения повреждений в теле ролика. Рост δ при повышении значений σ от 90 МПа соответствует процессам поглощения механической энергии колебаний материалом с возникновением повреждений в теле ролика.

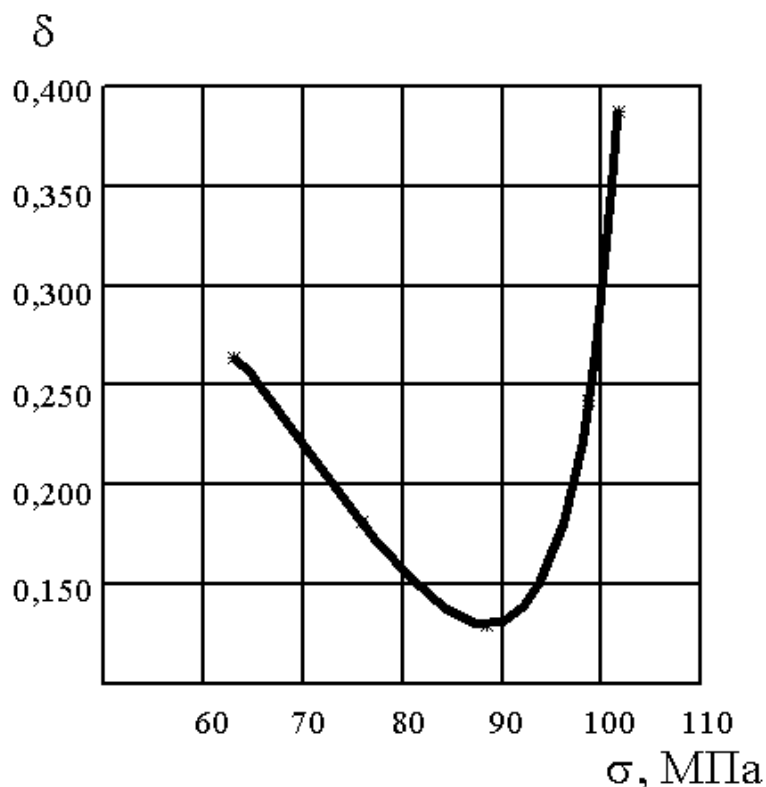


Рис. 3. Зависимость декремента затухания от напряжений в теле ролика, возникающих при ударе

Перечень ссылок:

1. Седуш В.Я., Руденко В.И. Теоретическое исследование упругих колебаний ролика рабочего рольганга блюминга // Прогрессивные методы обработки черных металлов давлением: Сб.статей. – К.: Техніка, 1976. – С.78–82.
2. Королев А.А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов. – М.: Металлургия, 1985. – 375 с.
3. Шевченко Ф.Л. Динамика упругих стержневых систем: Учебное пособие. – Донецк: ООО «Лебедь», 1999. – 268с.
4. Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле. «Наука», 1967г., 444с.
5. Пановко Я.Г. Основы прикладной теории колебаний и удара. М: Машиностроение, 1976. 320с.
6. Писаренко Г.С. и др. Методы определения характеристик демпфирования колебаний упругих систем. К., «Наукова думка», 1976. – 85с.
7. Маслов Г.С. Расчеты колебаний валов: Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1980. – 151 с.

Рецензент: д.т.н., проф. Еронько С.П.

Статья поступила 30.06.2013.