

УДК 629.113:011.5

А.А. Филиппов<sup>1</sup>, Г.В. Пачурин<sup>2</sup>**РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ПОДГОТОВКА  
ЗАГОТОВОК СТАЛИ 40X ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ УПРОЧНЕННЫХ БОЛТОВ**ООО «Метмаш»<sup>1</sup>,Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева<sup>2</sup>

Разработана и предложена рациональная ресурсосберегающая технологическая схема подготовки проката стали 40X диаметром 9,65 и 11,7 мм для получения упрочненных длинномерных болтов с низкой обрезной головкой, соответствующих классу прочности 9.8, исключая операции закалки и отпуска изделий. Она заменяет сфероидизирующий отжиг на изотермическую операцию – патентирование, что позволяет снизить трудо- и энергозатраты, повысить экологичность производства и эксплуатационную надежность болтовых изделий без опасности возникновения дефектов резьбы и необходимости их рихтовки. Это дает возможность сократить технологическую цепочку и снизить себестоимость изготовления упрочненных болтов. На разработанную технологию подготовки проката стали 40X получен патент.

*Ключевые слова:* прокат, упрочненные болты, прочность, пластичность, структура, стали, закалка, отпуск, патентирование, экологичность, ресурсосбережение.

**Введение**

Важнейшей задачей развития современного машиностроительного крепежа является улучшение качества металлопродукции и изготавливаемых из нее деталей, повышение их работоспособности, эксплуатационной надежности, с целью доведения эксплуатационных показателей до уровня мировых стандартов, обеспечения конкурентоспособности отечественной продукции как на внутреннем, так и внешнем рынке.

Безопасность конструкции во многом определяется эксплуатационной надежностью составляющих ее элементов. К числу ответственных и широко распространенных в машиностроении деталей относится автомобильный крепеж, изготавливаемый из углеродистой, высокоуглеродистой и легированной проволоки.

Наиболее распространенным и прогрессивным способом получения метизных изделий является метод холодной штамповки высадкой из калиброванного проката (ХОШ). При этом для изготовления высокопрочного крепежа широко используются стали 35, 35X, 38XA, 40X. В качестве альтернативы этим маркам сталей применяют борсодержащие стали 20Г2Р и 30Г1Р [1]. Из-за возможного образования заметного количества оксидов и нитридов бора в борсодержащих сталях, приводящих к снижению прокаливаемости, возникает нестабильность упрочнения закалкой метизов. Фактически стоимость горячекатаного (г/к) проката борсодержащей стали, как правило, на 12-16% выше стоимости стали 40X, а необходимость у отечественных производителей использовать импортные поставки таких сталей приводит к ещё большему удорожанию производимого крепежа.

На основе анализа состояния поставляемого металлопроката с отечественных и зарубежных металлургических предприятий [2-7], используемого для изготовления различных видов крепежной продукции, закономерностей влияния термической обработки, степени обжатия проката на микроструктуру, его твердость, прочностные и пластические характеристики, рассмотрения основных технологических вариантов подготовки проката для получения крепежных изделий класса прочности 8.8 и выше установлено, что основным способом получения высокопрочного крепежа является высадка из проката после волочения, имеющего микроструктуру «зернистый перлит».

В настоящее время упрочнение болтовых изделий достигается путем их закалки и от-

пуска. Однако термоулучшение длинномерных болтов может привести к их обезуглероживанию, появлению трещин, короблению и, как правило, введение дополнительных операций сортировки и рихтовки. Поэтому исключение операции закалки и отпуска болтов позволит снизить трудо- и энергозатраты, вывести из производственного процесса печи с защитной атмосферой и закалочные проходные печи (соляные ванны). Такая ресурсо- и энергосберегающая технология обеспечит увеличение эффективности производства, снижение выбросов отработанных газов в атмосферу и уменьшение использования солей. Характерно, что в зарубежной промышленности производство высокопрочных крепежных изделий (класс прочности 8.8 и выше) составляет 90% от общего объема крепежа, тогда как в РФ этот показатель не превышает 18%. Низкая доля его применения представляется негативным технико-экономическим показателем как промышленности, производящей эту продукцию, так и промышленности, производящей конструкции, применяющие крепёж.

Решение этой проблемы производства упрочнённого крепежа является актуальной задачей для отечественной промышленности, охватывающей различные отрасли. Одним из приоритетных направлений в решении этой задачи авторы настоящей работы видят в снижении стоимости производимого крепежа за счёт, во-первых, рационализации технологии упрочняющей обработки крепежа, во-вторых, минимизации стоимости стали (относительно борсодержащей стали). Рационализацию упрочняющей обработки авторы связывают с использованием упрочнения, возникающего при термомеханической обработке стали, применяемой с целью получения длинномерных болтов. Предполагается достижение такого же уровня упрочнения, который достигается термическим улучшением болтов, что позволит исключить закалку и отпуск из производственного цикла их изготовления. Этим существенно снижаются не только трудовые, материальные и энергетические затраты в производстве, но и достигается улучшение качества по определённым показателям: устранение коробления поверхности длинномерных болтов, возникающего при закалке, а также повреждений поверхности, связанных с воздействием рабочей среды (газовая атмосфера или закалочные ванны) при нагреве под закалку.

Следует заметить, что предлагаемое техническое решение не исключает полностью термического упрочнения, которое остаётся как предварительная термическая обработка – патентирование, упрочняющий эффект которого усиливается в результате последующего окончательного волочения.

В плане минимизации стоимости стали наиболее предпочтительной представляется сталь 40Х. Данная марка стали стандартизована (ГОСТ 10702-78), она традиционно имеет наибольшее распространение для упрочняемых крепёжных изделий и зарекомендовала себя легко осваиваемой метизным производством любой степени массовости. И, наконец, соответствующее содержание углерода и легирование хромом (достаточно экономное) упрощают реализацию предлагаемого технического решения во всех его технологических компонентах.

Целью работы является разработка ресурсосберегающей термомеханической подготовки стальных заготовок на основе изучения совместного влияния термической (патентирования) и пластической (волочения) обработки на структурное состояние и механические характеристики для дальнейшего получения длинномерных болтов.

Проанализировано состояние поставляемого металлопроката с отечественных и зарубежных металлургических предприятий, используемого для изготовления различных видов крепежной продукции. Представлены литературные и производственные данные по проблемам качества проката до и после волочения для ХОШ крепежа, выявлены факторы, его определяющие. Установлены значимость влияния химического состава, прочностных и пластических характеристик. Проанализированы закономерности влияния термической обработки, степени обжатия проката на микроструктуру, его твердость, прочностные и пластические характеристики. Рассмотрены основные технологические варианты подготовки проката для получения крепежных изделий класса прочности 8.8 и выше.

Основным способом получения упрочненного крепежа является высадка из проката

после волочения, имеющего микроструктуру «зернистый перлит». После ХОШ его подвергают закалке и отпуску. После закалки на крепеже могут образоваться микротрещины и обезуглероженный слой. Если вопрос подготовки проката с микроструктурой 80-100% зернистого перлита изучен достаточно глубоко, то из-за роста сопротивления пластической деформации прокату, имеющему структуру «сорбит патентирования», уделяется недостаточное внимание. Общим недостатком термически обработанного проката в действующих технологиях является локальная неоднородность механических свойств, наблюдающаяся на соседних участках проката небольшой протяженности и по всей длине мотка. Поэтому требует исследования вопрос получения проката с равномерными механическими характеристиками по длине мотка для изготовления упрочненных длинномерных болтов с требованиями ГОСТ Р 52643-2006 «Болты и гайки высокопрочные и шайбы для металлических конструкций» без последующей их закалки и отпуска.

### Методика

Методика подготовки образцов и проведения испытаний включала обоснование и принцип выбора исходного структурного состояния, видов и режимов технологической обработки образцов. Для изготовления образцов был выделен моток г/к проката стали 40Х, разделенный на части, из которых изготавливались серии образцов с различным структурным и деформированным состоянием. Исследовались образцы двух типов.

I тип – недеформированные образцы г/к проката, находящиеся в разных структурных состояниях, соответствующих технологическому процессу изготовления проката: 1) с формой пластинчатого перлита, характерной для г/к проката, поставляемого с металлургических заводов; 2) с разной формой перлита (зернистого и пластинчатого перлита), характерной для процессов отжига г/к проката в камерных газовых печах отжига (металла).

II тип – образцы проката, подвергнутые волочению с деформацией 5-60% до и после патентирования. Половина образцов проката после волочения подвергалась патентированию, другая половина образцов после патентирования – волочению. Важным фактором, формирующим окончательную микроструктуру, является гомогенность аустенита. Исходя из этого, температура нагрева перед патентированием принималась 880°C. Образцы проката подвергались нагреву в соляной ванне (78% BaCl + 22% NaCl) в течение 3 мин. Затем образцы переносились в селитровую ванну (50% NaNO<sub>3</sub> + 50% KNO<sub>3</sub>) и осуществлялась операция патентирования при температурах 370, 400, 425, 450, 500, 550°C с выдержкой 5 мин. Далее охлаждение образцов проводилось на воздухе в течение двух минут, затем они охлаждались в воде. Точность регулирования температуры в ванне при патентировании составляла ±5°C. Волочение проката осуществлялось на однократном волочильном стане с обжатиями 5, 10, 20, 30, 40, 60%. Прочностные ( $\sigma_b$ ,  $\sigma_{0,2}$ ) и пластические ( $\Psi$ ,  $\delta$ ) характеристики, твердость стали изучались по двум вариантам. Вариант 1: волочение с деформацией 5, 10, 20, 30, 40, 60% и последующее патентирование при температурах 370, 400, 425, 450, 500, 550°C. Вариант 2: патентирование при температурах 370, 400, 425, 450, 500, 550 °C и последующее волочение с деформацией 5, 10, 20, 30, 40, 60%.

Математическое планирование экспериментов и статистический анализ их результатов проводились в соответствии с рекомендациями ГОСТ 23026-78. На каждую экспериментальную точку обрабатывалось одновременно по 8 образцов для металлографических и механических исследований и твердости.

Изучение микроструктуры проводили на оптическом микроскопе НЕОРНОТ при увеличениях  $\times 200$ -600. Наблюдение изменения микроструктуры протравленной поверхности образца осуществлялось после технологических операций обработки проката. Фотографирование изломов болтов проводилось с помощью оптического компаратора МИР-12 с увеличением  $\times 7$ . Идентификация химического состава стали осуществлялась на спектроанализаторе Beleskompakt Lab. Величина обезуглероженного слоя определялась на микроскопе «МИМ-6» при увеличении  $\times 100$ . Использовались поперечные микрошлифы.

Для оценки прочностных и пластических характеристик проводились следующие виды испытаний:

1. На растяжение с определением  $\sigma_b$ ,  $\sigma_{0,2}$ ,  $\Psi$ ,  $\delta$  в соответствии с ГОСТ 1497-84 на машине ЦДМ-100, шкала 20 кг. Испытывались образцы длиной 300 мм, полученные данные усреднялись.

2. Твердость измерялась на приборе Роквелл, шкала С, на параллельных шлифованных лысках. Полученные данные усреднялись. Твердость HRC по переводной шкале переводилась в твердость HB.

3. Натурные испытания болтов с определением величины разрывной нагрузки производились на машине МУП-50. Изучался вид излома болтов с помощью оптического компаратора МИР-12 и фотографирования (увеличение  $\times 7$ ).

4. Осадка проводилась на одном образце из исследуемой партии. Испытания на осадку производили согласно ГОСТ 10702-78 осаживанием на 50 и 66 % от первоначальной высоты образца. Качество поверхности оценивалось визуально без применения увеличительных приборов, а также с помощью бинокулярного микроскопа ( $\times 6$  и  $\times 8$ ).

Проводился также расчет кривой охлаждения прутка в селитровой ванне с заданной температурой и расчет структурно-энергетических комплексов разрушения синергетики проката в исследованных структурных состояниях.

### Результаты экспериментов и их анализ

На основе анализа кривых изотермического превращения аустенита и кривых охлаждения стали 40X установлено, что при нагреве ( $880^\circ\text{C}$ ) и охлаждении (выдержке) проката стали 40X в селитровой ванне в интервале температур от  $400$  до  $550^\circ\text{C}$  в течение 5 мин аустенит распадается на смесь тонкопластинчатого строения разной дисперсности – «сорбит патентирования».

Изучение состояния г/к проката, поступившего с метизных заводов, химического состава, исходной структуры (рис. 1), механических характеристик, а также влияние обжатия г/к проката при волочении на прочностные, пластические характеристики и твердость, показало, что с увеличением обжатия г/к проката методом волочения от 5 до 60% предел прочности и текучести увеличиваются с 890 до 1138 МПа и с 780 до 985 МПа соответственно, но снижаются относительное сужение (с 60 до 38%) и относительное удлинение (с 15 до 10%) [8-13], что согласуется с опубликованными в литературе результатами на других марках сталей.

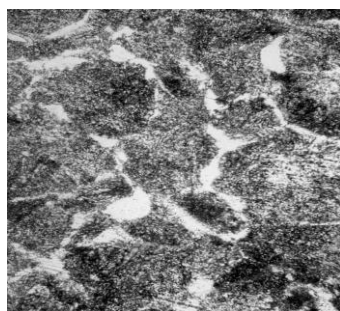


Рис. 1. Микроструктура г/к проката стали 40X

На основании изучения влияния деформации при волочении проката и последующего патентирования при температурах 370, 400, 425, 450, 500,  $550^\circ\text{C}$  на прочностные и пластические характеристики, выявлено, что с увеличением степени деформации от 5 до 60% и последующем патентировании при температуре  $400^\circ\text{C}$  прочностные характеристики проката изменяются немонотонно. При этом предел текучести увеличивается с 690 до 780 МПа, а предел прочности с 910 до 1040 МПа. Выявлено, что кратковременный нагрев (3 мин) при

температуре 880°C не снимает наклёп полностью. Данные результатов показывают, что с увеличением обжатия от 5 до 60% при температуре патентирования 400°C пластические характеристики изменяются незначительно и остаются на достаточно высоком уровне ( $\psi=52-58\%$ ;  $\delta=15-16\%$ ). Твердость образца при температуре патентирования 400°C находится в пределах от 27 до 28 HRC. Если патентирование является окончательной операций, то подготовленный по указанным схемам прокат не рекомендуется запускать для изготовления болтов методом холодной высадки: в этом случае на поверхности проката образуются оксидная пленка и солевой налет, не позволяющие качественно провести технологическую операцию в высокоточном инструменте высадочного автомата.

Изучение влияния патентирования при разных температурах на механические характеристики проката, который подвергся окончательному волочению с разными обжатиями, выявил, что при температуре патентирования 400°C и волочении с обжатиями от 5 до 60% увеличиваются прочностные ( $\sigma_b$ ,  $\sigma_{0,2}$ ) и снижаются пластические характеристики ( $\Psi$ ,  $\delta$ ) проката (рис. 2).

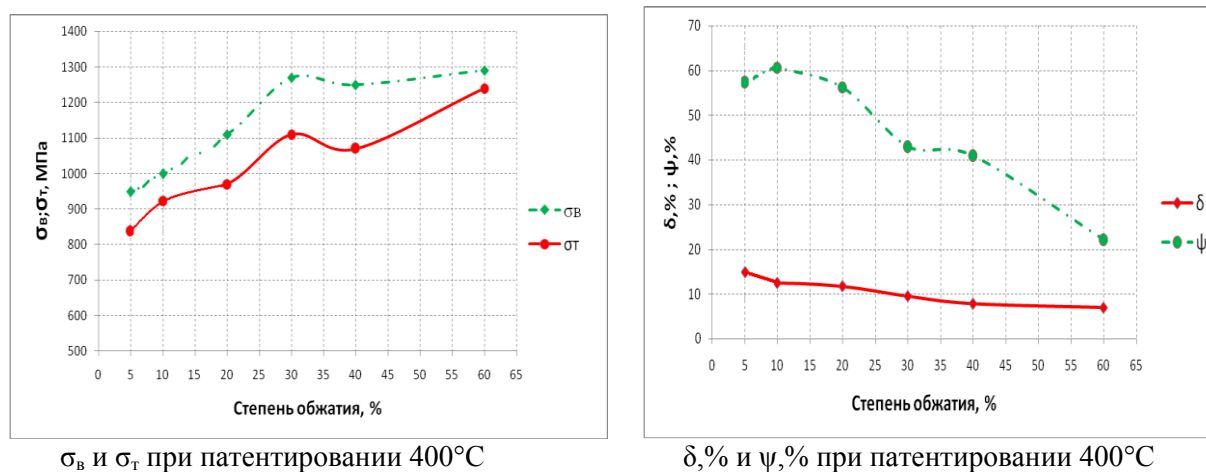


Рис. 2. Зависимость прочностных и пластических характеристик от патентирования и степени обжатия стали 40X

На рис. 3 показано влияние температуры патентирования 400°C и волочения на твердость проката.

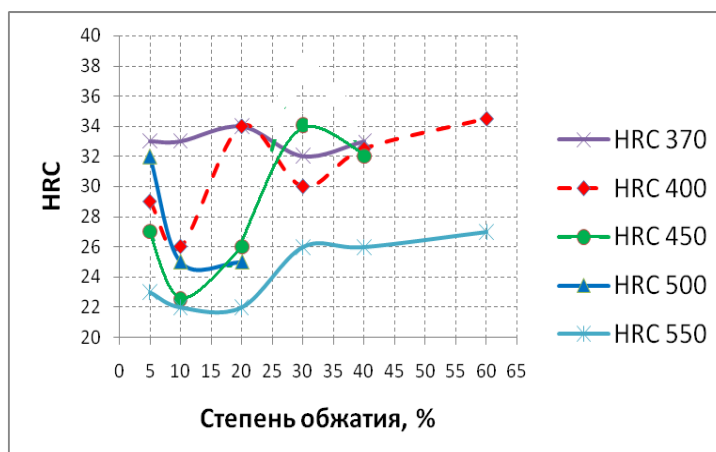


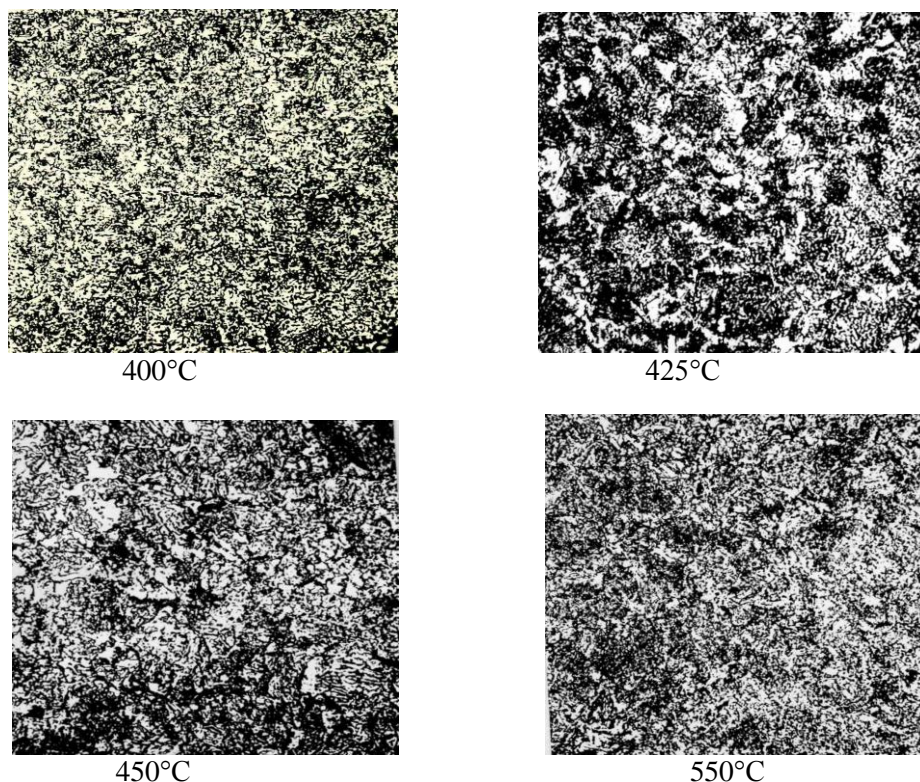
Рис. 3. Зависимость твердости от степени обжатия при разных температурах патентирования

Твердость проката 40X возрастает с увеличением обжата. Рациональная твердость для изготовления длинномерных болтов получена с обжатием от 5 до 10% и равна 28-29 HRC.

Микроструктура г/к проката представляет собой перлит сорбитообразный + феррит в виде разорванной сетки по границам перлитных зерен. В структуре отсутствуют полосчатость и структурно-свободный цементит на границах зерен в виде скоплений или сетки. В микроструктуре не встречается видманштеттовский феррит.

При волочении и последующем патентировании проката при температуре 370°C образуется структура «троостит», обладающая высокими прочностными характеристиками ( $\sigma_b=1100$  МПа), но недостаточной пластичностью ( $\Psi=33\%$ ) и высокой твердостью (35 HRC). Микроструктура «троостит» не рекомендуется для проката при изготовлении длинномерных болтов методом ХОШ. При температуре патентирования 500°C микроструктура стали 40X - «сорбит с участками мартенсита». Такая микроструктура не рекомендуется для ХОШ из-за наличия в ней включений твердого и хрупкого мартенсита.

После патентирования проката при 400, 425, 450, 550°C образуется структура «сорбит патентирования» (рис.4), разной дисперсности и, соответственно, разной твердости. Дисперсность тем выше, чем ниже температура патентирования, то есть температурный интервал превращения аустенита. Твердость (проката) тем выше, чем выше дисперсность структур.



**Рис.4. Микроструктура «сорбит патентирования» после волочения и патентирования проката (x500)**

#### **Ресурсосберегающая подготовка проката**

Анализ полученных результатов позволил разработать ресурсосберегающую схему термомеханической подготовки проката для изготовления упрочненных длинномерных болтов (патент на изобретение №2380432) [14-16]. В результате получены требуемые механические характеристики проката и болтовых изделий из стали 40X без дальнейшей их закалки и отпуска.

Предлагаемая технологическая схема подготовки проката включает в себя следующие этапы:

- 1) отжиг г/к проката: температура нагрева 7700С, выдержка 3 ч, охлаждение до температуры 7000°С, выдержка 3 ч, охлаждение с печью;
- 2) подготовка поверхности проката к волочению;
- 3) волочение с деформацией 15% (с диаметра 13,0 мм на 11,95 мм);
- 4) нагрев проката при температуре 8800°С, патентирование при температуре 4000°С выдержкой 5 мин, охлаждение на воздухе;
- 5) подготовка поверхности проката с фосфатированием;
- 6) окончательное волочение с обжатием 5% (с диаметра 11,95 мм на 11,65 мм);
- 7) формообразование упрочненных длинномерных болтов (М12х110 мм).

Сравнительные схемы подготовки проката по действующей и предлагаемой технологиям изготовления болтовых изделий показаны на рис. 5.



**Рис. 5.** Сравнение схем предложенного варианта с действующим на производстве

В табл. 1 представлены результаты механических испытаний проката, подготовленного для высадки болтов по действующей (вариант 1) и предложенной (вариант 2) схемами.

По действующей технологии (вариант 1) из проката изготавливается крепеж методом ХОШ с последующей его закалкой и отпуском. При этом в результате закалки в длинномерных изделиях могут возникать деформации, трещины и обезуглероживание поверхности, что снижает качество болтов и повышает их отбраковку.

По предложенной технологии (вариант 2) из проката методом ХОШ изготовлены упрочненные длинномерные болты М12х110 и М10х95 с низкой обрезной головкой и проведено их статическое испытание. Испытания болтов М12х110 мм и М10х95 мм проводились в соответствии ГОСТ 1759.4-87. Результаты испытания болтов представлены в табл. 2.

Таблица 1

## Механические характеристики проката по разным вариантам с требованиями ГОСТ 10702-78

Диаметр проката, мм	Вариант подготовки	Механические свойства				Твердость HRC
		$\sigma_b$	$\sigma_{0,2}$	$\delta$	$\Psi$	
		МПа		%		
Ø 9,65	1	815	695	13	57	23
Ø 9,65	2	950	830	13	54	29
Ø 10,7	1	805	690	14	56	23
Ø 10,7	2	940	825	12,5	55	29
Ø 9,65; Ø 10,7	ГОСТ 10702-78	Не менее 690	Не регламентируется	Не менее 5	Не менее 40	Факультативная

Таблица 2

## Результаты испытаний болтов из стали 40X на разрыв

Вид болта	Кол-во болтов, шт.	$\sigma_b$ , МПа	$\Psi$ , %	$\delta$ , %	НВ	Вид излома
M10x95мм	15	1050	44,5	10,7	286	Волокнистый
M12x110мм	15	1020	45,3	11,3	285	Волокнистый

По действующей технологии (вариант 1) из проката изготавливается крепеж методом ХОШ с последующей его закалкой и отпуском. При этом в результате закалки в длинномерных изделиях могут возникать деформации, трещины и обезуглероживание поверхности, что снижает качество болтов и повышает их отбраковку. По предложенной технологии (вариант 2) из проката методом ХОШ изготовлены упрочненные длинномерные болты M12x110 и M10x95 с низкой обрезной головой и проведено их статическое испытание. Испытания болтов M12x110 мм и M10x95 мм проводились в соответствии ГОСТ 1759.4-87.

Упрочненные длинномерные болты M12x110 мм и M10x95 мм с короткой обрезной головой, изготовленные из проката с микроструктурой «сорбита патентирования» и упрочненные пластической деформацией в процессе редуцирования и накатки резьбы обладают комплексом прочностных и пластических характеристик, соответствующих классу прочности 9.8 крепежа согласно ГОСТ Р 52643-2006.

Таким образом, предлагаемая технологическая схема подготовки является ресурсосберегающей, так как исключаются операции закалки и отпуска изделий. Затраты по закалке и отпуску готовых метизов составляют более 9,5% себестоимости, т.е. это позволяет снизить трудо- и энергозатраты. Отсутствие закалки и отпуска длинномерных изделий позволяет избежать обезуглероживания поверхности, коробления и трещин и, как следствие, повышает качество длинномерных болтов, исключает операцию отбраковки и рихтовки. Предлагаемая технологическая схема термомеханической подготовки проката является также экологичной, так как отсутствие закалки и отпуска позволяет исключить из производственного процесса газовые (электрические) проходные печи или селитровые ванны. Это обеспечит снижение выбросов отработанных газов в атмосферу и снизит использование солей в производстве.

## Выводы

Установлено, что оптимальное сочетание механических характеристик после патентирования стали 40X (высокая прочность и незначительное сопротивление пластической деформации) достигается при степенях обжатия 5-10%. Последующее увеличение степени их обжатия до 60% приводит к непрерывному росту предела прочности и предела текучести и снижению показателей относительного сужения и относительного удлинения.



Микроструктура после патентирования проката при температуре 500°C представляет собой «сорбит с участками мартенсита». Патентирование при температуре 500°C и волочение проката со степенями обжатия 30, 40 и 60 %, приводит к потере пластичности и разрушению образца при волочении вследствие образования внутренних трещин. Поэтому данная микроструктура не рекомендуется для изготовления метизов методом пластического деформирования. Патентирование при температурах 400 и 425°C проката стали 40X, подвергнутого деформации волочением со степенями обжатия 5 и 10% повышает прочностные и пластические характеристики, поэтому он может быть рекомендован для подготовки проката под ХОШ упрочненных длинномерных болтов без закалки и отпуска.

Выявлено, что определяющим фактором повышения прочности готового крепежа является использование проката повышенной прочности, механические характеристики которого сформированы на этапах технологического передела из г/к проката. Патентирование г/к проката стали 40X при температурах 400 и 425°C приводит к повышению предела прочности на 190-230 МПа, при небольшом снижении (1–4%) характеристик  $\delta$  и  $\psi$ . Подобная термическая операция с г/к прокатом при температуре 500°C привела к еще большему повышению предела прочности на 370 МПа и снижению пластичности.

Разработана и предложена рациональная технологическая схема подготовки проката стали 40X диаметром 9,65 и 11,7 мм для получения упрочненных длинномерных болтов с низкой обрезной головкой, соответствующих классу прочности 9.8, исключая операции закалки и отпуска изделий. Она заменяет сфероидизирующий отжиг на изотермическую операцию – патентирование, что позволяет снизить трудо- и энергозатраты, повысить экологичность производства и эксплуатационную надежность болтовых изделий без опасности возникновения дефектов резьбы и необходимости их рихтовки. Это дает возможность сократить технологическую цепочку и снизить себестоимость изготовления болтов. На разработанную технологию подготовки проката стали 40X для изготовления упрочненных длинномерных болтов получен патент на изобретение №2380432.

#### Библиографический список

1. **Филиппов, А.А.** Технология подготовки калиброванного проката стали 38ХГНМ под холодную объемную штамповку / А.А. Филиппов, О.В. Власов, Г.В. Пачурин // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2010. №4. С. 40-43.
2. **Филиппов, А.А.** Повышение качества поверхности стального проката под калибровку перед высадкой крепежных изделий / А.А. Филиппов [и др.] // Заготовительные производства в машиностроении. 2007. №3. С. 51-53.
3. **Филиппов, А.А.** Анализ поверхностных дефектов заготовок горячекатаного проката для холодной высадки метизов / А.А. Филиппов, Г.В. Пачурин // Заготовительные производства в машиностроении. 2008. № 5. С. 35-37.
4. **Филиппов, А.А.** Анализ дефектности горячекатаного проката для холодной высадки метизов / А.А. Филиппов [и др.] // Фундаментальные исследования, 2006. №4. С. 38-39.
5. **Филиппов, А.А.** Анализ поверхностных дефектов заготовок горячекатаного проката для холодной высадки метизов / А.А. Филиппов, Г.В. Пачурин // Заготовительные производства в машиностроении. 2008. № 5. С. 35-37.
6. **Филиппов, А.А.** Анализ контроля качества поверхности горячекатаного проката для холодной высадки метизов / А.А. Филиппов, В.Г. Пачурин, Г.В. Пачурин // Современные наукоемкие технологии, 2010. №12. С. 115-117.
7. **Пачурин, Г.В.** Выбор рациональных значений степени обжатия горячекатаной стали 40X перед холодной высадкой метизов / Г.В. Пачурин, А.А. Филиппов // Известия вузов. Черная металлургия. 2008. № 7. С. 23- 25.
8. **Пачурин, Г.В.** Ресурсосберегающая и экологичная обработка поверхности металлопроката перед холодной высадкой / Г.В. Пачурин, А.А. Филиппов // Экология и промышленность России. 2008, август. С. 2-4.

9. **Филиппов, А.А.** Разработка конкурентоспособных технологий подготовки хромистых сталей под холодную высадку высокопрочных крепежных изделий / А.А. Филиппов, Г.В. Пачурин // Заготовительные производства в машиностроении. 2008. № 10. С. 28-32.
10. **Филиппов, А.А.** К вопросу термической обработки стали 40X при подготовке калиброванного проката под холодную высадку крепежа / А.А. Филиппов, К.Г. Пачурин, Г.В. Пачурин // Тяжелое машиностроение. 2008. №12. С. 19-21.
11. **Филиппов, А.А.** Выбор температуры изотермической закалки перед калибровкой проката стали 40X / А.А. Филиппов, Г.В. Пачурин // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2007. №10. С. 33-35.
12. **Филиппов, А.А.** Температура изотермической закалки калиброванного проката из стали 40X под холодную высадку / А.А. Филиппов, Г.В. Пачурин // Заготовительные производства в машиностроении, 2007. №10. С. 44-46.
13. **Пачурин, Г.В.** Выбор рациональных значений степени обжатия горячекатаной стали 40X перед холодной высадкой метизов / Г.В. Пачурин, А.А. Филиппов // Известия вузов. Черная металлургия. 2008. № 7. С. 23-25.
14. **Филиппов, А.А.** Термическая подготовка калиброванного проката из стали 40X к холодной высадке высокопрочных крепежных изделий / А.А. Филиппов, Г.В. Пачурин // Метизы. 2010. № 01(22). С. 56-57.
15. **Пачурин Г.В., Филиппов А.А.** Экономичная технология подготовки стали 40X к холодной высадке крепежных изделий / Г.В. Пачурин, А.А. Филиппов // Вестник машиностроения. 2008. № 7. С. 53-56.
16. **Филиппов А.А., Пачурин Г.В.** Патент на изобретение «Способ обработки горячекатаного проката под высадку болтов», Патент RU 2380432 C1 C21D 8/06. 2008151317/02; Заявл. 23.12.2008; Опубл. 27.01.2010. Бюл. № 3.

*Дата поступления  
в редакцию 05.02.2013*

**AA Filippov<sup>1</sup>, GV Pachurin<sup>2</sup>**

## **RESOURCE TRAINING BLANKS FOR STEEL HARDENING 40X BOLT**

Limited liability “Metmash”<sup>1</sup>,  
Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.Y. Alexeev<sup>2</sup>

Developed and offered a rational resource-saving technological scheme of the preparation of rolled steel 40X diameter of 9.65 and 11.7 mm for hardened bolts long, low-cut head of the class strength of 9.8, which excludes the operation of hardening and tempering products. It replaces the spheroidizing isothermal annealing operation - patenting, thereby reducing labor and energy costs, increase production and environmental reliability of bolted products without the risk of defects and the need to thread their straightening. This makes it possible to reduce the production chain and reduce the cost of manufacturing hardened bolts. In the developed technology training rolled steel 40X received a patent.

*Key words:* rolling, hardened bolts, strength, ductility, structure, steel, hardening, tempering, patenting, ecological, resource.