

*к.т.н. Шпаков В.А.,
Базарова Е.В.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КАСЕТЫ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ВАЛКОВ

Наведені результати дослідження напружено-деформованого стану касети вертикальних валків.

***Ключові слова:** деформація, напруження, напружено-деформований стан, касета вертикальних валків.*

Приведены результаты исследования напряженно-деформированного состояния кассеты вертикальных валков.

***Ключевые слова:** деформация, напряжения, напряженно-деформированное состояние, кассета вертикальных валков.*

В прокатном производстве проблема экономии металла за счет снижения колебания толщины остается до конца не решенной, несмотря на то, что в этом направлении ведутся интенсивные исследования. Данный способ уменьшения потерь металла, а, следовательно, и себестоимости готовой продукции, расширения выпуска экономичных профилей при производстве проката является достаточно рациональным и эффективным. Однако, в отличие от производства листового проката, при изготовлении сортового профиля этой проблеме не уделяется должного внимания.

На изменение размеров профиля в процессе прокатки влияет множество факторов. Одни из них относятся к группе факторов, практически постоянных или незначительно изменяющихся в течение прокатки ограниченного количества профилей. Другие же факторы носят либо случайный характер, либо их влияние подчинено определенной закономерности. Последние факторы вызывают периодические колебания геометрических размеров готового проката. Очевидно, для повышения точности прокатки необходимо, прежде всего, выявить и впоследствии устранить рассмотренные причины.

Целью данной работы является исследование одного из факторов, оказывающих постоянное влияние на процесс прокатки, а именно, упругих свойств конструкции прокатного оборудования для производства сортовых профилей.

Перед данной работой ставится задача исследования деформаций и напряжений в элементах кассеты, используемой для прокатки фланцевых профилей.

В настоящее время мировым сообществом разработано множество различных программных продуктов, позволяющих в значительной мере ускорить выполнение необходимых расчетов в исследовательской и проектировочной деятельности. Обоснования преимущества использования систем автоматизированного проектирования (САПР) в научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах, разновидности САПР и особенности в работе рассмотрены в работах [1, 2, 3].

В данной работе выполнение расчета напряженно-деформированного состояния прокатного оборудования было произведено с использованием отечественного многофункционального программного комплекса ЛИРА (ПК ЛИРА), предназначенного для расчета, исследования и проектирования конструкций различного назначения.

В качестве объекта исследования использована существующая конструкция кассеты вертикальных валков, в настоящее время находящаяся в эксплуатации на стане 600 ОАО «АМК».

Конструкция кассеты содержит две горизонтально расположенные несущие плиты (верхняя и нижняя), между которыми расположены два валковых узла, состоящих из валков, осей и подшипников качения. Для крепления кассеты к станине клетки используются продольные и поперечные брусья.

Расчет напряженно-деформированного состояния пространственной системы кассеты выполнен на статические нагрузки для условий прокатки двутавровой балки №20 на второй универсальной клетки 11У по второй линии прокатки стана.

Кассета подвержена воздействию следующих нагрузок:

- усилие прокатки;
- тепловое воздействие со стороны проката на вертикальные валки в области контактной поверхности.

В основу расчета положен метод конечных элементов (КЭ) в перемещениях. В качестве основных неизвестных приняты следующие перемещения узлов:

X – линейное по оси X;

Y – линейное по оси Y;

Z – линейное по оси Z;

Расчетная схема системы представлена на рисунке 1.

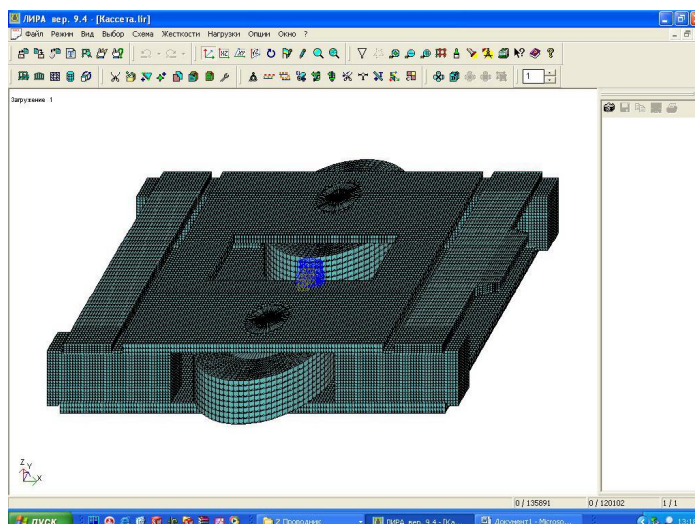


Рисунок 1 – Расчетная схема (модель) кассеты, выполненная в ПК ЛИРА

Для уменьшения количества конечных элементов с целью упрощения и быстроты проведения вычислений конструкция подшипников была упрощена заменой на четырехугольные пластины.

Упругая деформация валков при контакте с прокатом зависит от механических свойств материала валков и прокатываемого профиля, которые в свою очередь зависят от температуры поверхности валка и прокатываемого металла, а также усилия прокатки. Поэтому расчет проводился с учетом перечисленных выше факторов.

Температура поверхности валка в области контакта с прокатом была определена согласно методике, примененной в эксперименте [4], вследствие аналогичности условий прокатки (обжатия, температуры), материала заготовки (конструкционные стали), и профиля заготовки (профили полосы и стенки двутавровой балки №20 – прямоугольные и близкие по толщине).

Средняя температура фланцев профиля прокатываемой двутавровой балки №20 была принята с учетом данных исследования [5]. Значение температуры упруго-деформированной части бочки валка было определено согласно данных [4] и [5] и составило $t = 400\text{C}^\circ$. В расчете было учтено изменение механических свойств материала валков вследствие повышения температуры в области контакта с прокатом в диапазоне от комнатного значения $t = 20\text{C}^\circ$ до принятого $t = 400\text{C}^\circ$.

При расчете использовались следующие характеристики механических свойств материалов элементов кассеты:

$E = 2,15 \cdot 10^5 \frac{H}{\text{мм}^2}$, – модуль упругости материала (сталь) плит, продольных и поперечных брусьев и осей кассеты;

$E_e = 1,77 \cdot 10^5 \frac{H}{мм^2}$, – модуль упругости материала (сталь 150ХНМ)

валков кассеты;

$E_n = 2 \cdot 10^5 \frac{H}{мм^2}$, – модуль упругости материала (сталь) подшипни-

ков качения валкового узла;

$\mu = 0,3$, - коэффициент Пуассона плит, продольных и поперечных брусьев и осей кассеты;

$\mu_t = 0,32$, - коэффициент Пуассона материала валков с учетом температурного воздействия.

Значения E_e и μ_t были определены согласно данным [6].

В расчете использовано реальное значение $P_v = 1,707$ МН усилия прокатки, действующее на вертикальные валки кассеты, принятое согласно результатам исследований [7].

После проведения расчетов были получены следующие результаты для системы в целом, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчета пространственной системы кассеты

Максимальные перемещения, мм	Элемент, испытывающий наибольшие деформации	Напряжения, Н/мм ²		
		Главные	Эквивалентные	Элемент, испытывающий наибольшие напряжения
$\Delta u_{\max} = 0,299$	Плита верхняя	$\sigma_1 = -1,069 \dots +103,080$ $\sigma_2 = -23,199 \dots +20,639$ $\sigma_3 = -135,554 \dots +7,820$	$\sigma_e = +1,974 \dots +186,511$	Плита верхняя
$\Delta u_{\max} = 0,444$	Валок	$\sigma_1 = -506,845 \dots +239,797$ $\sigma_2 = -735,935 \dots +131,219$ $\sigma_3 = -878,513 \dots +0,146$	$\sigma_e = +0,779 \dots +754,883$	Валок
$\Delta u_{\max} = 0,294$	Плита нижняя	$\sigma_1 = -8,558 \dots +125,089$ $\sigma_2 = -35,493 \dots +37,870$ $\sigma_3 = -156,978 \dots +7,074$	$\sigma_e = +1,030 \dots +177,809$	Плита нижняя
$\Delta u_{\max} = 0,330$	Ось	$\sigma_1 = -8,194 \dots +65,502$ $\sigma_2 = -31,860 \dots +20,990$ $\sigma_3 = -81,493 \dots +7,551$	$\sigma_e = +9,015 \dots +127,062$	Ось

Сравним полученные результаты с допустимо возможными.

Суммарный прогиб вертикальных валков:

$$f_s = \Delta y_{\max} = 0,444 \text{ мм.}$$

Для горячей прокатки суммарный прогиб валков $[f]=0,3 \div 1,0$ мм, таким образом f_s находятся в интервале допустимых значений (удовлетворяет условию прочности на изгиб).

Деформация плит:

$$\text{Верхняя плита: } \Delta x_{\max} = 0,138 \text{ мм, } \Delta y_{\max} = 0,299 \text{ мм, } \Delta z_{\max} = 0,076 \text{ мм.}$$

$$\text{Нижняя плита: } \Delta x_{\max} = 0,1 \text{ мм, } \Delta y_{\max} = 0,294 \text{ мм, } \Delta z_{\max} = 0,201 \text{ мм.}$$

Для станин клетей станов горячей прокатки допускаемая деформация $[\Delta]=0,6 \div 1,0$ мм, следовательно, деформации обеих плит находятся в интервале допустимых значений.

Допустимое напряжение для легированных стальных валков $[\sigma]=160 \text{ МПа}$. Согласно результатов расчета, выполненного по 4-той теории прочности, $\sigma_{\text{экв}} = 754,883 \text{ МПа}$. Таким образом, полученное расчетное эквивалентное напряжение $\sigma_{\text{экв}}$ значительно превышает допускаемые контактно-усталостные напряжения. То обстоятельство, что валки в эксплуатируемой конструкции выдерживают столь большие напряжения, объясняется тем, что они являются сжимающими в области контакта с прокатом.

Выводы.

1. В данной работе впервые получена картина напряженно-деформированного состояния кассеты вертикальных валков.

2. Полученные перемещения элементов кассеты, возникшие в результате воздействия усилия прокатки на конструкцию кассеты, в пределах рекомендуемых для деталей прокатных клетей.

3. Расчетные эквивалентные напряжения для большинства деталей несущественно превышают допустимые значения (5-30%). Однако, необходимо обратить внимание на работу валкового узла, поскольку полученное расчетное эквивалентное напряжение $\sigma_{\text{экв}}$ в области очага деформации значительно превышает допускаемые контактно-усталостные напряжения, что может привести к преждевременному разрушению валков, т.е. выкрашиванию, трещинам, отколам и выходу из строя.

4. С целью повышения жесткости кассеты необходимо модернизировать ее конструкцию, усовершенствовать валковый узел.

Дальнейшие исследования предполагается вести в области усовершенствования конструкции кассеты вертикальных валков и точности изготовления сортовых профилей.

Полученные данные могут быть использованы при проектировании, модернизации и реконструкции универсальных клетей.

Библиографический список

1. Геометрическое моделирование деталей машин при помощи *SOLID WORKS* / И.А. Кубышкина, Е.В. Базарова, И.А. Барташ // Сборник научных трудов ДонГТУ. - Алчевск, 2009. - № 28. - С. 276-282.

2. Геометрическое моделирование деталей машин при помощи *КОМПАС-3D* / Н.А. Данько, И.О. Сова, О.Н. Пронина // Сборник научных трудов ДонГТУ. - Алчевск, 2009. - № 28. - С. 283-287.

3. Геометрическое моделирование строительных конструкций при помощи ПК *ЛИРА* / О.А. Черных, И.О. Сова, Я.А. Балашова-Сукач // Сборник научных трудов ДонГТУ. - Алчевск, 2009. - № 28. - С. 333-340.

4. Яловой Н.И. Тепловые процессы при обработке металлов и сплавов давлением / Яловой Н.И. [и др.] – М.: Высш. шк., 1973.

5. Комплексное исследование степени загрузки клетей стана 600 ОАО «АМК» при производстве профилей действующего сортамента: отчет о научно-исследовательской работе. – Харьков: УкрНИИМет, 1989.

6. Третьяков А.В. Механические свойства сталей и сплавов при пластическом деформировании / Третьяков А.В. [и др.] Справочник. – М.: Машиностроение, 1971.

7. Оптимизация процесса прокатки двутавровой балки №20 в условиях крупносортового стана 600 ОАО «АМК» / В.А. Шпаков, И.К. Дорожко, П.А. Петров // Сборник научных трудов ДГМИ. - Алчевск, 2001. - № 13. - С. 184-192.

Рекомендовано к печати проф. В.Н. Ульянищким