



УДК 621.77

## ЭКОЛОГИЧНАЯ СХЕМА ПОДГОТОВКИ ПРОКАТА ДЛЯ КРЕПЕЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ

### ENVIRONMENTAL SCHEME OF PREPARATION OF THE ROLLER FOR FIXING PRODUCTS

**Филиппов Алексей Александрович**

кандидат технических наук, доцент,  
Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева

**Пачурин Герман Васильевич**

доктор технических наук, профессор,  
Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева  
pachuringv@mail.ru

**Кузьмин Александр Николаевич**

магистрант,  
Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева

**Аннотация.** В современных конкурентных условиях для повышения уровня качества проката для изготовления крепежных изделий необходимо изыскивать дополнительные резервы на всех этапах его передела. Для волочильного производства сокращение операций подготовки калиброванного проката за счет исключения энергоемких и трудозатратных операций отжига на зернистый перлит, рекристаллизационного отжига и устранения дефектов поверхности проката представляет собой актуальную задачу. В работе предложена экологичная схема подготовки проката к холодной высадке металлоизделий.

**Ключевые слова:** прокат, волочение, качество поверхности, структура, механические свойства.

**Filippov Alexey Alexandrovich**

Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Nizhny Novgorod State Technical University  
named of R.E. Alekseeva

**Pachurin German Vasilievich**

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Nizhny Novgorod State Technical University  
named of R.E. Alekseeva  
pachuringv@mail.ru

**Kuzmin Alexander Nikolaevich**

graduate student,  
Nizhny Novgorod State Technical University  
named of R.E. Alekseeva

**Annotation.** In modern competitive conditions, to increase the level of quality of rolled products for the manufacture of fasteners, it is necessary to seek additional reserves at all stages of its redistribution. For drawing production, the reduction of preparation operations for calibrated rolled products by eliminating energy-intensive and labor-intensive annealing operations on granular perlite, recrystallization annealing, and elimination of defects in the surface of rolled products is an urgent task. In work the ecological scheme of preparation of hire to cold landing of hardware is offered.

**Keywords:** rolling, drawing, surface quality, structure, mechanical properties.

## Введение

При истощении природных ресурсов и ухудшении экологической обстановки [1–3] достаточно остро встают вопросы ресурсо – и энергосбережения [4, 5] в процессе изготовления калиброванного проката при одновременном улучшении его качества и конкурентоспособности [6, 7]. Важнейшим фактором в этом направлении при подготовке проката под холодную высадку является повышение эффективности технологических процессов путем снижения как затрат металла, так и энергозатрат [8–11].

Калиброванный прокат с требуемым уровнем физико-механических характеристик можно получать или за счет использования новых материалов, или за счет новых технологических процессов [12, 13]. К металлопрокату для холодной штамповки предъявляются высокие требования в отношении прочностных и пластических характеристик, испытаниям на осадку, а также специальных функциональных характеристик. Таким образом, потребность в снижении трудозатрат, экономии энергоресурсов и решения все возрастающих острых экологических проблем является весьма актуальной [14, 15].

Комплекс характеристик проката перед высадкой зависит от структуры и механических свойств [16, 17], формируемых во время волочения металла через фильеру. К технологическим свойствам проката относится способность его выдерживать испытание на осадку без появления трещин и надрывов поверхности [18]. Оптимальной является осадка до  $1/3 H$  и менее. Однако полученные результаты не будут характеризовать всю партию контролируемого проката.

Эффективность волочильного производства ограничена рассогласованием скоростей процессов на различных этапах. Производство проката включает в себя операции подготовки к волочению, первичной холодной деформации, промежуточной термообработки в печах с защитной атмосферой, повторной хо-



лодной деформации и заключительной термообработки. Нагрев ТВЧ длится не более 6 мин (при дальнейшем медленном охлаждении в колдцах до 6 часов), в то время как в электрических или газовых печах от 10 до 36 часов. При этом важно обеспечить функциональное управление свойствами металлопроката за счет изменения дисперсности зерна, количества и морфологии фазовых составляющих.

Наиболее распространенной операцией подготовки стального проката к высадке является отжиг на зернистый перлит в колпаковых печах, не всегда обеспечивающий равномерность свойств по всей длине мотка, а в структуре металлопроката встречаются следы пластинчатого перлита.

В ответственных метизных изделиях, например, для болтов газотранспортных магистралей, не должно быть поверхностных дефектов (обезуглероженный слой, риски задиры и т.п.) [19–21]. Поэтому у горячекатаного проката удаляются недопустимые дефекты поверхности дорогостоящей операцией обточки и вредной операцией травления, что приводит к удорожанию готовых изделий.

В предлагаемом техническом решении термический отжиг производится в виде индукционного нагрева. Это исключает образование обезуглероженного слоя и обеспечивает высокую стабильность поддержания температурного режима. Индукционный нагрев обеспечивает производительность, экономичность, автоматизацию производства, отсутствие выбросов вредных веществ в атмосферу, повышение качества нагреваемого проката.

#### Методика исследований

В работе исследовалась сталь 38ХА со стандартным химическим составом, приведенным в таблице 1. Сталь 38ХА широко зарекомендовала себя при изготовлении упрочняемых крепёжных болтов в различных отраслях народного хозяйства.

**Таблица 1** – Химический состав исследуемой стали 38ХА

№ п/п	Технологическая схема	Диаметр проката, мм	Содержание элементов, %					
			C	Mn	Si	P	S	Cr
1	1	12,0	0,39	0,62	0,18	0,009	0,015	0,87
2	2	14,0	0,40	0,64	0,19	0,021	0,017	0,9

Ниже представлена действующая технологическая схема обработки горячекатаного проката с диаметра 12,0 мм на 9,65 мм: отжиг на зернистый перлит (печи с защитной атмосферой – 750 °С, выдержка 24 ч); травление окалины; волочение с диаметра 12,0 мм на 11,0 мм (деформация 16,0 %); отжиг (печи с защитной атмосферой – 670 °С, выдержка 12 ч); травление окалины; волочение с диаметра 11,0 мм до 10,2 мм (деформация 14,0 %); обточка с диаметра 10,2 мм на 9,97 мм; волочение с диаметра 9,97 мм на 9,65 мм (деформация 6,0 %); покрытие смазочным материалом.

С целью удаления поверхностных дефектов и обезуглероженного слоя производится обточка проката, в результате которой в стружку уходит более 55 кг с каждой тонны металла (около 5,5 %). В случае удаления плотного слоя окалины после отжига в печах операцией травлением необходимо дополнительное время, появляются экологически вредные остаточные травильные растворы, требующие дорогостоящей утилизации.

Авторами исследованы 2 схемы подготовки проката:

1. Травление проката диаметром 12,0 мм; волочение на диаметр 11,0 мм (деформация 15,9 %); отжиг с нагревом ТВЧ (760° ... 780 °С); травление; волочение с диаметра 11,0 мм на 9,65 мм (деформация 23 %); отжиг с нагревом ТВЧ (760° ... 780 °С); травление; волочение на диаметр 9,65 мм в пределах упругой деформации.

2. Травление проката диаметром 14,0 мм; волочение на диаметр 13,0 мм (деформация 13,7 %); отжиг с нагревом ТВЧ (760° ... 780 °С); травление; волочение на диаметр 12,00 мм (деформация 14,8 %); отжиг с нагревом ТВЧ (760° ... 780 °С); травление; волочение на диаметр 11,00 мм (деформация 15,9 %); отжиг с нагревом ТВЧ (760° ... 780 °С); травление; волочение на диаметр 9,65 мм (деформация 23 %).

Установлено, что механические характеристики из-за более высокой скорости охлаждения витков проката внешней стороны мотка по отношению к внутренним виткам распределены неравномерно по всей длине мотка горячекатаного проката. Микроструктура у внешних концов более мелкодисперсная. В то же время параметры пластичности и твердости у внешних и внутренних концов мотка практически одинаковые. Отжиг с нагревом ТВЧ обуславливает образование по всей длине проката более равномерной и менее мелкодисперсной микроструктуры, приводящей к повышению пластичности и снижению показателей прочности и твердости.

Увеличение числа отжигов с нагревом ТВЧ с последующим волочением в фильере обуславливает уменьшение дисперсности сорбитообразного перлита. После отжига проката диаметром 11,0 мм в структуре появляется мелкозернистый перлит. Четвертый отжиг проката диаметром 9,65 мм формирует равномерную микроструктуру мелкозернистого и точечного перлита с равномерно распреде-



ленным ферритом. Твердость не более НВ 194. После 3-го волочения эллипсность проката на окончательном диаметре 9,65 мм фактически отсутствует и образцы выдержали осадку до 1/3.

Ранее авторами [22] была запатентована схема (3) подготовки проката к высадке стальных метизных изделий. Однако она отличается от предлагаемой более длительным технологическим циклом, а, следовательно, более трудо- и энергозатратная.

Сравнение предлагаемой в работе технологической схемы (1) с действующей на производстве (2) и изложенной в работе [22] представлено ниже.

### Выводы

По результатам исследования предложенных схем подготовки проката стали 38ХА с использованием нагрева ТВЧ установлено, что волочение с оптимальными степенями деформации обжатием в три приема обеспечивает после отжига с нагревом ТВЧ отсутствие эллипсности и окалины на поверхности проката. Присутствовавший незначительный налет окислов удалялся в травильных ваннах в течение нескольких секунд.

Подготовленный по экологически более чистой схеме 2 прокат имеет равномерную мелкодисперсную структуру с отсутствием обезуглероженного слоя и обладает повышенной способностью к пластическому деформированию, что может сократить число переходов в процессе холодной высадки металлоизделий и увеличить ресурс высадочного инструмента.

### Литература:

1. Экологическая оценка процесса производства возобновляемых источников энергии / Е.Н. Соснина [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. – С. 174–180.
2. Маслеева О.В., Воеводин А.Г., Пачурин Г.В. Тепловое воздействие альтернативных источников на окружающую среду // Современные наукоемкие технологии. – 2015. – № 3. – С. 51–54.
3. Маслеева О.В., Пачурин Г.В. Комплексная экологическая оценка жизненного цикла малой распределенной и возобновляемой энергетики // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 8 – С. 81–86.
4. Pachurin G.V. Life of Plastically Deformed Corrosion-Resistant Steel // Russian Engineering Research. – 2012. – Vol. 32. – № 9–10. – P. 661–664.
5. Guslyakova G.P., Zhbannikov S.I., Pachurin G.V. Fatigue failure resistance of deformed structural steels // Materials Science. – 1993. – V. 28. – № 2. – P. 182–185.
6. Low-Cost Treatment of Rolled Products Used to Make Long High-Strength Bolts / A.A. Filippov [etc.] // Metallurgist. – 2016. – Vol. 59. – № 9–10. January. – P. 810–815.
7. The Factor of Structure and Mechanical Properties in the Production of Critical Fixing Hardware 38ХА / G.V. Pachurin [etc.] // Tribology in Industry. – 2016. – Vol. 38. – № 3. – P. 385–391.
8. Пачурин Г.В., Гуцин А.Н., Власов В.А. Долговечность листовых низкоуглеродистых сталей на воздухе и в коррозионной среде // Вопросы материаловедения. – № 3 (67). – 2011. – С. 125–133.
9. Филиппов А. А., Пачурин Г.В., Чиненков С.В. Формирование структурно-механических свойств стальных заготовок для упрочненных болтов : монография / НГТУ. – Н. Новгород, 2012. – 151 с.
10. Пачурин Г.В., Гуслякова Г.П. Эффект наклепа на долговечность металлов при разных температурах // Физико-химическая механика материалов. – 1981. – № 5. – С. 127.
11. Пачурин Г.В., Гуцин А.Н. Повышение эксплуатационной долговечности металлоизделий технологическими методами // Вестник машиностроения. – 2007. – № 6. – С. 62–65.
12. Pachurin G.V., Vlasov V.A. Mechanical properties of sheet structural steels at operating temperatures // Metal Science and Heat Treatment. – 2014. – V. 56. – № 3-4. – P. 219–223.
13. Pachurin G.V. Ruggedness of structural material and working life of metal components // Steel in Translation. – 2008. – V. 38. – № 3. – P. 217–220.
14. Pachurin G.V., Filippov A.A. Economical preparation of 40X steel for cold upsetting of bolts // Russian Engineering Research. – 2008. – V. 28. – № 7. – P. 670–673.
15. Пачурин Г.В., Филиппов А.А. Ресурсосберегающая и экологичная обработка поверхности металлопроката перед холодной высадкой // Экология промышленности России. – август 2008. – С. 13–15.
16. Влияние поверхностного и структурного состояния на качество проката для болтов / А.А. Филиппов [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 10–1. – С. 77–82.
17. Пачурин Г.В., Кузьмин Н.А. Эксплуатационные свойства штампуемых листовых сталей // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 5–1. – С. 31–36.
18. Филиппов А.А., Пачурин Г.В. Изготовление калиброванного проката под холодную высадку крепежных изделий из стали 38ХА без обточки поверхностных дефектов // Заготовительные производства в машиностроении. – 2009. – № 1. – С. 32–36.
19. Филиппов А.А., Пачурин Г.В. Разработка конкурентоспособных технологий подготовки хромистых сталей под холодную высадку высокопрочных крепежных изделий // Заготовительные производства в машиностроении. – 2008. – № 10. – С. 28–32.
20. Сравнение технологических методов подготовки структурно-механических свойств поверхности проката для высадки метизов с целью снижения воздействия на работников опасных и вредных факторов / А.А. Филиппов [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 10–1. – С. 88–96.



21. 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.
22. Подготовка структуры при электротермообработке сталей, применяемых для высадки высокопрочных крепежных изделий / М.В. Бобылев [и др.] // *Сталь*. – 1996. – № 11. – С. 54–58.

### References:

1. Ecological assessment of process of production of renewables / E.N. Sosnina [etc.] // *Modern problems of science and education*. – 2013. – № 6. – P. 174–180.
2. Masleeva O.V., Voyevodin A.G., Pachurin G. V. Thermal impact of alternative sources on the environment // *Modern high technologies*. – 2015. – № 3. – P. 51–54.
3. Masleeva O.V., Pachurin G.V. Complex ecological assessment of life cycle of the small-scale distributed and renewable power generation//the International magazine of applied and basic researches. – 2014. – № 8 – P. 81–86.
4. Pachurin G.V. Life of Plastically Deformed Corrosion-Resistant Steel // *Russian Engineering Research*. – 2012. – Vol. 32. – № 9–10. – P. 661–664.
5. Guslyakova G.P., Zhbannikov S.I., Pachurin G.V. Fatigue failure resistance of deformed structural steels // *Materials Science*. – 1993. – V. 28. – № 2. – P. 182–185.
6. Low-Cost Treatment of Rolled Products Used to Make Long High-Strength Bolts / A.A. Filippov [etc.] // *Metalurgist*. – 2016. – Vol. 59. – № 9–10. January. – P. 810–815.
7. The Factor of Structure and Mechanical Properties in the Production of Critical Fixing Hardware 38XA / G.V. Pachurin [etc.] // *Tribology in Industry*. – 2016. – Vol. 38. – № 3. – P. 385–391.
8. Pachurin G.V., Gushchin A.N., Vlasov V.A. Dolgovechnost sheet low-carbon staly on air and in the corrosion environment // *materials science Questions*. – № 3 (67). – 2011. – P. 125–133.
9. Filippov A.A., Pachurin G.V., Chinenkov S.V. Formation of structural and mechanical properties of steel preparations for the strengthened bolts: monograph / NGTU. – N. Novgorod, 2012. – 151 p.
10. Pachurin G.V., Guslyakova G.P. Effekt of a peening on durability of metals at different temperatures // *Physical and chemical mechanics of materials*. – 1981. – № 5. – P. 127.
11. Pachurin G.V., Gushchin A.N. Increase in operational durability of hardware by technological methods // *Messenger of mechanical engineering*. – 2007. – № 6. – P. 62–65.
12. Pachurin G.V., Vlasov V.A. Mechanical properties of sheet structural steels at operating temperatures // *Metal Science and Heat Treatment*. – 2014. – V. 56. – № 3–4. – P. 219–223.
13. Pachurin G.V. Ruggedness of structural material and working life of metal components // *Steel in Translation*. – 2008. – V. 38. – № 3. – P. 217–220.
14. Pachurin G.V., Filippov A.A. Economical preparation of 40X steel for cold upsetting of bolts // *Russian Engineering Research*. – 2008. – V. 28. – № 7. – P. 670–673.
15. Pachurin G.V., Filippov A.A. Resource-saving and eco-friendly processing of a surface of metal rolling before cold disembarkation // *Ecology of the industry of Russia*. – August, 2008. – P. 13–15.
16. Influence of a superficial and structural state on quality of a hire for bolts / A.A. Filippov [etc.] // *Basic researches*. – 2015. – № 10–1. – P. 77–82.
17. Pachurin G.V., Kuzmin N.A. Operational properties stamped sheet staly // *International magazine of applied and basic researches*. – 2014. – № 5–1. – P. 31–36.
18. Filippov A.A., Pachurin G.V. Production of the calibrated hire under cold disembarkation of fasteners from steel 38XA without turning of superficial defect // *Procuring productions in mechanical engineering*. – 2009. – № 1. – P. 32–36.
19. Filippov A.A., Pachurin G.V. Development of competitive technologies of preparation chromic staly under cold disembarkation of vysokoprochny fasteners // *Procuring productions in mechanical engineering*. – 2008. – № 10. – P. 28–32.
20. Comparison of technological methods of preparation of structural and mechanical properties of a surface of a hire for disembarkation of a hardware for the purpose of decrease in impact on workers of dangerous and harmful factors / A.A. Filippov [etc.] // *Basic researches*. – 2016. – № 10–1. – P. 88–96.
21. Filippov A.A., Pachurin G.V., Kuzmin N.A. Decrease in dangerous and harmful factors when cleaning a surface of high-quality rolled metal // *Modern high technologies*. – 2016. – № 2–1. – P. 38–43.
22. Preparation of structure at electric heat-treatment staly, the high-strength fasteners used to disembarkation / M.V. Bobyliov [etc.] // *Steel*. – 1996. – № 11. – P. 54–58.