

СТРУКТУРНАЯ ПОДГОТОВКА ПРОКАТА ИЗ ПЕРЛИТНЫХ СТАЛЕЙ ДЛЯ ВЫСАДКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ БОЛТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Д.Ю. Козин, магистр

А.А. Филиппов, канд. техн. наук, доцент

Н.Н. Катаев, канд. техн. наук, доцент

Г.В. Пачурин, д-р техн. наук, профессор

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
(Россия, г. Нижний Новгород)

DOI:10.24412/2500-1000-2022-2-1-91-95

Аннотация. К стержневым болтовым изделиям, изготавливаемым холодной штамповкой из сталей перлитного класса, предъявляются особые требования по структурно-механическим характеристикам. Весьма распространенным и производительным методом получения готовых металлоизделий с высокими показателями механических свойств является их высадка на хладно высадочных (холодновысадочные) автоматах из металлического проката, который должен обладать определенным качеством по всей длине – достаточной пластичностью, однородными структурой и параметрами технологических свойств, отсутствием дефектов. Метизные предприятия получают исходную заготовку для изготовления различного крепежа в виде горячекатаного проката, который невозможно использовать для высадки высокопрочных метизов из-за некачественной структуры и поверхностного слоя. Поэтому калиброванный прокат подвергается промежуточной термической обработке перед волочением, что должно гарантировать качество метизов на переходах холодной высадки. Далее высаженные изделия класса прочности 8.8 и выше из легированных сталей необходимо подвергать закалке с последующим отпуском. Однако такая термическая операция часто приводит к обезуглероживанию поверхности, трещинообразованию и короблению готовых изделий, что повышает трудоемкость, энергоёмкость и, следовательно, конечную себестоимость. В работе предложен альтернативный способ структурной подготовки проката, включающий в себя изотермическую обработку перлитных сталей 38Х и 38ХА, исключаяющий из технологического процесса рекристаллизационный отжиг и закалку с отпуском готовых болтовых изделий и нивелирующий на прокате и на изделиях возникновение рисков, коробления и обезуглероживания. Наведенная в фильерах структура проката и упрочнение поверхности редуцированием и накаткой резьбы обеспечивают соответствующие классу прочности 9.8 параметры механических свойств болтов и шпилек М8.

Ключевые слова: прокат, перлитные стали, структура, механические свойства, холодная высадка, автомобильные метизы.

Надежная работа металлоизделий существенно зависит от природы материала, условий эксплуатации и режимов его технологической обработки, формирующих структуру и свойства применяемых материалов, и которые обеспечиваются оптимизацией режимов технологических процессов.

К стержневым болтовым изделиям, изготавливаемым холодной штамповкой из сталей перлитного класса, предъявляются особые требования по структурно-

механическим характеристикам. Весьма распространенным и производительным способом получения готовых с высокими показателями структурно-механических свойств металлоизделий является [1] их высадка из металлического проката, который должен обладать определенным качеством – однородными по всей длине пластичностью, структурой, технологичностью и отсутствием дефектов.

Разнообразная номенклатура метизных изделий (болтов, шпилек и винтов), для

которых не регламентируются специфические требования к прочностным свойствам, изготавливаются, в основном, из сталей согласно ГОСТ 1050-2013, ГОСТ 4543-2016, а также ГОСТ 380-2005. Вышеуказанные стандарты не регламентируют параметры структуры и поверхности металлопроката, которые формируются в процессе прохождения через фильеры и в процессе высадки. Это создает определенные риски появления признаков брака, типа деформационных трещин и короблений [2] в высаженных стержневых изделиях.

Химический состав сталей и механические свойства металлопроката под высадку стержневых метизов различного класса прочности для автомобилей, тракторов и другой спецтехники регламентируются ГОСТ 10702-2016. Для высокопрочной метизной продукции регламентируются механические характеристики по действующему стандарту ИСО 898-1:1999. Требуемый класс прочности определяется маркой стали и режимом термообработки металлопроката и высаженных готовых изделий [3].

Метизные предприятия получают заготовку для изготовления различного крепежа в виде горячекатаного проката, который невозможно использовать для высадки высокопрочных метизов из-за некачественной структуры и поверхностного слоя. Горячекатаный металлопрокат из конструкционных сталей перлитного класса, который закупается в не термообработанном состоянии у поставщиков металлургической продукции, имеет структуру «перлит+феррит». Перед высадкой стержневых изделий термическая обработка и волочение должны формировать необходимые микроструктуру и состояние поверхности проката [4], которые гарантируют качество изделия на всех переходах холодной высадки [5].

Согласно ГОСТ 1759.4-87, высаженные таким способом крепежные стержневые изделия класса прочности 8.8 и выше из легированных сталей, должны подвергаться закалке и отпуску. К сожалению, вышеуказанная термическая операция провоцирует появление на готовых изделиях

обезуглероживания, трещинообразования и коробления, что повышает трудоемкость, энергоёмкость и, следовательно, конечную себестоимость продукции.

В работе предложен альтернативный способ подготовки структуры проката, включающий в себя изотермомеханическую обработку перлитных сталей 38Х и 38ХА с целью исключения из технологического процесса рекристаллизационного отжига, а также аннулирования закалки с отпуском готовых болтовых изделий, что приведет к нивелированию или снижению рисков возникновения коробления и обезуглероживания на прокате и на изделиях. При этом данный способ позволяет получать механические характеристики проката и качество поверхности, полностью соответствующие ГОСТ 10702-2016.

В работе изучались образцы проката из сталей перлитного класса 38Х и 38ХА, широко применяемых при изготовлении ответственных крепежных изделий моторной, кузовной и других групп автотракторной и спецтехники.

На основе анализа экспериментальных данных предложена схема изотермомеханической обработки проката из исследованных сталей для изготовления упрочненных длинномерных стержневых изделий с низкой формованной головкой и различных шпилечных изделий, соответствующих классу прочности 8.8 и более без их закалки и отпуска.

Схема изотермомеханической подготовки проката для сталей 38Х и 38ХА включает: термообработку исходного проката; травление в растворе кислот после отжига; волочение; изотермическую обработку (температура 470°С); травление в растворе кислот после изотермической обработки; волочение; высадку высокопрочных болтов и шпилек.

Для формирования микроструктуры проката для высадки болтов диаметром 7,8 мм использовали процесс изотермической обработки – отжиг 2-го рода. Превращение аустенита данных сталей в селитровой ванне с температурой 470°С происходит в температурном интервале сорбитного превращения 650-470°С. Получаемый при

данной температуре термической ванны аустенит относится к эвтектоидному типу. Исследуемый способ изотермического термоохлаждения при температуре 470°C предложен для получения калиброванного проката после пластической операции волочения для высадки коротких, средних и длинномерных болтов с объемно-формованной головой и шпилек различной длины.

С учетом определенного ограничения длины селитровых ванн для изотермической обработки проволоки выдержка обрабатываемого калиброванного проката осуществляется не более, чем до пяти-шести минут. Для завершения аустенитного превращения в металлопрокате время охлаждения проволоки диаметром 8,2-8,6 мм при температуре селитровой ванны 470°C составляет 3,9 мин. (234 с).

Образцы металлопроката готовились волочением на диаметры 8,1 мм; 8,2 мм; 8,3 мм; 8,4 мм; 8,5 мм и 8,6 мм с последующей изотермической обработкой в селитровой ванне при 470°C. Окончательное волочение осуществлялось на диаметр 7,8 мм с различными степенями обжатия в фильере волочильного стана. Полученные болты и шпильки М8 подвергались испытаниям на разрыв по ГОСТ 1759.4-87. Химический состав и механические свойства сталей 35Х и 38ХА соответствовали ГОСТ 10702-16. Микроструктурой исходного проката сталей является «перлит + феррит».

После изотермической обработки образцы металлопроката стали 35Х и 38ХА диаметров 8,1 мм; 8,2 мм; 8,3 мм; 8,4 мм; 8,5 мм и 8,6 мм при температуре соляной ванны 470°C имеют структуру «перлит сорбитообразный». Образцы стали 35Х после вышеуказанной обработки имеют твердость НВ 249, а образцы стали 38ХА – соответственно твердость НВ 254.

Микроструктура калиброванного проката обеих сталей представляет собой

«перлит сорбитообразный». Установлено, что прочностные характеристики изотермически обработанного при 470°C проката с ростом степени обжатия при волочении от 4,9 до 17,7% постоянно возрастают. Так, предел прочности при растяжении калиброванного проката стали 35Х при степени обжатия от 4,9 до 17,7% возрастает с 860 до 940 МПа, проката 38ХА – с 930 до 1060 МПа.

Механические испытания калиброванного проката сталей 35Х и 38ХА показывают, что условный предел текучести после изотермомеханической технологической подготовки также возрастает. Выявлено, что условный предел текучести проката перед холодной высадкой стали 35Х при степени обжатия от 4,9 до 17,7% возрастает с 770 до 880 МПа, а стали 38ХА – с 800 до 950 МПа.

Изотермомеханическая подготовки проката сталей при температуре 470°C с последующим волочением со степенями обжатия от 4,9 до 17,7% обеспечивает постоянное снижение относительного удлинения для стали 35Х от 16 до 12,2% и стали 38ХА от 15,7 до 12,2%.

Относительное поперечное сужение после изотермомеханической технологической подготовки проката перед холодной высадкой стали 35Х при степени обжатия от 4,9 до 17,7% убывает от 54 до 52%, а у стали 38ХА – с 53,1 до 50,4%.

Из калиброванного проката сталей 35Х и 38ХА после изотермомеханической подготовки при температуре 470°C изготовили короткие и длинномерные болты М8 с невысокой обрешной головой и шпильки М8 высадкой на холодновысадочном автомате. После холодной высадки болтов проведены их испытания на разрыв и выявлены прочностные и пластические характеристики. Результаты испытаний болтов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты испытаний болтов из сталей 35Х и 38ХА на разрыв

Болт, М8	Кол-во болтов, шт.	σ_b , МПа	Ψ , %	δ , %	НВ
38Х	21	820	44,5	10,7	254
38ХА	17	950	44,5	10,7	286

После холодной штамповки с редуцированием шпилек также были проведены их испытания на разрыв и выявлены проч-

ностные и пластические характеристики. Результаты испытаний шпилек представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты испытаний шпилек из стали 38Х и 38ХА на разрыв

Шпилька, М8	Кол-во шпилек, шт.	σ_v , МПа	Ψ , %	δ , %	НВ
38Х	18	912	44,5	10,7	248
38ХА	25	938	44,5	10,7	277

Выводы:

Исследована возможность изотермомеханической подготовки проката диаметром 7,8 мм конструкционных сталей перлитного класса 35Х и 38ХА для штамповки холодным способом болтов с обрезной головой и шпилек класса прочности 8.8 и выше без их закалки и отпуска.

Доказано, что болты и шпильки М8, изготовленные из калиброванного проката этих сталей и упрочненные последующей поверхностной пластической деформацией в процессе редуцирования и накатки резьбы, обладают комплексом прочностных и пластических характеристик, соответствующих классу прочности 9.8 согласно требований ГОСТ 52643-2006.

Библиографический список

1. Пачурин Г.В., Филиппов А.А. Выбор рациональных значений степени обжатия горячекатаной стали 40Х перед холодной высадкой метизов // Известия ВУЗов. Черная металлургия. – 2008. – №7. – С. 23-25.
2. Филиппов А.А., Пачурин Г.В., Кузьмин Н.А., Матвеев Ю.И. Способ формирования структурно-механических свойств стального проката для высадки стержневых изделий // Черные металлы. – 2018. – №4. – С. 36-40.
3. Филиппов А.А., Пачурин Г.В., Кузьмин Н.А., Матвеев Ю.И., Деев В.Б. Оценка качества стального проката для холодной объемной штамповки // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2018. – Том 61. – №7. – С. 551-556.
4. Pachurin G.V., Shevchenko S.M., Mukhina M.V., Kutepova L.I., Smirnova J.V. The Factor of Structure and Mechanical Properties in the Production of Critical Fixing Hardware 38ХА // Tribology in Industry. – 2016. – Vol. 38, – №3 – P. 385-391.
5. Pachurin G.V., Filippov A.A. Rational reduction of hot-rolled 40Х steel before cold upsetting // Steel in Translation. – 2008. – Т. 38. – № 7. – С. 522-524.

STRUCTURAL PREPARATION OF ROLLING FROM PEARLITE STEELS FOR UPLOADING AUTOMOBILE BOLT PRODUCTS

D.Yu. Kozinov, *Master*

A.A. Filippov, *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

N.N. Kataev, *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

G.V. Pachurin, *Doctor of Technical Sciences, Professor*

**Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseeva
(Russia, Nizhny Novgorod)**

Abstract. Stud bolt products manufactured by cold forging from pearlitic steels are subject to special requirements in terms of structural and mechanical characteristics. A very common and productive method for obtaining finished metal products with high mechanical properties is their heading on cold heading (cold heading) machines from rolled metal, which must have a certain quality along the entire length – sufficient plasticity, uniform structure and parameters of technological properties, absence of defects. Hardware enterprises receive the initial blank for the manufacture of various fasteners in the form of hot-rolled steel, which cannot be used for upsetting high-strength hardware due to poor quality structure and surface layer. Therefore, calibrated rolled products are subjected to intermediate heat treatment before drawing, which should guarantee the quality of hardware at cold heading transitions. Further, upset products of strength class 8.8 and higher from alloy steels must be subjected to quenching followed by tempering. However, such a thermal operation often leads to surface decarburization, cracking and warpage of finished products, which increases labor intensity, energy consumption and, consequently, the final cost. The paper proposes an alternative method for the structural preparation of rolled products, which includes isothermal treatment of 38X and 38XA pearlitic steels, excluding recrystallization annealing and hardening with tempering of finished bolted products from the technological process and leveling the appearance of scratches, warping and decarburization on the rolled products and products. The rolled structure induced in the dies and surface hardening by thread reduction and knurling provide the mechanical properties of M8 bolts and studs corresponding to strength class 9.8.

Keywords: rolled products, pearlitic steels, structure, mechanical properties, cold heading, automotive hardware.