

рациональные варианты технологии, и, как следствие, - параметров рабочих органов прессов и КПС. Это связано с тем, что такого рода системы не имеют специализированных для условий колесопрокатного производства программных средств, поддерживающих решения проектно-конструкторских задач в данной предметной области.

Существующие, классические методы и подходы к расчету режимов деформирования металла и параметров рабочих органов агрегатов прессопрокатных линий основываются на упрощенных аналитических моделях процессов штамповки и прокатки колес $\varnothing 957$ мм с плоскоконическим диском. Опыт промышленного производства таких колес исчисляется десятилетиями. Однако новые, низконапряженные колеса существенно отличаются от них по конструкции, что требует совершенствования как режимов деформации металла по технологическим переходам, так и методов проектирования калибровок инструмента деформации прессов и КПС.

Основное внимание в представленной к защите диссертационной работе уделено важной научно-практической проблеме, связанной с созданием математических моделей, методов и специализированных программ проектирования процессов штамповки и прокатки колес, а также созданием новых и совершенствованием существующих способов и рабочих органов агрегатов для штамповки и прокатки колес широкого сортамента. Полученные выводы и рекомендации по этим вопросам обеспечивают повышение точности и стабильности размеров штампованно-катаных колес, равномерную загрузку оборудования, а также повышение срока службы инструмента деформации.

Основные научные результаты и их значимость для науки и производства

Основные научные результаты, полученные автором:

1. Впервые созданы научные основы автоматизированного проектирования профилей колес широкого сортамента, которые дают необходимые и достаточные условия для минимизации и равномерного распределения напряжений в дисках колес от действия эксплуатационных нагрузок.

2. Усовершенствована классификация профилей железнодорожных колес широкого сортамента, как основа методов системного автоматизированного проектирования профилей чистовых и черновых колес, калибровок, а также сборочных чертежей рабочих органов заготовочных, формовочных, выгибных прессов и колесопрокатных станков.

3. Получили дальнейшее развитие представления о положении нейтральной линии в зоне диска колеса, относительно которой в последний момент штамповки колесной заготовки на формовочном прессе металл течет в зоны обода и ступицы, а также о степени заполнения металлом штампов в зонах обода и ступицы на основе установленных регрессионных зависимостей этих параметров от факторов, определяющих взаимосвязь размеров заготовки и штампуемой из нее колесной заготовки с ободом, диском и ступицей.

4. Получили дальнейшее развитие представления о рациональном соотношении между суммарными осевыми и радиальными обжатиями обода при прокатке колеса, которое определяется равенством вытяжек μ_2 (вытяжка, соответствующая суммарному осевому обжатию обода) и μ_3 (вытяжка, соответствующая суммарному радиальному обжатию обода по поверхности катания), обеспечивающим одинаковое увеличение диаметра обода колеса за счет суммарных осевых и радиальных обжатий.

5. Впервые установлена зависимость угла наклона рабочей поверхности верхнего плавающего калибровочного кольца осадочного (заготовочного) прессы, не оборудованного верхним выталкивателем, при котором обеспечивается удаление осаженой заготовки под действием ее собственной силы тяжести.

6. Получили дальнейшее развитие представления о влиянии схемы штамповки колесной заготовки на износ деформирующего инструмента формовочного прессы. Показано, что исключение одностороннего течения металла на заключительной стадии штамповки способствует уменьшению износа верхних и нижних формовочных штампов на 20-24%. Установлено, что в условиях подпора течению металла со стороны формовочного кольца и наличия осевого обжатия обода при формировании гребня уменьшается величина проскальзывания деформируемого металла относительно поверхности формовочных штампов в зоне их наиболее интенсивного износа (перехода от диска к ободу), что способствует уменьшению величины износа дополнительно на 27-33%.

7. Получила развитие постановка краевой задачи обработки металлов давлением применительно к процессу прокатки железнодорожных колес на колесопрокатных станах горизонтального типа путем включения в начальные и граничные условия экспериментально установленных зависимостей от времени сил прокатки на протяжении всех стадий процесса.

8. Получили развитие представления о механизме минимизации асимметрии колесной заготовки на начальном этапе прокатки колес с плоскоконическим диском диаметром 957 мм на колесопрокатных станах горизонтального типа. Установлено, что выполнение осадки обода по ширине до соприкосновения наклонных валков с отштампованной поверхностью диска за два полных оборота колесной заготовки обеспечивает частичную компенсацию разнотолщинности обода, образованную на первом обороте, разнотолщинностью, образованной на втором обороте заготовки, что возможно реализовать при осевом обжатии ~20 мм.

9. Получили развитие представления о влиянии скоростного режима прокатки на силовые нагрузки, напряженное состояние и запас прочности эджерных валков. Установлено, что наибольшее влияние на напряженное состояние эджерных валков оказывает скоростной режим на основной стадии прокатки. При этом, чем выше скорость роста внутреннего диаметра обода колеса ($V_{вн}$), тем выше радиальная составляющая силы прокатки на «средних конусах» эджерных валков и,

как следствие, больше величины их прогибов и ниже запас прочности. Установлена наибольшая рациональная величина $V_{вн}$ для предупреждения поломки эджерных валков после их максимальной переточки: для КПС вертикального типа 4-5 мм/с; для КПС горизонтального типа 10-11 мм/с.

10. Впервые созданы научные основы автоматизированного проектирования сборочных чертежей рабочих органов заготовочных, формовочных и выгибных прессов, включающие взаимную зависимость четырех групп цифровой информации: 1-я - базовые габаритные размеры проектируемых деталей основного инструмента деформации и дополнительной оснастки, а также штамподержателей; 2-я - дополнительные размеры: фасок, отверстий, выступов, выемок, закруглений, уклонов, зазоров между деталями; 3-я - координаты точек сопряжений калибровок по инструменту деформации; 4-я - недостающие (расчетные) габаритные, а также взаимосвязанные с ними размеры деталей. На основе цифровой информации всех групп проектируется контур каждой детали в своей системе координат с последующим его перемещением относительно штамподержателей и с учетом взаимного расположения деталей в сборочном чертеже.

11. Впервые созданы научные основы автоматизированного проектирования сборочных чертежей нажимного и эджерных валков колесопрокатных станов вертикального типа, включающие взаимную зависимость геометрических параметров колесопрокатного стана, определяющих кинематику валков; углов поворота осей переднего и заднего эджерных валков, их длин и диаметров; параметра предельного положения оси нажимного валка; координат точек сопряжений калибровок по металлу для формовочного пресса и колесопрокатного стана.

Значимость для науки результатов исследований заключается в том, что:

1. Разработана математическая модель криволинейной оси диска колеса и сформулированы основные принципы проектирования конструкций колес, обладающих высокими эксплуатационными характеристиками (меньшей массой за счет меньшей толщины диска; большей жесткостью в осевом и меньшей в радиальном направлениях; меньшими напряжениями в диске от действия механических и термических нагрузок), полученными за счет рациональной формы и размеров диска, также его расположения относительно обода и ступицы.

2. Для широкого сортамента колес разработана математическая модель процесса штамповки колесных заготовок на формовочном прессе из заготовок, полученных разгонкой конусной или фасонной плитами, которая позволила определить: положение нейтральной линии в зоне диска колеса, относительно которой в последний момент штамповки металл течет в зоны обода и ступицы; степень заполнения металлом штампов в зонах обода и ступицы; силу штамповки, а также выполнить визуализацию процесса заполнения формовочных штампов, что обеспечило возможность оперативно проводить оценку эффективности разрабатываемых калибровок и расчетов режимов обжатий, не прибегая на промежуточных

этапах проектирования к конечно-элементному моделированию, требующему значительных затрат времени.

3. Получила развитие постановка красной задачи обработки металлов давлением применительно к процессу прокатки железнодорожных колес на 6-ти валковом колесопркатном стане горизонтального типа за счет учета полученных зависимостей сил прокатки от времени, которая позволяет путем конечно-элементного моделирования выполнять оценку эффективности разработанных калибровок и режимов обжатий, не прибегая к опытным прокаткам.

4. Разработана математическая модель процесса прокатки колес, которая позволила определить рациональное соотношение между суммарными осевыми и радиальными обжатиями обода. На базе учета вытяжек, которые соответствуют радиальным и осевым обжатиям обода в процессе прокатки колесной заготовки и получения колеса, впервые предложен метод автоматизированного расчета калибровок для формовочного пресса, который позволил исключить определение наружного диаметра колесной заготовки, диаметров по внутренним поверхностям обода и его ширины на основе практического опыта.

5. Получили развитие научные основы автоматизированного проектирования калибровок, а также созданы научные основы автоматизированного проектирования сборочных чертежей рабочих органов заготовочных, формовочных, выгибных прессов и колесопркатных станов, на базе которых разработаны методы автоматизированной разработки чертежей деталей основного инструмента деформации и дополнительной оснастки прессов, а также чертежей эджерных и нажимных валков колесопркатных станов вертикального типа.

Практическое значение результатов работы определяется следующим.

1. Для условий железных дорог стран СНГ разработаны новые низконапряженные конструкции колес $\varnothing 957$ мм, удовлетворяющие ГОСТ 10791-2011, которые обеспечивают минимизацию напряжений в их дисках от действия эксплуатационных нагрузок, а также повышение коэффициента запаса сопротивления усталости.

2. Разработаны новые, защищенные пятью патентами на изобретения способы штамповки колесных заготовок и прокатки колес, обеспечивающие повышение стабильности их размеров, равномерную загрузку прессов, а также повышение срока службы инструмента деформации.

3. Разработана усовершенствованная конструкция рабочего органа (с верхним плавающим технологическим кольцом) осадочного (или заготовочного) пресса, не оборудованного верхним выталкивателем, которая обеспечивает удаление осаженой заготовки.

4. Разработан метод автоматизированного проектирования сборочных чертежей рабочих органов заготовочных, формовочных, выгибных прессов и колесопркатных станов вертикального типа, обеспечивающий снижение трудоемкости

расчетно-графических работ, в том числе, при выполнении чертежей деталей основного инструмента деформации и дополнительной оснастки прессов, а также чертежей эджерных и нажимных валков.

5. Результаты диссертационной работы внедрены на ПАО «ИНТЕРПАЙП НТЗ» и АО «ВМЗ». В условиях АО «ВМЗ» с использованием результатов научно-технических разработок, выполненных в диссертации, разработаны калибровки для штамповки и прокатки 20-ти профилеразмеров колес, которые на их основе были освоены в колесопрокатном цехе. На ОАО «ЕВРАЗ НТМК» переданы результаты научно-технических разработок, выполненных в диссертации. На ПАО «ИНТЕРПАЙП НТЗ» соискателем разработаны калибровки для 7-ми профилеразмеров колес, которые на их основе освоены в колесопрокатном цехе. Разработанные в диссертации математические модели и методы используются в учебном процессе ГОУВПО «ДонНТУ».

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.

Для практики промышленного производства колес в странах СНГ актуально использование разработанных технологических схем штамповки и усовершенствованных конструкций рабочих органов осадочного и заготовочного прессов. Это позволит обеспечить рациональную силовую загрузку прессов, повысить стойкость формовочных штампов, а также снизить влияние точности настройки оборудования на стабильность размеров штампованно-катаных колес.

Потенциальными потребителями выполненных разработок (новых и усовершенствованных методов, способов и компьютерных программ) являются ОАО «ЕВРАЗ НТМК» и АО «ВМЗ», в колесопрокатных цехах которых эксплуатируются, соответственно, новое и морально устаревшее оборудование прессопрокатных линий.

Считаем целесообразным продолжение в странах СНГ работ, осуществляемых на базе созданных методов и компьютерных программ, направленных на проектирование новых высокоэффективных конструкций железнодорожных колес различного назначения.

Актуально также создание новой конструкции железнодорожного колеса в соответствии со стандартами M-107/ M-208, S-660 и S-669 Ассоциации американских железных дорог, которая позволит повысить срок их службы на дорогах стран Северной Америки.

Общие замечания

Как недостаток отмечаем, что созданная система автоматизированного проектирования рабочих органов прессов и колесопрокатного стана не содержит модуля прогнозирования нагрузок и износа элементов рабочих органов. Наличие такого расчетного модуля позволило бы выполнять оперативную оценку влияния проектируемого режима деформирования на стойкость инструмента и, таким об-

разом, более объективно оценивать эффективность принимаемых технических решений.

Из представленных в диссертации результатов следует, что стойкость рабочих органов формовочного прессы определяется преимущественно степенью их абразивного износа. При этом не рассмотрены другие факторы и причины, влияющие на стойкость штампов и валков. В частности, приведенные в работе данные не позволяют оценить влияние вида материала, из которого изготовлены элементы рабочих органов прессов и КПС на их эксплуатационную стойкость.

В работе отсутствуют экспериментальные исследования процессов деформирования колесных заготовок на прессах.

Недостаточно проработан вопрос оптимальности температурно-скоростных режимов деформации заготовок на прессах и их влияние на стойкость рабочих органов.

В седьмом разделе диссертации представлен ряд технических решений по изменению схем деформирования заготовок на прессах. При этом не приведены подробные результаты расчета эксплуатационных нагрузок на рабочие органы прессов. Это затрудняет оценку эффективности предлагаемых решений.

Заключение

Диссертация представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, в которой решена актуальная, имеющая важное хозяйственное значение научно-техническая проблема создания научных основ автоматизированного проектирования низконапряженных конструкций железнодорожных колес, рабочих органов агрегатов и технологии штамповки и прокатки колес широкого сортамента, совершенствования технологических режимов и конструктивных параметров рабочих органов агрегатов штамповки и прокатки колес, освоения производства новых профилеразмеров колес и расширения их сортамента.

Полученные диссертантом новые научные результаты имеют существенное значение для металлургической промышленности, науки и практики проектирования и освоения производства новых, высокоэффективных профилей железнодорожных колес. Выводы и рекомендации достаточно обоснованы.

Работа отвечает требованиям п. 2.1 Положения о присуждении учёных степеней, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему учёной степени доктора технических наук по специальностям 05.02.13 - Машины, агрегаты и процессы (в металлургии), 05.16.05 - Обработка металлов давлением.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры «Машины металлургического комплекса» Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Луганской Народной Республики «Донбасский государственный технический университет» «17» октября 2018 г., протокол № 3.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры «Обработка металлов давлением и металловедение» Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Луганской Народной Республики «Донбасский государственный технический университет» «17» октябре 2018 г., протокол № 2.

Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Машины металлургического комплекса» Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Луганской Народной Республики «Донбасский государственный технический университет»

94204, Луганская Народная Республика, г. Алчевск, пр. Ленина, 16,

тел.: +380 (6442) 2-89-48,

эл. почта: mmkipm@mail.ru



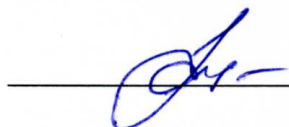
Вишневский Дмитрий Александрович

Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Обработка металлов давлением и металловедение» Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Луганской Народной Республики «Донбасский государственный технический университет»


94204, Луганская Народная Республика, г. Алчевск, пр. Ленина, 16,


тел.: +380 (6442) 2-82-24,

эл. почта: omdim2009@rambler.ru



Денищенко Павел Николаевич

Я, Вишневский Дмитрий Александрович, согласен на автоматизированную обработку персональных данных приведенных в этом документе 

Я, Денищенко Павел Николаевич, согласен на автоматизированную обработку персональных данных приведенных в этом документе 

Денищенко Вишневского Д.А.
Денищенко П.Н.

подтверждаю

Свиридова 