



Рисунок 12 –
Распределения
суммарных пере-
мещений



Рисунок 13 –
Распределения
эквивалентных
напряжений

Выводы. В статье предложена уточненная методика исследования задачи аэроупругости, в которой было показано, что учет двухсторонней связанности значительно влияет на конечный результат НДС. Приведены расчеты для задачи газодинамики и напряженно-деформированного состояния от действующего давления для тестовой панели.

Список литературы: 1. Журавлев Р.В., Диденко Р.А., Лугинина Н.С., Габов Д.В. Разработка метода прогнозирования уровня вибронпряжений в лопатках ГТД // Труды МАИ, № 65, С. 1-19. 2. Кузьмин И.М., Тонков Л.Е., Котысов С.П. Алгоритмическое программное обеспечение решения задач взаимодействия конструкции с жидкостью/газом на гибридных вычислительных системах // Компьютерные исследования и моделирование. - 2013 Т5 №2 С. 154-164. 3. Васильев А.Ю. Дослідження процесу обтікання корпусу МТ-ЛБ ударною хвилею // Вісник НТУ „ХПІ”. Тем. вып.: Машинознавство та САПР – Харьков: НТУ “ХПІ”, 2009. – № 14. - С.3-10. 4. Бруль С.Т. Моделирование реакции корпуса боевой машины на действие подвижной нагрузки: теория, методы и модели // Вісник НТУ „ХПІ”. Тем. вып.: Машинознавство та САПР. – Харьков: НТУ “ХПІ”, 2007. – № 3. - С.24-43. 5. Шлуваев Н.В. Методика численного моделирования аэроупругого взаимодействия компрессорных лопаток газотурбинного двигателя с дозвуковым набегающим потоком воздуха // дис. канд. наук., 05.13.18 - Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, Пермь, 2014. – 133 с.

Поступила в редколлегию 18.03.2014

УДК 539.3: 623.438

Исследование связанной задачи аэроупругости с применением современных методов расчета / **А.В. Грабовский** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Машинознавство та САПР. – X. : НТУ «ХПІ», 2014. – № 29 (1072). – С. 44-48. – Бібліогр.: 5 назв. ISSN 2079-0075.

Запропоновано новий підхід до розрахунку напружено-деформованого стану елементів з урахуванням взаємодії пружної конструкції з газовим потоком. Він базується на постановці зв'язаної задачі аеропружності. Наведені результати розв'язання тестової задачі.

Ключові слова: зв'язана задача, аеропружність, напружено-деформований стан, швидкість потоку, обтікання

A new approach is proposed to stress-strain state calculation of elements taking into account an interaction of elastic structures with gas flow. It is based on formulation of linked aeroelasticity problem. The results of test problem solving are presented.

Keywords: linked problem, aeroelasticity, stress-strain state, flow velocity, streamlining

УДК621.9.06-52

В.В. ДИОРДИЙЧУК, нач. конструкторского бюро НТК

ЧАО „АзовЕлектроСталь”, Мариуполь;

Н.А. ТКАЧУК, д.т.н., проф., зав. каф. ТММиСАПР НТУ „ХПІ”;

В.А. ШКОДА, к. т. н., Мариуполь;

ОПЫТ КОНСТРУИРОВАНИЯ И ПРОМЫШЛЕННОЕ ВНЕДРЕНИЕ ЧУГУННЫХ ПАЛЛЕТ В СОСТАВЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ФОРМОВОЧНЫХ ЛИНИЙ

В статье рассмотрены и проанализированы результаты эксплуатации опытной партии паллет, у которых рамы отлиты из серого чугуна марки СЧ-25. Показана приемлемость их промышленного использования в составе автоматизированных формовочных линий при условии установки специальных стальных вставок в опорных узлах рамы – в местах сочленения с колесами и при введении демпфирующих колец в узлы колес.

Ключевые слова: транспортная система, автоматизированная формовочная линия, паллета, “паразитная” нагрузка

© В.В. Диордийчук, Н.А. Ткачук, В.А. Шкода, Е.Н. Барчан, 2014

Введение. В последнее время широкое распространение в отечественной и зарубежной практике получили автоматизированные формовочные линии, в которых транспортная система выполнена из паллет. При этом сама транспортная система является комбинированной и состоит из отдельных участков, по которым опоки, полуформы и литейные формы вместе с паллетами перемещаются по рельсовому пути, по ролянгу и по трансбордеру (передача с одной ветви конвейера на другую). Такая автоматизированная линия с размерами опок 2900x1700x500мм, разработанная фирмой “KUNKEL WAGNER”, работает на ЧАО “АзовЭлектроСталь” (г. Мариуполь) [1] (рис.1).

На раму паллеты в процессе эксплуатации в составе формовочной линии действуют значительные нагрузки [2]: изгибающий момент от установленной на ней литейной формы, пригруженной технологическим грузом и залитой металлом; динамическое воздействие от установки на литейную форму (до заливки жидкого металла) технологического груза; силовая равномерно распределенная нагрузка, передаваемая на опорные колеса; боковая горизонтальная нагрузка от взаимодействия паллет с соседними паллетами и толкателем; пара сил от возникновения сил трения между ребрами колес и рельсами при искривлении последних. Кроме того, возможно тепловое воздействие при иногда имеющих место нарушениях целостности литейной формы и прорыве из нее жидкого металла.

В ранее опубликованной статье [3] были освещены предварительные данные по эксплуатации опытной партии литых паллет из чугуна СЧ25 ГОСТ 1412-85 (EN-G/L-250) с сохранением таких же опорных узлов, как и при паллете сварной конструкции, изготовленной из листового проката. Наибольшее опасение вызвало состояние литой чугунной рамы паллеты после длительного на нее воздействия изгибающего момента (так как предел прочности стали на изгиб значительно выше).

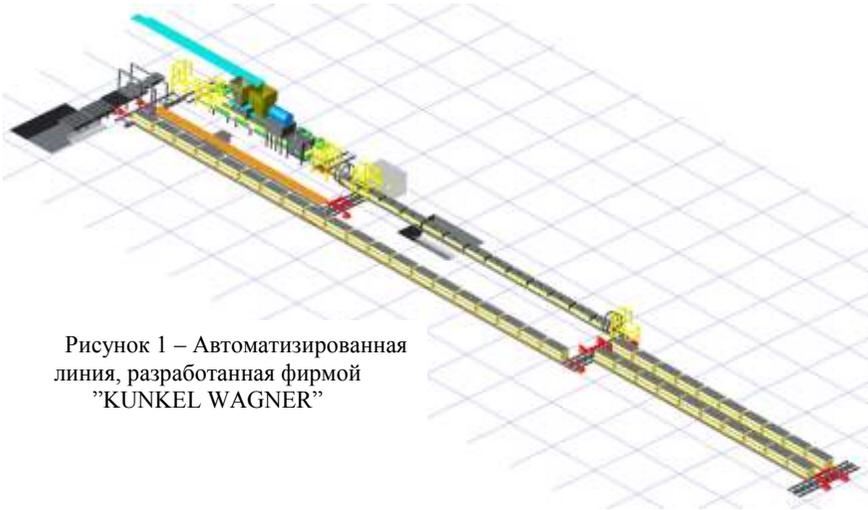


Рисунок 1 – Автоматизированная линия, разработанная фирмой "KUNKEL WAGNER"

Результаты обследования состояния контура рамы. Поэтому были продолжены систематические обследования состояния контура рамы, опорной плиты и узлов ее сочленения с ребрами. Результаты обследования показали отсутствие трещин и износа рамы при длительной эксплуатации паллет. По-видимому, демпфирующая способность чугуна обеспечила достаточную прочность и надежность рамы. Кроме того было отмечено, что чугунная плита рамы оставалась без коробления при частичных прорывах жидкого металла. В то время как при прорывах жидкого металла на стальную плиту паллеты происходило приваривание его к плите и ее коробление, что требовало последующей правки и термической обработки конструкции рамы.



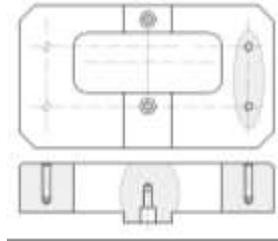
Рисунок 2 – Паллеты автоматизированной формовочной линии

Однако в самых напряженных силовых узлах рамы – в месте сочленения с опорными колесами – после некоторого времени эксплуатации появлялись трещины, которые затем приводили к отламыванию части опорной стенки, следствием чего являлся выход из строя паллеты и остановка работы автоматизированной формовочной линии (рис. 2.). Таким образом, в этих узлах чугун не обеспечивал требуемую прочность. По-видимому, сказывалось также действие горизонтальной силы перемещения паллет по ветви линии в условиях некоторого искривления оси рельсового пути. В этой связи были проработаны вопросы усиления опорных узлов рамы в месте стыковки колес паллеты.

Опорную часть рамы в месте установки колес выполнили в виде отдельного узла – стальной вставки, скрепленной с ребрами чугунной рамы болтовыми соединениями [4] (рис. 3, а). Вставки (рис. 3, б) изготовлены из стали 09Г2С.



а



б

Рисунок 3 – Опорную часть рамы в месте установки колес:
а – с ребрами чугуновой рамы болтовыми соединениями;
б – вставки из стали 09Г2С

предотвращения всплывания верхней полуформы при заливке в форму жидкого металла. Рекомендуемую массу груза для данных условий 9 т уменьшили до 5 т, что снизило вертикальную нагрузку на платформу на 4 т при обеспечении сохранения геометрических размеров и качества отливки.

Другим усовершенствованием явилось закрепление цапф на раме паллеты для ее транспортировки при установке в линию. На стальной раме цапфы приваривались к наружным стенкам корпуса. Приварка же стальной цапфы к боковой чугунной стенке не обеспечила бы должной прочности соединения. В литой чугунной раме паллеты при тонких сечениях ее стенок осуществление заливки цапф на ее боковых поверхностях, как это делается при отливке литейных опок, привело бы к разрушению боковых стенок. Поэтому нами предложено устройство в виде стальной плиты с приваренной к ней стальной цапфой, а сама плита крепится к боковой стенке рамы с помощью четырех болтовых соединений. При этом ось цапфы располагается по оси среднего ребра (рис. 4).

Как показал опыт длительной эксплуатации паллет, при жесткой конструкции рамы большие перегрузки испытывают узлы колес, которые передают усилия (в том числе динамические) на шариковые однорядные радиальные подшипники (№ 214) и через корпуса подшипников на раму. Это приводило к недостаточному сроку службы подшипников и к дополнительной динамической нагрузке на раму.

Как было отмечено выше, паллеты испытывают внешнее воздействие энергией соударения (в вертикальном и в горизонтальном направлениях) и деформацией, связанной с дефектами изготовления и монтажа. Уровень “паразитных” нагрузок очень высок и, как следствие, имеет место низкая стойкость подшипников качения, а также разбивание гнезд подшипников, подушек и опорной части рамы. Для повышения запаса прочности в подобных случаях устанавливают подшипники большей грузоподъемности и значительно более дорогие. Мы тоже пытались это сделать, заменяя однорядные шариковые подшипники на сферические двухрядные и роликовые. Но, как показала практика, подобные решения не избавляют подшипники от поломок, так как жесткость узлов увеличивается, соответственно растут и

Были также проанализированы все виды нагрузок на раму паллеты с целью изыскания возможности уменьшения на нее силового воздействия. Прежде всего, были пересмотрены классические требования литейной технологии по массе технологического груза, необходимого для



Рисунок 4– Расположение оси цапфы

“паразитные” нагрузки.

Авторами был проработан вариант, предусматривающий введение в жесткую систему специального активного устройства (энергоемкого элемента). Такое устройство (амортизатор) способно снизить нагрузки в опорных узлах паллеты и повысить их функциональную прочность. В качестве амортизатора используют полиуретановые эластомеры, которые обеспечивают высокую прочность, износостойкость, стойкость к ударным нагрузкам и сохраняют высокие эластичные свойства в широком диапазоне температур от -50°C до $+120^{\circ}\text{C}$. Относительная деформация колец – не более 10-15% с восстановлением своей формы. Опыт использования демпфирующих вставок на рольгангах прокатного стана “1700” ММК им. Ильича, испытывающих подобные нагрузки, показал возрастание стойкости подшипников с 6 до 18-20 месяцев [5, 6].

Основываясь на этом, было разработано техническое решение, предусматривающее изменение конструкции узла колес, а именно установку между внутренней поверхностью корпуса подшипника и наружной обоймой последнего кольцевой вставки из полиуретана [7]. На рис. 5, а показан узел колеса без кольцевой вставки из полиуретана, а на рис. 5, б – с кольцевой вставкой из полиуретана. Введение в жесткую систему паллет демпфирующих вставок, расположенных в корпусах опорных подшипников, позволяет существенно снизить “паразитные” нагрузки на подшипники и снизить ударные нагрузки на раму паллеты.

После доработки конструкции опорной части литой чугунной рамы паллеты и установки в узлах колес демпфирующих колец в соответствии с нашими конструктивными решениями была достигнута требуемая надежность и долговечность при эксплуатации модернизированных паллет в составе автоматизированных формовочных линий крупного литья. Доказана практическая возможность их промышленного использования наряду со сварными стальными паллетами.

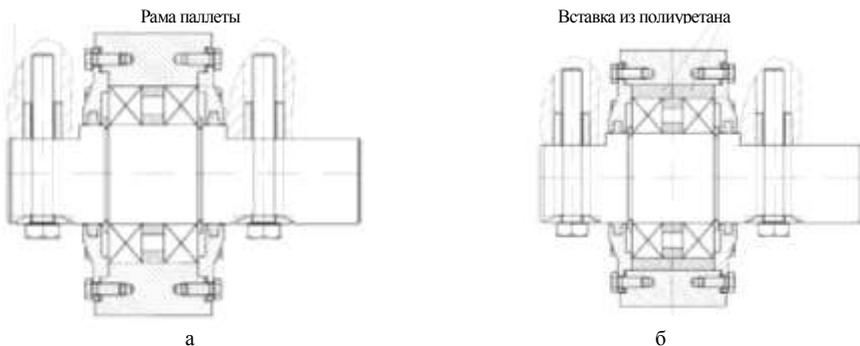


Рисунок 5 – Узел колеса: а – без кольцевой вставки из полиуретана; б – с кольцевой вставкой

Выводы.

1. После отливки опытной партии рам паллет из серого чугуна марки СЧ-25 и получения предварительных результатов их применения продолжены углубленные исследования их состояния при эксплуатации.

2. Установлено, что литая рама паллеты, изготовленная из серого чугуна марки СЧ-25, выдерживает действующие на нее силовые нагрузки и изгибающие

моменты, однако опорная часть рамы в месте установки колес не обеспечивает требуемой прочности.

3. Разработаны конструкции специальных стальных вставок в раме в зонах ее опорных узлов и демпфирующих вставок в узлы колес, что позволяет повысить прочность паллет, снизить действие “паразитных” нагрузок на подшипники и корпус рамы и повысить стойкость подшипников.

4. Паллеты с литыми рамами из серого чугуна после выполнения модернизации опорных узлов успешно эксплуатируются в составе двух автоматизированных формовочных линий ЧАО “АзовЭлектроСталь” наравне со стальными сварными паллетами.

Список літератури: 1. *Диордійчук В.В.* Транспортные системы автоматизированных формовочных линий крупного литья / В.В. Диордійчук, В.А.Шкода // Вестник НТУ «ХПИ». Тем. вып. “Машиностроение и САПР”. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2010. – №19. – С. 95-100. 2. *Диордійчук В.В.* Анализ силовых нагрузок и изгибающих моментов, воспринимаемых паллетами автоматизированных формовочных линий / В.В.Диордійчук, В.А.Шкода // Вестник НТУ «ХПИ». Тем. вып. “Машиностроение и САПР”. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2010. – №38. – С. 152-159. 3. *Диордійчук В.В.* О конструктивных особенностях и опыте эксплуатации литых чугунных рам паллет в составе автоматизированных формовочных линий / В.В. Диордійчук, В.А. Шкода // Вестник НТУ «ХПИ». Тем. вып. “Машиностроение и САПР”. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2013. – №1. – 4. *Диордійчук В.В., Игнатенко С.В., Попова Н.Д. и др.* Паллета автоматизированной формовочной линии. Патент Украины №72582, кл. В22С19/00. Опубл. 27.08.2012, бюл.№16. 5. *Артюх Г.В., Артюх В.Г., Беляев А.Н.* Амортизация подшипников прокатного оборудования.// Тез. докл. Межд науч.-техн. конф. “Университетская наука -2007”. Механико-машиностроительный факультет, ПГТУ, 2007 г. 6. *Артюх Г.В., Артюх В.Г., Беляев А.Н.* К вопросу повышения функциональной прочности металлургических машин.// Тез. докл. Межд науч.-техн. конф. “Университетская наука -2007”. Механико-машиностроительный факультет, ПГТУ, 2007 г. 7. *Барчан Е.Н., Диордійчук В.В.* Колесо паллеты автоматизированной формовочной линии. Патент Украины №77638, кл. В22С19/00. Опубл. 25.02.2013, бюл. №4.

Надійшла до редколегії 15.04.2014

УДК 519.2

Опыт конструирования и промышленное внедрение чугунных паллет в составе автоматизированных формовочных линий / **В.В. Диордійчук, Н.А. Ткачук, В.А. Шкода, Е.Н. Барчан** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Машинознавство та САПР. – Х. : НТУ «ХПІ», 2014. – № 29 (1072). – С. 48-53. – Бібліогр.: 7 назв. ISSN 2079-0075.

У статті розглянуті та проаналізовані результати експлуатації дослідної партії палет, у яких рами відлиті з сірого чавуну марки СЧ-25. Показана прийнятність їх промислового використання в складі автоматизованих формувальних ліній за умови установки спеціальних сталевих вставок в опорних вузлах рами - в місця зчленування з колесами і при введенні демпфуючих кільць у вузли коліс.

Ключові слова: транспортна система, автоматизована формувальна лінія, палета, “паразитне” навантаження

The article describes and analyzes results of operation of experimental batch of pallets, which frames are casted from SCH-25 gray iron. The acceptability of their industrial use is shown in automated moulding lines when special steel inserts are installed in frame's reference nodes and damping rings are introduced in knots wheels.

Keywords: transport system, automated moulding line, pallet, spurious loading

УДК 621.01

Е.И. ЗИНЧЕНКО, к.т.н., доц. каф. “ТММиСАПР” НТУ “ХПИ”;
И.П. ГРЕЧКА, к.т.н., ст. препод. каф. “ТММиСАПР” НТУ “ХПИ”;
Г.А. КРОТЕНКО, к.т.н., доц. каф. “ТММиСАПР” НТУ “ХПИ”

ПРИМЕНЕНИЕ ИГРОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Рассмотрена роль игрового проектирования в учебном процессе. Это прогрессивная форма обучения,