

УДК 621.771.23:621.771.073.9:62-8.003.12

В.В.Веренев, Н.И.Подобедов, А.П.Даличук, В.В.Коренной

Институт черной металлургии НАН Украины им.З.И.Некрасова

ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА ПРОКАТКИ ПОЛОСЫ ПО КРУТЯЩЕМУ МОМЕНТУ В ЛИНИИ ПРИВОДА ВАЛКОВ

Целью работы является разработка метода анализа процесса прокатки с использованием записи момента сил упругости в главных линиях клетей прокатного стана. Использована методика обработки записи момента сил упругости шпинделя прокатного вала для установления связей с технологическими параметрами прокатки. Установлено, что помимо определения коэффициента динамичности в линиях привода валков клетей непрерывного стана целесообразно использовать значения коэффициентов вариации по участкам записи сигнала. Это позволяет дать более полный анализ состояния оборудования и стабильности процесса прокатки каждой полосы и партий полос. Предложен метод вычисления коэффициента вариации на трех участках записей момента сил упругости в линиях главного привода клетей.

Ключевые слова: прокатный стан, главная линия стана, момент сил упругости, метод анализа, коэффициент вариации

Состояние вопроса. Результаты измерений момента сил упругости в главных линиях клетей различных станов показывают, что на него накладывается ряд возмущений со стороны оборудования и технологии. В первую очередь к ним следует отнести влияние на максимальную динамическую нагрузку углового зазора в шпиндельном сочленении при захвате полосы валками. Увеличение открытой составляющей зазора в этот период приводит к увеличению нагрузки как на шпиндельных Мв и Мн (верхнем и нижнем), так и моторном участке Мпр. Износ зубчатых зацеплений моторных муфт и редуктора вызывает явление размыкания контакта зубьев и закрутки промежуточного вала в обратную сторону (рис.1) после двух-трех первых пиков колебаний момента. Образующийся из-за износа угловой зазор влияет только на максимальную динамическую нагрузку на этом участке.

Отклонение температуры полосы, ее толщины и скорости прокатки также влияет на динамические нагрузки. На рис. 1 приведены осциллограммы момента при прокатке двух полос: вторая полоса по ряду причин была задержана на рольганге перед клетью на 3-5 мин. Совместное влияние зазоров и пониженной температуры полосы привело к увеличению относительной максимальной динамической нагрузки по сравнению с предыдущей полосой на 13%. Статическая нагрузка увеличилась в среднем на 18%. Момент «обратного» удара после первого пика составил 1,45 статического момента, тогда как для первой полосы 0,6.

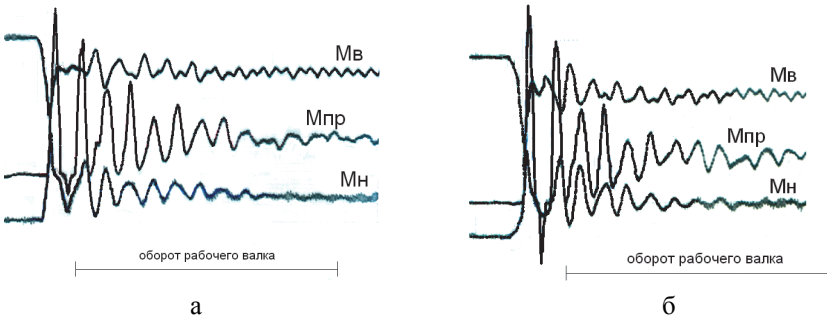


Рис.1. Переходный процесс на шпинделях (Мв – верхний, Мн - нижний) и промежуточном валу (Мпр) при захвате полосы валками.

В установленном режиме прокатки на колебания момента оказывают влияние биение головок шпинделей со стороны валков, эксцентриситет валковой системы, продольная разнотолщинность полосы, отклонения температуры по ее длине. Пониженная температура хвостового участка приводит к увеличению момента перед выходом полосы из валков. Следует отметить, что момент сил упругости достаточно чувствителен к различным возмущениям, а распределение его значений при прокатке полосы в непрерывных станах подчиняется нормальному закону [Веренев В.В. Повышение информативности измеряемых параметров на прокатном стане. / В.В.Веренев, Н.И.Подобедов, В.В.Коренной, А.П. Даличук. // «Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии». Сб. науч. трудов ИЧМ НАНУ. – 2010. – Вып.22. – С.305–314.].

Уровень динамичности участков линии принято оценивать коэффициентом динамичности – $K = M_{\max} / M_{\text{ср}}$. Оценку ведут путем сравнения значений K между прокатанными полосами, партиями полос (по среднему значению $K_{\text{ср}}$ в партиях) и др. Параметр K является точечным. Недостаток традиционного подхода к анализу измерений состоит в том, что не учитывается вся реализация момента от начала захвата до выхода полосы из валков.

Целью работы является разработка метода анализа процесса прокатки с использованием всей полноты записи момента сил упругости.

Методика исследования. Суть метода состоит в следующем. После разбиения записи на три участка (рис.2): 1 – установившийся, 2 – переходный с частью установившегося, 3 – конечный с частью установившегося, для каждого из них вычисляется значение коэффициента вариации $v = \sigma / m$, где σ – среднее квадратическое отклонение момента, m – среднее значение момента.

На значение v_1 в установленном режиме прокатки решающее влияние оказывают колебания технологических параметров. На значение v_2 – основное влияние оказывает техническое состояние оборудования, прежде всего образующиеся из-за износа бронзовых вкладышей угловые зазо-

ры в шпиндельном сочленении и в меньшей мере технологические параметры. Значение коэффициента v_3 в наибольшей мере зависит от понижения температуры хвостового участка полосы.

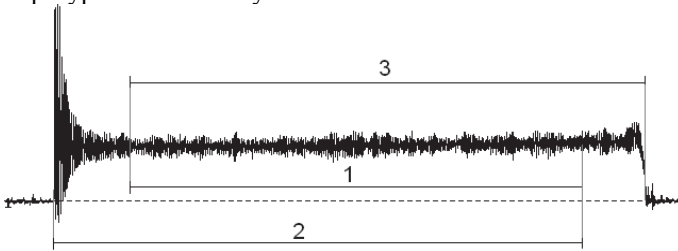


Рис.2. Участки записи момента сил упругости, подвергаемые анализу.

Чем меньше значение коэффициента v_1 , тем меньше разброс технологических параметров и стабильнее процесс прокатки рассматриваемой полосы. Результаты измерений показывают, что в каждой партии полос всегда имеется полоса с наименьшим значением $v_{1\text{мин}}$. По отношению к ней можно оценивать стабильность прокатки остальных полос в партии. Определяя среднее значение коэффициента $v_{\text{ср}}$ в партии можно давать оценку стабильности прокатки однотипных или близких партий полос. Аналогичный подход осуществляли при анализе коэффициентов v_2 и v_3 . Если иметь в виду возмущения, действующие при захвате полосы валками и ведущие к увеличению амплитуды колебаний момента, и при прокатке хвостового участка, есть основания ожидать, что всегда выполняются неравенства: $v_2 > v_1$ и $v_3 > v_1$, при $v_2 > v_3$. Очевидно, что мера отличия v_2 от v_1 , т.е. отношение $n_2 = v_2/v_1$ или $\delta n_2 = (v_2 - v_1)/v_1$ показывает вклад начальных возмущений в процесс. Поскольку на переходный процесс определяющее влияние оказывают износ и зазоры в шпиндельном сочленении, значение коэффициента v_2 и отношений n_2 и δn_2 позволяют дать общую оценку технического состояния (ТС) оборудования в части зазоров. Более правильно сравнивать фактические значения v_2 , n_2 или δn_2 с их эталонными значениями $v_{2э}$, $n_{2э}$ и $\delta n_{2э}$, полученными при наилучшем техническом состоянии оборудования (например, сразу после капитального ремонта, когда зазоры наименьшие) и наиболее стабильной технологии. Периодическое сравнение их значений позволяет установить тенденцию изменения ТС и стабильности технологии. Путем анализа отношения $n_3 = v_3 / v_1$ оценивают степень влияния на стабильность процесса прокатки возмущений со стороны хвостового участка полосы.

Результаты исследования. Результаты компьютерного статистического моделирования переходного и установившегося процесса прокатки при задании в качестве случайных возмущений зазоров, температуры и толщины полосы с последующим расчетом коэффициентов v_1 и v_2 подтвердили правомочность рассмотренного подхода к оценке ТС и стабильности технологии. При этом установлено, что даже существенные откло-

нения технологических параметров (температуры, толщины, ширины полосы до 15%) вносят вклад в относительную динамическую составляющую переходного процесса на порядок меньший, чем начальные (монтажные) зазоры в линии привода. Это подтверждает правильность оценки ТС линии привода путем сравнения коэффициента v_2 с v_1 .

С целью проверки предложенного метода оценки ТС и стабильности технологии выполнили соответствующую обработку результатов измерений момента сил упругости одновременно в трех клетях при последовательной прокатке полос одной партии. Учитывалось каждое значение момента по длине всей реализации, записанной с частотой 2015 Гц.

Рассмотрим приведенные в таблице результаты вычислений коэффициентов по участкам.

Таблица. Коэффициенты вариации момента, вычисленные для участков 1- v_1 , 2- v_2 , 3- v_3 .

	№№	клеть 5			клеть 6			клеть 7		
		v_1	v_2	v_3	v_1	v_2	v_3	v_1	v_2	v_3
Опыт 1	1	0,021	0,053	0,023	0,028	0,063	0,029	0,035	0,054	0,036
	2	0,019	0,042	0,021	0,023	0,069	0,025	0,036	0,059	0,037
	3	0,020	0,049	0,022	0,023	0,063	0,025	0,037	0,062	0,038
	4	0,019	0,045	0,020	0,021	0,058	0,024	0,037	0,054	0,037
	5	0,020	0,049	0,022	0,023	0,063	0,026	0,039	0,058	0,040
	6	0,022	0,044	0,026	0,026	0,055	0,029	0,040	0,058	0,041
	7	0,021	0,046	0,023	0,023	0,062	0,026	0,040	0,063	0,040
	8	0,019	0,046	0,021	0,023	0,060	0,024	0,038	0,061	0,039
	Сред.	0,020	0,047	0,022	0,024	0,062	0,026	0,038	0,058	0,038
Опыт 2	1	0,041	0,058	0,047	0,023	0,069	0,035	0,038	0,054	0,041
	2	0,029	0,048	0,035	0,028	0,063	0,037	0,042	0,060	0,043
	3	0,035	0,046	0,044	0,034	0,064	0,046	0,043	0,061	0,044
	4	0,037	0,047	0,044	0,031	0,055	0,041	0,044	0,061	0,045
	5	0,033	0,045	0,039	0,029	0,048	0,038	0,043	0,061	0,044
	6	0,030	0,041	0,035	0,024	0,053	0,030	0,042	0,062	0,044
	7	0,033	0,050	-	0,025	0,054	-	0,045	0,061	-
	Сред.	0,034	0,047	0,041	0,027	0,058	0,037	0,042	0,060	0,044

1. В клетки 5 имеют место наименьшие значения коэффициента v_1 при среднем $v_{1cp} = 0,020$. Наблюдается увеличение v_{1cp} в клетях 6 и 7 при сравнительно небольшом разбросе. Следовательно процесс прокатки в установившемся режиме отличается стабильностью. Увеличение v_{1cp} в клетях 7 может указывать на систематическое действие некоторого технологического фактора.

2. В каждой клетке можно определить эталонное значение $v_{1э}$, например $v_{1э5} = 0,019$, $v_{1э6} = 0,021$, $v_{1э7} = 0,035$, с которыми можно сравнивать значения v при прокатке других полос в партии.

3. Во всех клетях $v_{2cp} > v_{1cp}$, что объяснимо. Отношение средних значений в клетях составляет $n_5 = 2,30$, $n_6 = 2,58$, $n_7 = 1,53$. Наименьшее влияние динамических колебаний на процесс отмечено в клетях 7, техническое состояние линии здесь лучше, чем в клетях 5 и 6.

4. Неравенство по клетям $v_{3cp} > v_{1cp}$ и близость отношений $v_{3cp} / v_{1cp} = 1,01 \dots 1,08$ позволяют заключить о слабом влиянии на процесс хвостового участка при прокатке первой партии полос.

5. Прокатка второй партии полос велась менее стабильно. Проявление возмущения от динамики захвата уменьшилось. Оба примера показывают, что путем сравнения по участкам записи момента значений v_2 и v_3 с v_1 можно оценивать влияние технического состояния на процесс и стабильность прокатки. При этом оценкам даются количественные значения.

6. Предложенный метод особенно эффективен в непрерывных многоклетевых станах, в частности широкополосных горячей прокатки. В них полоса с начальными возмущениями по температуре, толщине, продольной разнотолщинности и др. проходит последовательно все клетки, главные линии которых отличаются динамическими свойствами и техническим состоянием. Сравнение значений v_1 по клетям позволяет установить клеть, в которой проявилось технологическое возмущение. Сравнение v_2 - выделить в разное время эксплуатации стана клеть с ухудшающимся ТС.

Таким образом, кроме коэффициента динамичности при измерениях момента сил упругости в линиях привода валков клетей непрерывного стана и их анализе целесообразно использовать значения коэффициентов вариации, рассчитанных по участкам записи сигнала. Это позволяет дать более полный анализ состояния оборудования и стабильности процесса прокатки каждой полосы и партий полос.

Выводы. Предложен метод анализа записей измерений момента сил упругости в линиях главного привода клетей, включающий вычисление коэффициента вариации на трех участках реализации. Путем их сравнения оценивают состояние оборудования, его изменчивость во времени и стабильность процесса прокатки полос.

*Статья рекомендована к печати
академиком НАН Украины В.И.Большаковым*

В.В.Вереньов, Н.І.Подобєдов, А.П.Далічук, В.В.Корєнної

Оцінка стабільності процесу прокатки смуги за допомогою оберտального моменту в лінії привоу валків

Метою роботи є розробка методу аналізу процесу прокатки з використанням запису моменту сил пружності в головних лініях клітей прокатного стану. Використана методика обробки запису моменту сил пружності шпинделя прокатного валка для встановлення зв'язків з технологічними параметрами прокатки. Встановлено, що, крім визначення коефіцієнта динамічності в лініях привоу валків клітей безперервного стану, доцільно використовувати значення коефіцієнтів варіації за ділянками запису сигналу. Це дозволяє дати більш повний аналіз стану обладнання та стабільності процесу прокатки кожної смуги і партій смуг. Запропоновано метод обчислення коефіцієнта варіації за трьома ділянками записів моменту сил пружності в лініях головного привоу клітей.