

УДК 621.77:669.14.018.27: 621.77.4

СРАВНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОДГОТОВКИ СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТИ ПРОКАТА ДЛЯ ВЫСАДКИ МЕТИЗОВ С ЦЕЛЮ СНИЖЕНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РАБОТНИКОВ ОПАСНЫХ И ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ

¹Филиппов А.А., ¹Пачурин Г.В., ²Матвеев Ю.И., ¹Кузьмин А.Н.¹ФБГУ ВО «Нижегородский государственный университет им. Р.А. Алексеева»,
Нижегород, e-mail: pachuringv@mail.ru;²ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта»,
Нижегород, e-mail: pachuringv@mail.ru

Вопросы безопасной эксплуатации производственного оборудования и технологических процессов в настоящее время представляют собой особую актуальность. К числу наиболее распространенных и ответственных в машиностроении деталей относится крепеж, изготавливаемый холодной высадкой из калиброванного металлопроката. Множественные поверхностные и внутренние скрытые дефекты готовых изделий обуславливаются не только качеством исходного металлопроката, но и состоянием оборудования и последующей технологией переработки. Исходной заготовкой для производства калиброванного проката является горячекатаный прокат. Структурно-механические свойства и качество поверхности исходного проката во многом определяют дальнейшее качество калиброванного проката и крепежных изделий и безопасность силовых и передвижных конструкций в процессе их эксплуатации. В работе на основе сравнения технологических процессов подготовки структурно-механических характеристик поверхности горячекатаного проката для холодной высадки крепежных изделий предложены мероприятия по снижению воздействия опасных и вредных факторов на работников в условиях реальной производственной среды.

Ключевые слова: горячекатаный прокат, метизное производство, термический отжиг, химическое травление, механические свойства и структура проката, поверхностные дефекты, опасные и вредные производственные факторы

COMPARISON OF METHODS OF PREPARATION PROCESS OF STRUCTURAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF ROLLED SURFACES FOR LANDING METIZ TO REDUCE EXPOSURE OF WORKERS TO HAZARDOUS AND HARMFUL FACTORS

¹Filippov A.A., ¹Pachurin G.V., ²Matveev Yu.I., ¹Kuzmin A.N.¹Nizhny Novgorod State University R.A. Alekseev, Nizhny Novgorod, e-mail: pachuringv@mail.ru;²Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, e-mail: pachuringv@mail.ru

Questions of safe operation of production equipment and processes currently represent a special urgency. The most common and important in mechanical parts include fasteners manufactured from cold vy-sadkoy calibrated rolled metal. Multiple surface and internal latent defects in finished products are conditioned not only by the quality of the original metal but also the state of the equipment and further processing technology. The initial preform for the production of calibrated rolled metal is hot-rolled. Structural and mechanical properties and the quality of the initial rolling surface largely determine the future quality of the calibrated hire, and fasteners and security of power and mobile designs during their operation. In work on the basis of a comparison of technological processes for the preparation of structural and mechanical characteristics of the surface of the hot-rolled steel for cold heading fasteners proposed measures to reduce the impact of hazardous and harmful factors on workers in a real production environment.

Keywords: hot-rolled products, hardware production, thermal annealing, chemical etching, mechanical properties and rental structure, surface defects, dangerous and harmful production factors

В Российской Федерации появляются новые производства, внедряются более совершенные экологичные, энергосберегающие технологии и оборудование. К сожалению, современное производство продолжает оставаться источником опасных и вредных производственных факторов [7, 17, 38]. Поэтому вопросы профилактики травматизма и профзаболеваний на обрабатывающих предприятиях актуальны [3, 41] и требуют постоянного контроля [16, 36, 40, 42].

Задачей современного этапа развития метизного производства является улучшение качества исходного металлопроката и изготавливаемых из него изделий, повышение их работоспособности, надежности, долговечности [1, 12], которые обеспечивают безопасность при дальнейшей эксплуатации конкретного изделия [13, 21, 28, 32].

К числу наиболее ответственных в машиностроении деталей относится крепеж, изготавливаемый холодной высадкой

из калиброванного металлопроката. В метизном производстве к металлам предъявляются достаточно жесткие требования, особенно к механическим характеристикам и эксплуатационной долговечности [23, 45]. Однако требования в снижении затрат [14, 27, 44], экономии материальных и энергетических ресурсов также остро стоят на повестке дня [4, 24]. При этом надежная и безопасная работа металлоизделий и технических устройств при эксплуатации в значительной мере обуславливается структурой и свойствами поверхностных слоев металлоизделий [10, 15, 43] и обеспечивается оптимизацией режимов технологических процессов [6, 9, 11].

Конкурентное производство метизов на внешнем и внутреннем рынке обеспечивается суммарным результатом всех технологических операций [2], которые формируют безопасность и энергоемкость процесса, себестоимость и требуемое качество готовых метизов: от выбора шихтовых материалов для выплавки и прокатки металлопроката, до подготовки калиброванного проката и высадки готовых метизных изделий [46].

К метизам относят проволоку, провололочные изделия, крепеж и пружины. Широкий сортамент и большое разнообразие свойств метизов продиктованы спецификой их использования в различных областях машиностроения [22]. В производстве крепежа прокат, предназначенный для холодной объемной штамповки, должен иметь чистую и блестящую поверхность, свободную от окалины, жировых и других загрязнений, содержать прочно удерживаемую на поверхности технологическую смазку. С этой целью проводят технологические операции по очистке поверхности от окалины, нанесение подсмазочного слоя и только после этого – нанесение технологической смазки. Удаление с поверхности горячекатаного или термически обработанного проката необходимо для предупреждения износа технологического инструмента и получения чистой и точной поверхности на калиброванном прокате.

Основным материалом для производства крепежных изделий являются стали, обладающие необходимым комплексом свойств – достаточной прочностью, пластичностью, сопротивлением усталостному разрушению, износо- и коррозионной стойкостью. Для изготовления крепежа методом холодной высадки используются конструкционные углеродистые стали с содержанием углерода не выше 0,5%. Марки,

механические свойства, химический состав и другие свойства сталей, предназначенных для холодной штамповки, регламентирует ГОСТ 10702-78 «Прокат из качественной конструкционной углеродистой и легированной стали для холодного выдавливания и высадки. Технические условия» [20]. Оптимальный химический состав сталей в этом стандарте установлен на основе обобщения имеющегося опыта по их выплавке и применению в производстве крепежных изделий и тщательного изучения влияния отдельных элементов в них (углерода, кремния, фосфора, марганца, алюминия, хрома) на способность металла к холодной и горячей штамповке [13, 31].

С начала 90-х годов прошлого века для изготовления крепежа широко используют боросодержащие стали типа 20Г2Р и 30Г1Р. Особенностью этих сталей является сочетание высокой технологической пластичности с хорошей прокаливаемостью. По сравнению с традиционными хромистыми сталями (например, 35Х, 38ХА, 40Х), боросодержащие обладают меньшим сопротивлением деформированию при холодной штамповке, что обеспечивает хорошую штампуемость и увеличивает стойкость холодновысадочного инструмента ~ на 5% [26].

Все физико-механические, химические и металлографические характеристики горячекатаного проката для производства крепежа жестко контролируются и регламентируются. Металлопрокат должен обладать технологичностью при переработке, например легко удаляемой окалиной с минимальной массой, отсутствием поверхностных дефектов и др. Основными механическими характеристиками проката являются временное сопротивление разрыву и сужение поперечного сечения при испытании на растяжение, отражающее возможность упрочнения при калибровании. Жестко нормируется диаметр, овальность и осадка. Прокат должен иметь однородную структуру, поэтому не допускается разнородность, выделение цементита и феррита по границам зерен, наличие мартенситных структур, регламентируется доля зернистого перлита и величина обезуглероженного слоя на поверхности проката.

К поверхностным дефектам горячекатаного и калиброванного проката, в том числе и готового крепежа, относятся раскатные газовые пузыри, волосовые трещины, рванины, закаты [34, 35]. Основными причинами их возникновения являются дефекты металлургического производства [19].

Неизменным дефектом поверхности металлопроката является образование обезуглероженного слоя вследствие выгорания части углерода при нагреве металла, как на стадии прокатки, так и при термической обработке перед калибровкой. Обезуглероживание и окалинообразование существенно снижают механические свойства в поверхностных слоях металлопроката. Поверхность становится восприимчивой к образованию рисок, задиров, царапин при прокатке, калибровке и холодной высадке. Исходная заготовка для производства горячекатаного проката под холодную высадку проходит качественную сплошную зачистку ее поверхности.

С целью выявления браковочных признаков и определения соответствия требованиям нормативно-технической документации в процессе производства горячекатаного проката проводится тщательный контроль технических характеристик, макро- и микроструктуры с наружного и внутреннего концов бунта. Это способствует выявлению основных дефектов на начальном этапе переработки горячекатаного проката и позволит изготовить качественный и безопасный крепеж, а также сократить расход металла при изготовлении метизов. Бездефектность и надежность крепежных изделий обеспечивается суммарным результатом всех технологических операций, которые формируют безопасность и энергоемкость технологического процесса, себестоимость и требуемое качество готовых метизов: от выбора шихтовых материалов для выплавки и прокатки металлопроката, до подготовки калиброванного проката и высадки готовых метизных изделий. В итоге это гарантирует дальнейшую безопасность эксплуатируемых изделий.

При разработке безопасных, энерго- и ресурсосберегающих технологий получения крепежных изделий любого класса прочности используются дополнительные резервы на всех этапах технологического передела. Важная роль в технологической цепочке принадлежит этапу подготовки передела горячекатаного материала перед холодной высадкой болтовых и гаечных изделий.

Достаточно важным звеном при разработке экологических и ресурсосберегающих технологий крепежных изделий является структурный подход [5, 29, 30, 33] при подготовке сортового металлопроката, обеспечивающий функциональное управление его свойствами, за счет изменения дисперсности зерна, количества и морфологии фазовых

составляющих. Однако все виды и режимы подготовки поверхности проката для получения качественных метизных изделий сопровождаются различными опасными и вредными производственными факторами [37].

Термическая обработка – самый распространенный в современной технике способ изменения свойств металлов и сплавов. Функциональным назначением термической обработки является достижение требуемых потребительских свойств калиброванного проката: служебных (проявляющихся в эксплуатации готовых болтовых изделий) и технологических, необходимых для получения изделия с минимальными затратами. При термообработке бунтов металла наиболее распространенной термической операцией подготовки проката из среднеуглеродистых и легированных сталей перед холодной объемной штамповкой является отжиг на зернистый перлит в камерных или колпаковых печах. Продолжительность отжига в данных термических печах составляет до 36 часов и более. Но даже после такой длительной термической выдержки в структуре металлопроката встречаются участки со следами пластинчатого перлита и не всегда обеспечивается равномерность свойств по длине мотка.

С целью удаления слоя окалины, обезуглероженного слоя и загрязнений с поверхности металлопроката в реальном производственном процессе используют различные механические способы очистки. С помощью таких способов поверхность проката обрабатывается щетками, фрезами, дробью, абразивными кругами, резцами и т.д. Стоит отметить, что многочисленные механические способы не решают проблемы качественной подготовки поверхности проката, так как не обеспечивают полного удаления окалины и увеличивают расход использования металла. Как правило, поверхностные дефекты (закаты, плены, обезуглероженный слой и т.д.) проката удаляются поверхностной обточкой.

При обточке поверхности металлопроката, кроме наклепа, возникают и другие недопустимые дефекты поверхности. При данном виде технологической операции применяются резцы с закругленной режущей кромкой. Обточка проката в тонком поверхностном слое приводит к высоким температурам и упрочнению поверхностного слоя с образованием трещин в этом слое (глубина упрочненного слоя находится в пределах 0,15–0,3 мм). На поверхности металлопроката могут образоваться грубые

винтовые резы и трещины. Неудовлетворительная центровка при обточке может приводить к неравномерному съему калиброванного проката по окружности, обезуглероженный слой остается на поверхности недопустимой величины – свыше 0,1 мм.

Кроме вышеназванных недостатков, данная технология переработки проката отправляет в стружку более 5,5% металла. Самый примитивный расчет в денежном выражении при обточке одной тонны металлопроката показывает, что в стружку с одной тонны металла уходит минимум 55 кг или 1650 рублей.

При этом в процессе снятия поверхностных дефектов с металлопроката указанными способами возникают различные опасные и вредные производственные факторы, которые могут приводить к появлению травм и профзаболеваниям. Среди опасных и вредных производственных факторов можно выделить повышенную запыленность рабочей зоны, острые кромки режущего и абразивного инструмента, с помощью которых снимается поврежденный поверхностный слой проката, повышенные уровни шума и вибрации на рабочих местах, запыленность и так далее.

Так, предельно допустимые уровни шума при работе на механообрабатывающих участках, где проводится снятие окалины фрезами или очистка дробью, составляет от 85 до 95 дБА, что превышает допустимую норму согласно требованиям ГОСТ 12.1.003 ССБТ «Шум. Общие требования безопасности». По характеру спектра шум широкополосный.

В соответствии с ГОСТ 12.1.012 ССБТ «Вибрационная безопасность. Общие требования» производственная вибрация в производственном помещении, где поверхность металлопроката очищается от загрязнений и окалины механическим способом, действует на рабочий персонал в виде общей вибрации.

Вышеуказанные способы механического удаления окалины и загрязнений с поверхности не являются экологически чистыми, так как загрязняют окружающую среду, требуют более мощной вытяжной вентиляции, применения фильтров и дополнительных дорогостоящих очистных сооружений. При механическом способе очистки горячекатаного и калиброванного проката скорость перемещения при очистке колеблется в пределах от 0,6 до 1,5 м/мин без учета затрат времени на вспомогательные и транспортные операции, изменяясь в зависимости от толщины и прочности ее сце-

пления с поверхностью металла. Одним из существенных недостатков очищенных поверхностей после очистки механическими способами является ускоренная коррозия металла во влажной среде. Характер выполняемых работ по зачистке металлопроката по вышеуказанным способам относится к категории 3, т.е. тяжелым.

Другим способом удаления окалины с проката, предназначенного для дальнейшего волочения, является его химическое травление в растворах кислот (серной или соляной) при повышенных температурах. Технологический процесс очистки горячекатаного и калиброванного проката от поверхностной окалины состоит из операций травления в растворах кислот, промывки горячей водой, фосфатирования поверхности, повторной промывки теплой водой; а также известкования или омыливания. Затем прокат в мотках или прутках подвергается сушке. Доступность и относительная простота кислотного метода обработки приводят к существенным недостаткам, которые касаются влияния на работающий персонал опасных и вредных условий труда:

1. При травлении проката образуются вредные выделения, которые удаляются через бортовые отсосы в течение всего технологического процесса. После травления для удаления травленного шлама и кислоты прокат промывается в горячей и холодной воде. Промывка в горячей воде производится при температуре 50–80 °С в течение 1–2 минут. Холодная промывка осуществляется под высоким давлением в течение 1–2 минут. Для нейтрализации остатков серной кислоты и уменьшения коэффициента трения при волочении прокат подвергается известкованию в растворе 3–5% извести. При этом на поверхности проката образуется сплошная пленка извести.

2. После травления проката образуются вредные отработанные растворы. Утилизация таких растворов трудоемка и связана с большими затратами материалов и энергии. При накоплении продуктов взаимодействия кислот с железом и другими компонентами, входящими в состав протравленного металла, раствор срабатывается и подлежит сливу. Любые промышленные отходы, особенно содержащие тяжелые металлы, являются весьма опасными для человека и окружающей среды, а поэтому их нейтрализация является важной экономической и экологической задачей.

3. Объем сточных вод, образующихся при промывке металла после операции

травления, составляет 3,0 м³ на 1 т обработанного кислотой металла. На современных производствах объемный расход промывных вод достигает 300–400 м³/ч. При сбросе в водоемы загрязненных сточных вод с перерабатывающих заводов резко увеличивается концентрация вредных веществ.

4. Химический метод травления обладает низкой производительностью. Продолжительность травления зависит от количества окалины на поверхности проката и концентрации раствора кислоты. Требуется продолжительное время нахождения обслуживающего персонала в рабочей зоне вредного технологического процесса.

5. В условиях реального производственного процесса травление представляет собой физически тяжелую и опасную операцию для работающего персонала. Все процессы происходят в емкостях, прокат в бунтах или прутках переносится из одной емкости в другую. Обогрев травильных и других ванн постоянно производится горячим паром. Так как каждая операция протекает при температурах 40–100 °С, то идет неизбежный процесс испарения, который сопровождается вредными запахами на постоянных рабочих местах травильщиков металла. Концентрация вредных паров в воздухе рабочей зоны часто превышает значения, установленные ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

Уровень шума на травильных участках, как правило, превышает допустимые нормы согласно ГОСТ 12.1.003 ССБТ «Шум. Общие требования безопасности» в результате различных технологических перемещений грузоподъемных механизмов, продувки проката после промывки и прогрева насыщенным паром. Не исключен непосредственный контакт работников с химическими веществами, горячими материалами, которые осуществляют на них опасное воздействие. При этом создаются аварийные ситуации. Вполне возможно попадание вредных веществ в водный и воздушный бассейны.

Ранее [25, 39] нами изучалась возможность и эффективность использования новой электронно-плазменной технологии очистки металлопроката от окалины (ЭПО), позволяющей сократить технологическую цепочку, исключив ряд операций, которые используют при травлении металла в растворах кислот и обеспечить безопасность производственного процесса во время очистки поверхности проката.

Применение технологий ЭПО может стать важным направлением технологического процесса по очистке поверхности проката [8]. Технология обеспечивает повышение качества очистки металлических поверхностей, снижение влияния опасных и вредных факторов в условиях производственной среды и предотвращение загрязнения окружающей среды.

Физическая сущность электроплазменной очистки [18] заключается в том, что на поверхности металла происходит восстановление окалины и сублимация остальных загрязнений в результате взаимодействия с частицами плазмы. Низкотемпературная плазма создается различными физическими источниками. При данной технологии очистки металлопроката от окалины используется плазмообразующий элемент специальной конструкции.

Материалы, обработанные по технологии ЭПО, обладают высокой адгезионной способностью. Удельные затраты по электроэнергии в зависимости от состояния металла и решаемых задач составляют 0,3–0,6 кВт·ч/м². Энергозатраты на обработку поверхности зависят от степени загрязненности поверхности, скорости обработки материала, площади обрабатываемой поверхности, а также химического состава металла. Стоимость очистки поверхности проката с применением ЭПО почти в 5–7 раз ниже, чем при использовании кислоты, и 2–3 раза ниже, чем при использовании очистки дробью.

Вредные выбросы в зону рабочих мест при использовании технологии ЭПО отсутствуют. Характер отходов следующий – H₂O, CO₂, O₂. Хотя все это выносится в атмосферу, но объемы их очень малы. Так в процессе очистки 1 т металлопроката образуется лишь около 0,0001 м³ вышеуказанных газообразных выбросов.

В реальных условиях производственного процесса ЭПО представляет собой высокопроизводительный, автоматизированный и экологически чистый способ очистки металлопроката. Устройство для осуществления предлагаемого способа содержит вакуумную камеру, систему вакуумирования и блок перемещения очищаемого металлопроката. Установки, применяемые для технологии ЭПО, полностью автоматизированы, занимают небольшое пространство и отвечают требованиям охраны труда.

Очистку металлических поверхностей от загрязнений и окалины осуществляют путем воздействия на поступательное перемещаемое изделие дуговым разрядом

в вакууме. На поверхности металла происходит восстановление окалины и сублимация остальных загрязнений в результате взаимодействия с частицами плазмы. Низкотемпературная плазма создается различными физическими источниками.

При данной технологии очистки металлопроката от окалины используется плазмообразующий элемент специальной конструкции. Материалы, обработанные по технологии ЭПО, обладают высокой адгезионной способностью. Процесс ЭПО основывается на процессе хемосорбции т.е. поглощении вещества из паровой фазы или раствора поверхностью твердого тела, при котором между адсорбированными молекулами и поверхностными слоями твердого тела возникает химическое взаимодействие. Восстановленные из оксидов металлы на очищенной поверхности создают прочные защитные пленки, которые в течение длительного времени предохраняют поверхность от дальнейшей коррозии за счет восстановленного чистого железа.

Металлы, покрытые такими защитными пленками, сохраняют свои антикоррозионные свойства и во влажной среде. Пленка получается равномерной по толщине и надежно сцепляется с основным металлом. Это дополнительное преимущество электронно-плазменных технологий перед технологиями очистки песком, дробью, фрезами и кислотой. Обработка ЭПО позволяет повысить адгезионные свойства металлов в 2–3 раза по сравнению с механическими способами очистки.

Энергетические затраты на обработку поверхности зависят от степени загрязненности поверхности, скорости обработки материала, площади обрабатываемой поверхности, а также химического состава металла. Реальные затраты по электроэнергии в зависимости от состояния поверхности металлопроката и решаемых задач составляют 0,3–0,6 кВт·ч/м². Стоимость очистки поверхности проката с применением ЭПО почти в 5–7 раз ниже, чем при использовании кислоты, и в 2–3 раза ниже, чем при применении механического способа очистки. Максимальная скорость очистки проката ограничивается только возможностями перемоточного устройства и прочностью обрабатываемого металла.

Вредные выбросы в зону постоянных рабочих мест при использовании технологии ЭПО не превышают требований, предъявляемые ГОСТ 12.1.005 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воз-

духу рабочей зоны». Характер отходов следующий – H₂O, CO₂, O₂. Все это выносится в атмосферу, но объемы их очень малы. В процессе очистки 1 т горячекатаного проката образуется лишь около 0,0001 м³ вышеуказанных газообразных выбросов. Процесс подготовки поверхности проката с нанесением подсмазочного слоя состоит всего из одной операции – поступательное движение горячекатаного или калиброванного проката через плазмообразующий элемент со скоростью до 10 м/с. Отсутствуют подготовительные процессы подогрева металла в холодное время года, промывка после технологической операции очистки и нанесение подсмазочного слоя поверхности.

В реальных условиях производственного процесса ЭПО представляет собой высокопроизводительный, автоматизированный и экологически чистый способ очистки металлопроката. Устройство для осуществления предлагаемого способа (рис. 2) содержит вакуумную камеру, систему вакуумирования и блок перемещения очищаемого металлопроката. Установки, применяемые для технологии ЭПО, полностью автоматизированы, занимают небольшое пространство и отвечают требованиям охраны труда. При работе на установке ЭПО снижено влияние опасных и вредных производственных факторов, которым подвергается обслуживающий персонал при механическом и химическом способе очистки поверхности проката. Характер выполняемых работ по очистке металлопроката способом ЭПО относится к категории средней тяжести (категория 2а).

Уровень шума при работе на установках электронно-плазменной очистки, где проводится очистка от окалины, составляет значительно менее 65 дБА, что не превышает допустимую норму согласно требованиям ГОСТ 12.1.003 ССБТ «Шум. Общие требования безопасности».

Производственная вибрация в производственном помещении, где обеспечивается технологический процесс по очистке способом ЭПО, соответствует требованиям ГОСТ 12.1.012 ССБТ «Вибрационная безопасность. Общие требования». Объем производственных помещений, где устанавливаются установки ЭПО, обеспечивает на каждого работающего не менее 15 м³ свободного пространства и не менее 4,5 м² площади. Высота от пола до потолка производственных помещений составляет не менее 3,2 м. Поддержание в заданных пределах метеорологическим условиям

(микроклимата) в помещениях, где используются установки ЭПО при очистке проката, возможно установками для кондиционирования воздуха. Это позволяет создавать оптимальные условия микроклимата на рабочем месте в производственных помещениях согласно требованиям СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

Выводы

- Применение электронно-плазменных методов очистки металлопроката позволяет обеспечить оптимальный состав окружающей среды и микроклимата на постоянных рабочих местах.

- При использовании ЭПО отсутствуют вредные выбросы в атмосферу в отличие от химической очистки поверхности металлопроката.

- Производственный процесс ЭПО высокопроизводительный, автоматизированный, исключается тяжелый физический труд и уменьшается риск травматизма в производственном процессе.

- Снижается влияние опасных и вредных факторов на обслуживающий персонал в условиях производственной среды при снятии окалины с поверхности проката.

- Отсутствует непосредственный контакт работников с химическими веществами, горячими материалами, который позволяет снизить опасное воздействие.

- Уровень шума на рабочих местах при использовании ЭПО не превышает допустимые нормы согласно ГОСТ 12.1.003 ССБТ.

- Концентрация вредных паров в воздухе рабочей зоны при использовании ЭПО соответствует требованиям, установленным ГОСТ 12.1.005 -88 ССБТ.

- Применение электронно-плазменных методов очистки металлопроката позволит снизить воздействие опасных и вредных производственных факторов на персонал.

Список литературы

1. Пачурин Г.В. Усталостное разрушение при нормальной температуре предварительно деформированных сплавов // Металловедение и термическая обработка металлов. – 1990. – № 10. – С. 35–38.
2. Пачурин Г.В. Повышение эксплуатационной долговечности металлоизделий технологическими методами // Успехи современного естествознания. – 2007. – № 8. – С. 89–90.
3. Пачурин Г.В., Щенников Н.И., Курагина Т.И. Психология и профилактика несчастных случаев // Современные наукоемкие технологии. – 2008. – № 4. – С. 86–88.
4. Пачурин Г.В., Филиппов А.А. Экономичная технология подготовки стали 40Х к холодной высадке крепеж-

ных изделий // Вестник машиностроения. – 2008. – № 7. – С. 53–56.

5. Пачурин Г.В., Филиппов А.А. Ресурсосберегающая и экологичная обработка поверхности металлопроката перед холодной высадкой // Экология и промышленность России. – 2008. – № 8. – С. 13–15.

6. Пачурин В.Г., Филиппов А.А., Пачурин Г.В. Формирование структуры хромистых сталей под высадку болтов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2011. – № 9. – С. 55–56.

7. Пачурин Г.В. Производственный травматизм. Монография / Г.В. Пачурин, Т.И. Курагина, Н.И. Щенников. – Издатель LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, Germany, 2012. – 201 с.

8. Пачурин Г.В., Филиппов А.А., Чиненков С.В. Технология очистки поверхности листового проката автомобильных низкоуглеродистых сталей // Журнал Автомобильных Инженеров. – 2012. – № 4(75). – С. 27–29.

9. Пачурин Г.В. Долговечность пластически деформированных коррозионно-стойких сталей // Вестник машиностроения. – 2012. – № 7. – С. 65–68.

10. Пачурин Г.В. Роль структуры поверхности в коррозионной усталости деформированных металлических материалов // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 1; URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=11907>.

11. Пачурин Г.В. Повышение эксплуатационной долговечности нержавеющей сталей технологическим упрочнением // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 2–2. – С. 28–32.

12. Пачурин Г.В., Кузьмин Н.А. Эксплуатационные свойства штампуемых листовых сталей // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 5–1. – С. 31–36.

13. Пачурин Г.В., Филиппов А.А., Кузьмин Н.А. Влияние химического состава и структуры стали на качество проката для изготовления болтов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 8–2. – С. 87–92.

14. Пачурин Г.В., Филиппов А.А., Пачурин В.Г. Влияние температуры изотермической обработки на свойства стали 40Х для разных степеней последующего обжата при волочении // Успехи современного естествознания. – 2015. – № 1–1. – С. 58–66.

15. Пачурин Г.В., Филиппов А.А., Пачурин В.Г. Качество поверхности и структурного состояния проката для метизных изделий из стали 40Х // Успехи современного естествознания. – 2015. – № 1–3. – С. 476–481.

16. Пачурин Г.В., Щенников Н.И., Курагина Т.И., Филиппов А.А. Профилактика и практика расследования несчастных случаев на производстве: учебное пособие / под общ. ред. Г.В. Пачурина. – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Изд. «Лань», 2015. – 384 с.

17. Пачурин Г.В., Елькин А.Б., Миндрин В.И., Филиппов А.А. Основы безопасности жизнедеятельности: для технических специальностей: учебное пособие / Г.В. Пачурин и др. – Ростов н/Д: Феникс, 2016. – 397 с.: ил. – (Высшее образование).

18. Сенокосов Е.С., Сенокосов А.Е. Плазма, рожденная Марсом // Металлоснабжение и сбыт. – 2001. – № 4. – С. 56.

19. Филиппов А.А., Пачурин К.Г., Гушин А.Н., Пачурин Г.В. Анализ дефектности горячекатаного проката для холодной высадки метизов // Фундаментальные исследования. – 2006. – № 4. – С. 38–39.

20. Филиппов А.А., Пачурин К.Г., Пачурин Г.В. Технология подготовки проката без термической обработки под высадку крепежных изделий // Современные наукоемкие технологии. – 2006. – № 7. – С. 99–100.

21. Филиппов А.А., Пачурин Г.В., Гушин А.А., Пачурин В.Г. Повышение качества поверхности стального проката перед высадкой крепежных изделий // Заготовительное производство в машиностроении. – 2007. – № 3. – С. 51–53.

22. Филиппов А.А., Пачурин Г.В. Сравнение технологических вариантов подготовки хромистых сталей под холодную высадку // Успехи современного естествознания. – 2007. – № 8. – С. 94–96.
23. Филиппов А.А., Пачурин Г.В. Термическая подготовка калиброванного проката стали 40Х к холодной высадке высокопрочных крепежных изделий // Успехи современного естествознания. – 2007. – № 12. – С. 139–139.
24. Филиппов А.А., Пачурин Г.В. Ресурсосберегающая технология подготовки калиброванного проката под холодную высадку изделий // Успехи современного естествознания. – 2007. – № 12. – С. 139–139.
25. Филиппов А.А., Пачурин Г.В. Экологичная технология подготовки поверхности проката под высадку метизов // Современные наукоемкие технологии. – 2008. – № 4. – С. 98–100.
26. Филиппов А.А., Пачурин В.Г., Пачурин Г.В. Анализ качества поверхности горячекатаного проката для холодной высадки метизов // Современные наукоемкие технологии. – 2010. – № 12. – С. 115–116.
27. Филиппов А.А., Пачурин Г.В., Кузьмин Н.А. Упрочняющая обработка проката для крепежа с целью снижения его стоимости // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 8 (2). – С. 107–110.
28. Филиппов А.А., Пачурин Г.В., Кузьмин Н.А. Анализ качества проката для холодной высадки крепежных изделий // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 8 (2). – С. 111–115.
29. Филиппов А.А., Пачурин Г.В. Ресурсосберегающая подготовка стального проката к холодной высадке крепежных изделий // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 8-4. – С. 23–29.
30. Филиппов А.А., Пачурин Г.В. Основные направления развития производства высокопрочного крепежа // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 8-4. – С. 30–35.
31. Филиппов А.А., Пачурин Г.В., Кузьмин Н.А. Устойчивость аустенита при разных температурах и механические свойства горячекатаной стали 40Х // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 10-3. – С. 27–32.
32. Филиппов А.А., Пачурин Г.В. Подготовка проката для высокопрочных болтов: учебное пособие / А.А. Филиппов, Г.В. Пачурин; под общ. ред. Г.В. Пачурина. – Старый Оскол: ТНТ, 2015. – 176 с.
33. Филиппов А.А., Пачурин В.Г., Пачурин Г.В. Экологичный способ подготовки проката для болтовых изделий // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-1; URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=17940>.
34. Филиппов А.А., Пачурин В.Г., Пачурин Г.В. Получение качественного калиброванного проката для высадки высокопрочных болтов // Современные наукоемкие технологии. – 2015. – № 3. – С. 87–92.
35. Филиппов А.А., Пачурин Г.В., Наумов В.И., Кузьмин Н.А. Влияние поверхностного и структурного состояния на качество проката для болтов // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 10-1. – С. 77–82.
36. Филиппов А.А., Пачурин Г.В., Щенников Н.И., Курагина Т.И. Производственный травматизм и направления его профилактики // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 1. – С. 45–50.
37. Филиппов А.А., Пачурин Г.В., Кузьмин Н.А. Снижение опасных и вредных факторов при очистке поверхности сортового проката // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 2-1. – С. 38–43.
38. Филиппов А.А., Пачурин Г.В., Кузьмин Н.А. Оценка опасных и вредных факторов при производстве калиброванного проката и их устранение технологическими методами // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 7-2. – С. 161–164.
39. Чиненков С.В., Филиппов А.А., Пачурин Г.В. Разработка технологической схемы механо-электротермической подготовки структурно-механических свойств горячекатаных заготовок для изготовления крепежных изделий // Справочник. Инженерный журнал (с приложением). – 2014. – № 5. – С. 8–14.
40. Щенников Н.И., Пачурин Г.В. Пути снижения производственного травматизма // Современные наукоемкие технологии. – 2008. – № 4. – С. 101–103.
41. Щенников Н.И., Курагина Т.И., Пачурин Г.В. Состояние охраны труда в ОАО «Павловский автобус» // Фундаментальные исследования. – 2009. – № 1. – С. 44–44.
42. Щенников Н.И., Курагина Т.И., Пачурин Г.В. Психологический акцент в анализе производственного травматизма и его профилактики // Современные проблемы науки и образования. – 2009. – № 4. – С. 162–169.
43. Pachurin G.V. Ruggedness of structural material and working life of metal components // Steel in Translation. – 2008. – Т. 38. – № 3. – P. 217–220.
44. Pachurin G.V., Filippov A.A. Economical preparation of 40X steel for cold upsetting of bolts // Russian Engineering Research. – 2008. – Т. 28. – № 7. – P. 670–673.
45. Pachurin G.V. Ruggedness of structural material and working life of metal components // Steel in Translation. – 2008. – Т. 38. – № 3. – P. 217–220.
46. Filippov A.A., Pachurin G.V., Naumov V.I., Kuzmin N.A. Low-Cost Treatment of Rolled Products Used to Make Long High-Strength Bolts // Metallurgist. – 2016. – Vol. 59. – Nos. 9–10. January. – P. 810–815.

References

1. Pachurin G.V. Ustalostnoe razrushenie pri normalnoj temperature predvaritelno deformirovannyh splavov // Metallovedenie i termicheskaja obrabotka metallov. 1990. no. 10. pp. 35–38.
2. Pachurin G.V. Povyshenie jekspluatacionnoj dolgovechnosti metalloizdelij tehnologicheskimi metodami // Uspехи sovremennogo estestvoznaniya. 2007. no. 8. pp. 89–90.
3. Pachurin G.V., Shhennikov N.I., Kuragina T.I. Psihologija i profilaktika neschastnyh sluchaeв // Sovremennye naukoemkie tehnologii. 2008. no. 4. pp. 86–88.
4. Pachurin G.V., Filippov A.A. Jekonomichnaja tehnologija podgotovki stali 40H k holodnoj vysadke krepezhnyh izdelij // Vestnik mashinostroenija. 2008. no. 7. pp. 53–56.
5. Pachurin G.V., Filippov A.A. Resursosberegajushhaja i jekologichnaja obrabotka poverhnosti metalloprokata pered holodnoj vysadkoj // Jekologija i promyshlennost Rossii. 2008. no. 8. pp. 13–15.
6. Pachurin V.G., Filippov A.A., Pachurin G.V. Formirovanie struktury hromistyh stalej pod vysadku boltov // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamentalnyh issledovanij. 2011. no. 9. pp. 55–56.
7. Pachurin G.V. Proizvodstvennyj travmatizm. Monografija / G.V. Pachurin, T.I. Kuragina, N.I. Shhennikov. Izdatel LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, Germany, 2012. 201 p.
8. Pachurin G.V., Filippov A.A., Chinenkov S.V. Tehnologija oчитki poverhnosti listovogo prokata avtomobilnyh nizkouglerodistyh stalej // Zhurnal Avtomobilnyh Inzhenerov. 2012. no. 4(75). pp. 27–29.
9. Pachurin G.V. Dolgovechnost plasticheski deformirovannyh korrozionno-stojkikh stalej // Vestnik mashinostroenija. 2012. no. 7. pp. 65–68.
10. Pachurin G.V. Rol struktury poverhnosti v korrozionnoj ustalosti deformirovannyh metallicheskih materialov // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2014. no. 1; URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=11907>.
11. Pachurin G.V. Povyshenie jekspluatacionnoj dolgovechnosti nerzhavejushhih stalej tehnologicheskimi uprochnenijem // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamentalnyh issledovanij. 2014. no. 2–2. pp. 28–32.

12. Pachurin G.V., Kuzmin N.A. Jekspluatacionnye svoystva shtampuemykh listovykh staley // *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy*. 2014. no. 5–1. pp. 31–36.
13. Pachurin G.V., Filippov A.A., Kuzmin N.A. Vliyanie himicheskogo sostava i struktury stali na kachestvo prokata dlja izgotovleniya boltov // *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy*. 2014. no. 8–2. pp. 87–92.
14. Pachurin G.V., Filippov A.A., Pachurin V.G. Vliyanie temperatury izotermicheskoy obrabotki na svoystva stali 40H dlja raznykh stepeney posleduyushhego obzhatiya pri volochenii // *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya*. 2015. no. 1–1. pp. 58–66.
15. Pachurin G.V., Filippov A.A., Pachurin V.G. Kachestvo poverhnosti i strukturnogo sostojaniya prokata dlja metiznykh izdelij iz stali 40H // *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya*. 2015. no. 1–3. pp. 476–481.
16. Pachurin G.V., Shhennikov N.I., Kuragina T.I., Filippov A.A. Profilaktika i praktika rassledovaniya neschastnykh sluchaev na proizvodstve: uchebnoe posobie / pod obshh. red. G.V. Pachurina. 3-e izd., pererab. i dop. SPb.: Izd. «Lan», 2015. 384 p.
17. Pachurin G.V., Elkin A.B., Mindrin V.I., Filippov A.A. Osnovy bezopasnosti zhiznedejatelnosti: dlja tehnikeskikh specialnostej: uchebnoe posobie / G.V. Pachurin i dr. Rostov n/D: Feniks, 2016. 397 p.: il. (Vysshee obrazovanie).
18. Senokosov E.S., Senokosov A.E. Plazma, rozhdennaja Marsom // *Metallosnabzhenie i sbyt*. 2001. no. 4. pp. 56.
19. Filippov A.A., Pachurin K.G., Gushhin A.N., Pachurin G.V. Analiz defektnosti gorjachekatanogo prokata dlja holodnoj vysadki metizov // *Fundamentalnye issledovaniya*. 2006. no. 4. pp. 38–39.
20. Filippov A.A., Pachurin K.G., Pachurin G.V. Tehnologija podgotovki prokata bez termicheskoy obrabotki pod vysadku krepezhnykh izdelij // *Sovremennye naukoemkie tehnologii*. 2006. no. 7. pp. 99–100.
21. Filippov A.A., Pachurin G.V., Gushhin A.A., Pachurin V.G. Povyshenie kachestva poverhnosti stalnogo prokata perez vysadkoj krepezhnykh izdelij // *Zagotovitelnoe proizvodstvo v mashinostroenii*. 2007. no. 3. pp. 51–53.
22. Filippov A.A., Pachurin G.V. Sravnenie tehnologicheskikh variantov podgotovki hromistykh staley pod holodnuju vysadku // *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya*. 2007. no. 8. pp. 94–96.
23. Filippov A.A., Pachurin G.V. Termicheskaja podgotovka kalibrovannogo prokata stali 40H k holodnoj vysadke vysokoprochnnykh krepezhnykh izdelij // *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya*. 2007. no. 8. pp. 96–97.
24. Filippov A.A., Pachurin G.V. Resursosberegajushhaja tehnologija podgotovki kalibrovannogo prokata pod holodnuju vysadku izdelij // *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya*. 2007. no. 12. pp. 139–139.
25. Filippov A.A., Pachurin G.V. Jekologichnaja tehnologija podgotovki poverhnosti prokata pod vysadku metizov // *Sovremennye naukoemkie tehnologii*. 2008. no. 4. pp. 98–100.
26. Filippov A.A., Pachurin V.G., Pachurin G.V. Analiz kontrolja kachestva poverhnosti gorjachekatanogo prokata dlja holodnoj vysadki metizov // *Sovremennye naukoemkie tehnologii*. 2010. no. 12. pp. 115–116.
27. Filippov A.A., Pachurin G.V., Kuzmin N.A. Uprochnajushhaja obrabotka prokata dlja krepezhha s celju snizheniya ego stoimosti // *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy*. 2014. no. 8 (2). pp. 107–110.
28. Filippov A.A., Pachurin G.V., Kuzmin N.A. Analiz kachestva prokata dlja holodnoj vysadki krepezhnykh izdelij // *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy*. 2014. no. 8 (2). pp. 111–115.
29. Filippov A.A., Pachurin G.V. Resursosberegajushhaja podgotovka stalnogo prokata k holodnoj vysadke krepezhnykh izdelij // *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy*. 2014. no. 8–4. pp. 23–29.
30. Filippov A.A., Pachurin G.V. Osnovnye napravleniya razvitiya proizvodstva vysokoprochnogo krepezhha // *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy*. 2014. no. 8–4. pp. 30–35.
31. Filippov A.A., Pachurin G.V., Kuzmin N.A. Ustoichivost austenita pri raznykh temperaturah i mehanicheskie svoystva gorjachekatanoy stali 40H // *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy*. 2014. no. 10–3. pp. 27–32.
32. Filippov A.A., Pachurin G.V. Podgotovka prokata dlja vysokoprochnnykh boltov: uchebnoe posobie / A.A. Filippov, G.V. Pachurin; pod obshh. red. G.V. Pachurina. Staryj Oskol: TNT, 2015. 176 p.
33. Filippov A.A., Pachurin V.G., Pachurin G.V. Jekologichnyy sposob podgotovki prokata dlja boltovykh izdelij // *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2015. no. 1–1; URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=17940>.
34. Filippov A.A., Pachurin V.G., Pachurin G.V. Poluchenie kachestvennogo kalibrovannogo prokata dlja vysadki vysokoprochnnykh boltov // *Sovremennye naukoemkie tehnologii*. 2015. no. 3. pp. 87–92.
35. Filippov A.A., Pachurin G.V., Naumov V.I., Kuzmin N.A. Vliyanie poverhnostnogo i strukturnogo sostojaniya na kachestvo prokata dlja boltov // *Fundamentalnye issledovaniya*. 2015. no. 10–1. pp. 77–82.
36. Filippov A.A., Pachurin G.V., Shhennikov N.I., Kuragina T.I. Proizvodstvennyy travmatizm i napravleniya ego profilaktiki // *Sovremennye naukoemkie tehnologii*. 2016. no. 1. pp. 45–50.
37. Filippov A.A., Pachurin G.V., Kuzmin N.A. Snizhenie opasnykh i vrednykh faktorov pri oчитke poverhnosti sortovogo prokata // *Sovremennye naukoemkie tehnologii*. 2016. no. 2–1. pp. 38–43.
38. Filippov A.A., Pachurin G.V., Kuzmin N.A. Ocenka opasnykh i vrednykh faktorov pri proizvodstve kalibrovannogo prokata i ih ustranenie tehnologicheskimi metodami // *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy*. 2016. no. 7–2. pp. 161–164.
39. Chinenkov S.V., Filippov A.A., Pachurin G.V. Razrabotka tehnologicheskoy shemy mehano-elektrotermicheskoy podgotovki strukturno-mehaničeskikh svoystv gorjachekatanykh zagotovok dlja izgotovleniya krepezhnykh izdelij // *Spravochnik. Inzhenernyy zhurnal (s prilozheniem)*. 2014. no. 5. pp. 8–14.
40. Shhennikov N.I., Pachurin G.V. Puti snizheniya proizvodstvennogo travmatizma // *Sovremennye naukoemkie tehnologii*. 2008. no. 4. pp. 101–103.
41. Shhennikov N.I., Kuragina T.I., Pachurin G.V. Sostojanie ohrany truda v OAO «Pavlovskij avtobus» // *Fundamentalnye issledovaniya*. 2009. no. 1. pp. 44–44.
42. Shhennikov N.I., Kuragina T.I., Pachurin G.V. Psihologicheskij akcent v analize proizvodstvennogo travmatizma i ego profilaktiki // *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2009. no. 4. S. 162–169.
43. Pachurin G.V. Ruggedness of structural material and working life of metal components // *Steel in Translation*. 2008. T. 38. no. 3. pp. 217–220.
44. Pachurin G.V., Filippov A.A. Economical preparation of 40X steel for cold upsetting of bolts // *Russian Engineering Research*. 2008. T. 28. no. 7. pp. 670–673.
45. Pachurin G.V. Ruggedness of structural material and working life of metal components // *Steel in Translation*. 2008. T. 38. no. 3. pp. 217–220.
46. Filippov A.A., Pachurin G.V., Naumov V.I., Kuzmin N.A. Low-Cost Treatment of Rolled Products Used to Make Long High-Strength Bolts // *Metallurgist*. 2016. Vol. 59. Nos. 9–10. January. pp. 810–815.