

УДК 629.113:011.5

В.Г. Пачурин¹, А.А. Филиппов², Г.В. Пачурин³**ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРОКАТА СТАЛИ 38ХА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОПРОЧНОГО КРЕПЕЖА**Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева¹,
ООО «Метмаш»², ООО «Нау стандарт»³

Выполнен анализ факторов качества калиброванного проката, предназначенного для холодной высадки метизных изделий. Предложена рациональная технология подготовки калиброванного проката стали 38ХА без обточки для холодной объемной штамповки крепежных изделий, позволяющая получать прокат с хорошей способностью к холодной высадке и превосходящий по всем показателям изготовленный по действующей технологии. Предлагаемая технология изготовления калиброванного проката 38ХА Ø9.65 мм является ресурсосберегающей и экологически более чистой по отношению к действующей технологии, так как при этом отсутствуют вредные выбросы от печей, где происходит отжиг проката, травильные растворы освежаются реже, так как после отжига проката способом ТВЧ пленка окалина на нем образуется минимальная.

Ключевые слова: калиброванный прокат, качество поверхности проката, холодная объемная штамповка, отжиг, травильные растворы, ресурсосбережение, экологичность

Повышение качества материалов деталей машин является важнейшей составляющей безопасности металлоконструкций. Пожалуй, трудно найти среди ответственных и широко распространенных в машиностроении деталей, чем разновидности метизного производства, в том числе автомобильного крепежа, изготавливаемого холодной высадкой из калиброванного проката углеродистой, высокоуглеродистой и легированной проволоки.

В последнее время стала широко применяться низкоуглеродистая боросодержащая доэвтектоидная сталь 20Г2Р, которая, несмотря на видимые преимущества, обладает рядом чисто технологических трудностей. К ним относится необходимость предотвращения связывания бора в нитриды при выплавке стали, так как на прокаливается стали оказывает влияние не весь присутствующий в стали бор, а только «эффективный» (твердорастворимый, не связанный в нитриды). Нарушение этого условия приводит к нестабильности их свойств и низкому качеству проката из-за не возможности получения необходимой твердости после закаливания. Кроме того, многие производители высокопрочного крепежа в России вынуждены закупать горячекатаный прокат из боросодержащих сталей за рубежом, что приводит к удорожанию продукции. С этим может быть связана достаточно низкая доля потребления таких сталей заводами, выпускающими нормали.

В настоящее время в метизном производстве довольно широко распространены стали 35Х, 38ХА и 40Х. Так, более 60% крепежа классом прочности 10.9 и выше изготавливают из этих стали с последующим термоулучшением высаженных болтов. Ценовая политика к прокату данных сталей со стороны металлургических комбинатов значительно гибче, чем к боросодержащим сталям. Цена одной тонны горячекатаного проката хромистых сталей, как правило, на 16-20% ниже цены одной тонны боросодержащей стали.

За рубежом крепежные изделия повышенной прочности (класс прочности 8.8 и выше) составляют 90-95% от общего объема производства, в то время как в РФ доля крепежа повышенной прочности составляет 15-18% от общего выпуска. Поэтому расширение производства и применение крепежных изделий повышенной прочности является актуальной задачей отечественной промышленности.

В настоящее время производство крепежа в Российской Федерации сократилось, так как значительная часть объемов данного продукта начала поступать из Китая, Тайваня и др.

Также одной из главных причин сокращения производства крепежных изделий явилось уменьшение объемов в машиностроении в целом и в автомобилестроении в частности.

Свойства метизов и их эксплуатационные показатели формируются на всех стадиях металлургического передела, начиная с выбора шихтовых материалов для выплавки металла и заканчивая обработкой готовой проволокой [1–3].

Наряду с применением высокопрочных металлоизделий традиционной формы, внедрением новых прогрессивных конструкций актуальной задачей остается производство крепежных изделий без внутренних дефектов и дефектов поверхности [4]. Для обеспечения изготовления методом холодной объемной штамповки массовых деталей требуется качественный горячекатаный прокат с осадкой до $1/3$ первоначальной высоты образца, а калиброванный прокат должен выдерживать осадку до $1/4$ первоначальной высоты образца.

Известно [5], что выпуск высококачественной продукции зависит: от качества исходного проката, технологии изготовления изделий, характера нагрузки, степени деформации, от состояния оборудования и квалификации обслуживающего персонала. Материал, применяемый для объемной холодной штамповки метизов, должен обладать достаточной пластичностью, равномерными механическими свойствами и химическим составом, а также не должен иметь поверхностных и внутренних дефектов [6]. Если эти условия выполняются, то использование холодной высадки при производстве крепежных изделий позволяет достичь коэффициента применения металла 95-98%.

При уменьшении расхода металла на первое место выходит качество исходного проката. Причиной повышенного расхода металла является отбраковка по дефектам «трещины» и «надрывы» горячекатаного проката, поставляемого с металлургических заводов. К поверхностным дефектам относятся такие дефекты, как раскатные газовые пузыри, волосовины, рванины, закаты и др. Также дефектом поверхности металлопроката является образование обезуглероженного слоя, существенно ухудшающего механические свойства в поверхностных слоях проката. Поверхность становится восприимчивой к образованию рисок, задигов, царапин при прокатке, калибровке и холодной высадке [1, 7]. По своему характеру дефекты на поверхности горячекатаного проката, поступающего с металлургических предприятий, могут быть металлургического (при выплавке и разливке стали, охлаждении слитков), прокатного (при деформации и охлаждении проката) и волочильного (при калибровании проката или волочении проволоки) производства [1].

Высокотемпературный нагрев металла в металлургических печах перед его нагревом при прокатке вызывает интенсивное развитие газовой коррозии на его поверхности, следствием которой является окалинообразование, обеднение поверхностных слоев углеродом, перераспределение легирующих элементов в этих слоях (угар легкоокисляемых элементов и повышение концентрации относительно инертных к кислороду элементов).

Если на слитке пороки полностью не удалены, то при прокатке они переходят на блюмы (слябы), заготовки, на горячекатаный прокат, на готовый калиброванный прокат и далее на крепежные изделия в процессе холодной объемной штамповки.

Основной технической дефект при производстве крепежа связан с высокой степенью деформации (до 88%) в процессе холодной объемной штамповки, так как трещины исходного горячекатаного и калиброванного проката, не лежащие на поверхности, распространяются на штампуемом изделии в результате максимальных полных касательных напряжений. Чаще всего трещины, возникающие при холодной штамповке, параллельны оси подката, а трещины, возникающие при отделочных операциях, перпендикулярны его оси. Однако даже соблюдение всех технологических требований и рекомендаций по структуре и механическим свойствам исходного горячекатаного и калиброванного проката еще не гарантирует отсутствие брака металлоизделий при обработке давлением.

Наиболее распространенным видом дефектов металлургического происхождения являются неметаллические включения – частицы шлака и огнеупоров. При выпуске расплавленного металла из печи в ковш и из ковша в изложницу шлак механически извлекается

струей металла из футеровки печи или изложницы. Таким образом, частицы огнеупорного материала попадают в сталь. При дальнейшей обработке круглого проката холодным пластическим деформированием трещины образуются в местах наибольших скоплений неметаллических включений даже при самых благоприятных для холодной объемной штамповки механических свойствах и микроструктуре.

Поэтому одной из проблем изготовления качественного материала для холодной высадки является обеспечение минимального содержания неметаллических включений. При этом осуществляя входной контроль металлопроката для холодной высадки, важно проводить исследование на их наличие.

Причиной образования трещин при штамповке со степенью деформации от 40% и более могут также являться дефекты сталеплавильного (при разливке и охлаждении слитков) и прокатного (при деформации и охлаждении проката) происхождения.

Важным условием повышения технологичности производства калиброванного проката и дальнейшей холодной высадки крепежа является наличие однородной структуры и уровня механических свойств по сечению мотков металла. Структура – основное звено, связывающее технологию материала и его поведение в эксплуатации. Для успешного осуществления технологических операций холодной объемной штамповки калиброванный прокат должен иметь оптимальную макро- и микроструктуру. Макроструктура стали должна быть однородной без усадочных рыхлостей, расслоений, неметаллических включений, не иметь пор, пузырей, трещин, ликвационной зоны, флокенов и других дефектов, видимых невооруженным глазом на поперечных темплетах после травления [1,7]. Площадь ликвационной зоны не должна превышать 40% поперечного сечения заготовки, в противном случае на головках изделий образуются трещины, а при накатывании резьбы – расслоения.

Макроструктура легированной стали должна соответствовать ГОСТ 4543-71. Величина аустенитного зерна в легированной стали должна быть не крупнее номера 5. Характер микроструктуры, применяющейся для ХОШ, влияет на протекание технологического процесса и качество изделий. Для обеспечения стойкости рабочих деталей штампов, исключения появления трещин, разрывов сталь в состоянии поставки должна иметь однородную микроструктуру, в которой не допускается полосчатость, структурно-свободный цементит, расположенный по границам зерен в виде скоплений или сетки. Микроструктура калиброванной стали марки 38ХА не должна иметь грубопластинчатого перлита, игольчатости и видманштеттовой структуры, поскольку они резко снижают пластичность и ударную вязкость стали. К стали для холодной высадки могут быть предъявлены следующие дополнительные требования: повышенные нормы по поперечному сужению, нормированная макро- и микроструктура, размер зерна, глубина обезуглероженного слоя, ограничение содержания кремния.

На штампуемость легированной стали 38ХА большое влияние оказывает размер и ориентировка зерен и структура стали. При значительном размере зерен и резко выраженной их пластичности при холодном выдавливании возможны скалывание и расслоение головки изделия. При очень мелком зерне возрастает усилие деформации. Для этих сталей при высадке изделий наиболее благоприятной является структура, определяемая перлитным числом 70-80, что соответствует процентному содержанию сфероидального цементита в общей массе перлита. Наиболее важной характеристикой поведения металла при холодной объемной штамповке является номер зерна феррита и его твердость. Для достижения оптимального значения по этим показателям необходимо поддерживать химический состав стали в более узких пределах (особенно по углероду). Обычно в структуре малоуглеродистой стали встречается структурно-свободный цементит, который образуется при прокате с последующим замедленным охлаждением или при длительном отжиге стали. Расположение структурно-свободного цементита по границам зерен в виде вкраплений или в виде сетки способствует резкому ухудшению пластичности стали и появлению трещин на изделиях, а также поперечному расслаиванию головок изделий.

Некоторые авторы утверждают, что для холодной высадки необходимо применять только металл с микроструктурой 100% зернистого перлита, так как данная структура спо-

собна воспринимать большие пластические сдвиги. Ряд авторов [8] считает, что с увеличением в структуре стали доли пластинчатого и сорбитообразного перлита наблюдается рост сопротивления пластической деформации и снижение пластичности. В то же время авторы [9] указывают на то, что уже наличие зернистого перлита более 60% обеспечивает требуемую технологическую пластичность.

По мнению [10], наилучшей штампуемостью в холодном состоянии обладают стали со структурой зернистого перлита (не менее 80%) балла 5-7 и относительным сужением не менее 50-60%. Особенно это важно для легированной стали 38ХА. При наличии в микроструктуре указанных сталей менее 80% зернистого перлита они не выдерживают осадки даже 1/3 первоначальной высоты, хотя в производстве крепежных изделий указанная сталь при высадке испытывает деформацию до 75-80%.

Авторы [11] рассматривают несколько способов получения зернистого перлита в доэвтоктоидных сталях: нагрев выше критической точки A_{c1} (надкритический отжиг); нагрев ниже критической точки A_{c1} (субкритический отжиг); отжиг после холодной деформации (рекристаллизационный); изотермический отжиг; маятниковый отжиг; термоциклический отжиг.

Вопрос получения крепежных изделий с микроструктурой металла - сорбит практически не исследован. Широко используется в производстве получение высоконагартованной проволоки, после операции патентирования и волочения. Патентирование позволяет получать в проволоке сорбитообразную структуру, после чего волочением можно добиться её высоких прочностных и пластических свойств.

Ранее [2, 3, 12] нами подробно изучался вопрос разработки рациональной ресурсосберегающей технологии получения упрочненных длинномерных болтов из конструкционной легированной стали 40Х на основе изучения влияния режимов термической (патентирования и изотермической закалки) и пластической (волочением) обработки на структурное состояние и механические свойства проката перед холодной высадкой.

С этой целью были установлены: закономерности влияния структуры и механических свойств горячекатаного проката на качество проката после волочения для различных режимов технологической подготовки; исследовано влияние степени обжатия на структуру и механические свойства проката после волочения; изучено влияние термической (патентирования и изотермической закалки) и пластической обработки на структуру и механические свойства проката горячекатаного и после волочения, и выбраны оптимальные ее режимы перед холодной высадкой крепежных изделий; установлена рациональная технологическая схема подготовки калиброванного проката стали 40Х для дальнейшей высадки упрочненных длинномерных болтов с обрезной головкой.

В настоящей работе предлагается разработанная экологичная и ресурсосберегающая технология подготовки калиброванного проката из стали 38ХА без обточки для холодной объемной штамповки крепежных изделий.

Методика

Технология подготовки горячекатаного проката диаметром 9.65 мм к холодной объемной штамповке высокопрочных крепежных изделий из стали 38ХА на предприятиях часто включает в себя: отжиг на зернистый перлит в камерной печи с выдвижным подом при температуре 750°C (24 часа); травление металлопроката до полного удаления окалины, калибрование с диаметра 12,0 мм со степенью обжатия 26 %; рекристаллизационный отжиг в колпаковых печах с защитной атмосферой, калибрование проката с диаметра 10,2 мм со степенью обжатия 10,0 %. При этом перед холодной высадкой калиброванный прокат должен отвечать требованиям ГОСТ 10702-78: иметь $\sigma_b \geq 600$ МПа; твердость НВ < 207; глубину безуглероженного слоя < 0,05 мм (ГОСТ 10702-78); качество поверхности должно соответствовать группе Е ГОСТ 14955-77 (допускаются отдельные риски глубиной не больше половины предельного отклонения по диаметру).

В процессе подготовки к холодной объемной штамповке ответственного крепежа для

удаления поверхностных дефектов часто на производстве приходится выполнять дорогостоящую обточку поверхности проката.

Поверхностные дефекты в исходном горячекатаном прокате, поступающие с металлургических комбинатов, в связи со значительными степенями деформации, возникающими при холодной штамповке крепежных деталей, могут способствовать экономическим потерям на предприятии. Переработка горячекатаного проката с металлургическими дефектами увеличивает количество бракованных крепежных изделий, а, следовательно, приводит к повышенному расходу металла.

Считается [13], что для калиброванного проката под холодную высадку одинаково нежелательно применение твердой (более НВ 260) и мягкой (менее НВ 150) стали. При высадке стали высокой твердости резко возрастают удельные усилия на инструмент, снижается его стойкость, появляются трещины на металле, ухудшается заполнение полости матрицы при штамповке на прессах. При высадке «мягкой» стали ухудшается стойкость заготовки, деформирование происходит неравномерно и металл быстро «налипает» на инструмент. Анализ литературных данных позволяет рекомендовать следующие основные показатели штампуемости стали применительно к ХОШ: НВ от 170 до 260; $\sigma_{0,2}/\sigma_B = 0,5 - 0,65$ - данное соотношение зависит от химического состава; $\Psi \geq 0,6$ сталь весьма пластична; $0,5 < \Psi < 0,6$ - сталь достаточно пластична, $\Psi < 0,5$ - сталь непригодна к высадке, где Ψ - относительное сужение, а σ_s - напряжение течения (истинное напряжение).

Отношение $\sigma_{0,2}/\sigma_B$ в значительной мере зависит от химического состава, режимов термообработки и калибровки. Величина суммарной деформации (калибровка + все переходы) при штамповке на автоматах достигает 85% [13]. При отношении предела текучести к пределу прочности $\sim 0,9$ наблюдается наилучшая величина такой важной эксплуатационной характеристики крепежного изделия, как высокая релаксационная стойкость. А величина относительного сужения считается [14] основным показателем пластичности штампуемого проката. Наилучшей пластичностью при холодной объемной штамповке обладает калиброванный прокат с относительным сужением 50-60%.

Статистический анализ экспериментальных данных показывает, что калиброванный прокат стали 38ХА, изготовленный по существующей технологии, в абсолютном большинстве случаев имеет σ_B выше 700 МПа (среднее значение $\sigma_B = 790$ МПа) и значения $\sigma_{0,2} > 640$ МПа (среднее значение $\sigma_{0,2} = 690$ МПа), причем разница по $\sigma_{0,2}$ и σ_B при проверке достигает 100-110 МПа. Половина проверяемого металлопроката имеет твердость выше допустимой ГОСТ 10702-78- НВ>207, а в большинстве случаев $\Psi < 60\%$, то есть ниже допустимой, около 20% поставляемого металлопроката имеет обезуглероженный слой величины более 0,05 мм, что превышает норму допустимого значения. Более 50% калиброванного проката по качеству поверхности не отвечает требованиям ГОСТ 14955-77. По микроструктуре только половина металла после отжига на зернистый перлит соответствует требованиям НТД из-за неравномерности прогрева садки металла в рабочем пространстве печи.

С целью исключения названных недостатков исследовался калиброванный прокат стали марки 38ХА из исходного размера горячекатаного проката диаметром 12,0 мм по следующей технологии:

- 1 - травление горячекатаного проката диаметром 12,0 мм в соляной кислоте при температуре 60-67°C до полного удаления окалины;
 - 2 - калибрование проката со степенью обжатия 15,9 %;
 - 3 - отжиг с нагревом ТВЧ при температуре 760-780°C;
 - 4 - травление металлопроката до полного удаления окалины;
 - 5 - калибрование проката со степенью обжатия 23 %;
 - 6 - отжиг с нагревом ТВЧ при температуре 760-780°C;
 - 7 - травление металлопроката до полного удаления окалины;
 - 8 - калибрование в пределах упругой деформации через фильер 9,65 мм.
- Суммарное обжатие при этом составляет 38,9 %. После отжига с нагревом ТВЧ на по-

верхности проката слой окислительного налета возникает очень тонкий, и удаляется в растворе серной кислоты в течение всего двух минут.

По указанной ранее технологии от бунта проката отбиралось по три образца:

- для измерения твердости после калибрования с диаметра 12,0 мм на 11,0 мм и с диаметра 11,0 мм на 9,65 мм;
- для измерения твердости, исследования микроструктуры, определения величины обезуглероженного слоя после отжига проката диаметром 9,65 мм с нагревом ТВЧ;
- для измерения твердости, определения механических свойств, измерения величины обезуглероженного слоя и оценки качества поверхности после калибрования через фильер диаметра 9,65 мм.

При проведении исследовательских работ в качестве исходного материала применялась горячекатаная сталь 38ХА Ø 12,0 мм. Химический состав исследуемой марки соответствовал ГОСТ 10702-78 (Содержание элементов в %: С - 0,40; Mn - 0,64; Si - 0,20; Cr - 0,9; S - 0,017; P - 0,026).

Результаты экспериментов и их анализ

Механические свойства, микроструктура, твердость и качество поверхности горячекатаного проката 38ХА показаны в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Механические свойства и твердость горячекатаного проката стали 38ХА

| № п/п | Ø проката, мм | Механические свойства | | | |
|-------|---------------|-----------------------|------------------|------------|---------------|
| | | $\sigma_{0,2}$, МПа | σ_b , МПа | Ψ , % | Твердость, НВ |
| 1 | 12,0 | 427 | 806 | 56,6 | 229 |
| 2 | 12,0 | 419 | 793 | 55,7 | 229 |
| 3 | 12,0 | 441 | 815 | 54,7 | 232 |
| 4 | 12,0 | 425 | 807 | 57,4 | 231 |
| 5 | 12,0 | 438 | 810 | 56,3 | 232 |

Таблица 2

Микроструктура, величина обезуглероженного слоя и качество поверхности горячекатаного проката Ø12,0 мм стали 38ХА

| № п/п | Микроструктура | Величина обезуглероженного слоя | Качество поверхности |
|-------|---|---------------------------------|--------------------------|
| 1 | Перлит сорбитообразный и пластинчатый + разорванная сетка феррита | Местное, частичное до 0,12 мм | Риска глубиной до 0,1 мм |
| 2 | Перлит сорбитообразный и пластинчатый + разорванная сетка феррита | Нет | Дефектов нет |
| 3 | Перлит сорбитообразный и пластинчатый + разорванная сетка феррита | Нет | Дефектов нет |
| 4 | Перлит сорбитообразный и пластинчатый + разорванная сетка феррита | Местное, частичное до 0,10 мм | Дефектов нет |
| 5 | Перлит сорбитообразный и пластинчатый + разорванная сетка феррита | Нет | Риска глубиной до 0,1 мм |

Из таблиц видно, что горячекатаный прокат 38ХА диаметром 12,0 мм имеет неравномерные механические свойства, частичное обезуглероживание и риски на поверхности.

Изменения механических свойств и твердости горячекатаного проката Ø 14,0 мм ста-

ли 38ХА после отжига с нагревом ТВЧ показаны в табл. 3, а изменение микроструктуры и величины обезуглероженного слоя - в табл. 4.

Анализ результатов эксперимента показывает, что после отжига способом ТВЧ микроструктура горячекатаного проката становится значительно мелкодисперсней и более равномерной по сравнению с микроструктурой исходного горячекатаного проката.

Такое изменение структурного состояния приводит к снижению прочностных характеристик, твердости и повышению пластичности:

- σ_b снижается на 70-90 МПа;
- $\sigma_{0,2}$ снижается на 40-70 МПа;
- Ψ повышается от 11 до 13%;
- твердость НВ снижается на 30-31 единицы.

Такой металлопрокат пригоден для дальнейшего калибрования.

Таблица 3

Механические свойства и твердость горячекатаного проката стали 38ХА после отжига с нагревом ТВЧ

| №№ п/п | Ø проката, мм | Механические свойства | | | |
|-----------|---------------|-------------------------|---------------------|---------------|-----------------|
| | | $\sigma_{0,2}$, МПа | σ_b , МПа | Ψ , % | Твердость НВ |
| 1 | 14,0 | 370 | 740 | 69,0 | 199 |
| 2 | 14,0 | 367 | 723 | 70,0 | 198 |
| 3 | 14,0 | 381 | 745 | 68,0 | 200 |
| 4 | 14,0 | 370 | 734 | 70,0 | 199 |
| 5 | 14,0 | 377 | 743 | 69,0 | 201 |

Таблица 4

Микроструктура, величина обезуглероженного слоя и качество поверхности горячекатаного проката Ø 14,0 мм стали 38ХА после отжига с нагревом ТВЧ

| № п/п | Микроструктура | Величина Обезуглероженного слоя |
|----------|---|------------------------------------|
| 1 | Перлит сорбитообразный мелкодисперсионный и участки мелкопластинчатого перлита + равномерно распределенный феррит | Местное, частичное до 0,1 мм |
| 2 | Перлит сорбитообразный мелкодисперсионный и участки мелкопластинчатого перлита + равномерно распределенный феррит | Нет |
| 3 | Перлит сорбитообразный мелкодисперсионный и участки мелкопластинчатого перлита + равномерно распределенный феррит | Местное, частичное до 0,1 мм |
| 4 | Перлит сорбитообразный мелкодисперсионный и участки мелкопластинчатого перлита + равномерно распределенный феррит | Местное, частичное до 0,1 мм |
| 5 | Перлит сорбитообразный мелкодисперсионный и участки мелкопластинчатого перлита + равномерно распределенный феррит | Нет |

С увеличением количества отжигов с нагревом ТВЧ при температуре 760-780°C после холодной пластической деформации калиброванием наблюдается значительное изменение микроструктурного состояния. Сорбитообразный перлит становится менее дисперсным, а после отжига способом ТВЧ на промежуточном размере Ø 11,0 мм в микроструктуре появляется мелкозернистый перлит. После четвертого отжига способом ТВЧ на окончательном

размере $\varnothing 9,65$ мм достигается формирование равномерной микроструктуры, состоящей из мелкозернистого и точечного перлита и равномерно распределенного феррита.

Твердость калиброванного проката с такой микроструктурой не превышает НВ 195.

Изменяются механические свойства калиброванного проката. Снижаются прочностные характеристики и возрастает пластичность.

Трехразовое калибрование и отсутствие окалина после отжига способом ТВЧ приводит к тому, что значительно повышается качество поверхности калиброванного проката. Применение данной технологии переработки способствует устранению эллипсности на окончательном размере металлопроката.

Калиброванный прокат стали 38ХА, подготовленный по предложенной технологии, в отличие от действующей технологии, обладает значительно меньшим сопротивлением пластической деформации, более высокой пластичностью и более низкой твердостью. Обезуглероженный слой на данном металлопрокате отсутствует.

Способность калиброванного проката к деформированию составляет:

$$\sigma_{0,2} / \sigma_b = 41/68 = 0,6 .$$

Такой калиброванный прокат считается пригодным для холодной объемной штамповки методом высадки.

Сравнение механических свойств, твердости, обезуглероженного слоя и других показателей калиброванного проката, подготовленного по действующей и предложенной технологиям, приведено в табл. 5.

Таблица 5

Сравнение механических свойств калиброванного проката подготовленного по действующей и предложенной технологиям

| Контролируемый параметр | Предложенная технология | Действующая технология | ГОСТ 10702-78 |
|-------------------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------|
| Твердость, НВ | 192,6 | 217 | Не более 207 |
| σ_b , МПа | 688 | 77 | Более 60 |
| $\sigma_{0,2}$, МПа | 418 | 66 | Не регламентирован |
| Ψ , % | 73,5 | 59 | Не менее 55 |
| Отношение $\sigma_{0,2} / \sigma_b$ | 0,6 | 0,85 | Не регламентировано |
| Величина обезуглероженного слоя, мм | Местное частичное 0,02 | 0,05 | Не более 0,05 |

Выводы

Предложена рациональная технология изготовления калиброванного проката 38ХА $\varnothing 9,65$ мм без обточки для холодной объемной штамповки крепежных изделий. Она является ресурсосберегающей и экологически более чистой по отношению к действующей технологии, так как при этом отсутствуют вредные выбросы от печей, где происходит отжиг проката, травильные растворы освежаются реже, так как после отжига проката способом ТВЧ пленка окалина на нем образуется минимальная. Изготовленный по данной технологии прокат обладает хорошей способностью к холодной высадке и превосходит по всем показателям изготовленный по действующей технологии.

Библиографический список

1. **Филиппов, А.А.** Повышение качества поверхности стального проката под калибровку перед высадкой крепежных изделий / А.А. Филиппов [и др.] // Заготовительное производство. 2007. №3. С. 51–53.
2. **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.

3. **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.
4. **Бобылев, М.В.** Управление качеством боросодержащих сталей для производства крепежных изделий // Металловедение и термическая обработка металлов. 2001. №11 С. 34.
5. **Филиппов, А.А.** Сравнение технологических вариантов подготовки хромистых сталей под холодную высадку / А.А. Филиппов, Г.В. Пачурин // Успехи современного естествознания. 2007. №8. С. 17–22.
6. **Пачурин, Г.В.** Экономичная технология подготовки стали 40Х к холодной высадке крепежных изделий / Г.В. Пачурин, А.А. Филиппов // Вестник машиностроения. 2008. № 7. С. 53–56.
7. **Пачурин, Г.В.** Ресурсосберегающая и экологичная обработка поверхности металлопроката перед холодной высадкой / Г.В. Пачурин, А.А. Филиппов // Экология и промышленность России. 2008. С. 2–4.
8. **Хейфец, И.Л.** Подготовка стали 35Х к холодной высадке / И.Л. Хейфец, А.Т. Быкадоров // Кузнечно-штамповочное производство. 1975. №9. С. 13–14.
9. **Трусов, В.А.** Разработка производства подката с ТМО для Фасонных профилей высокой точности / В.А. Трусов [и др.] // Тр. второго конгресса прокатчиков. 1998. С. 515–522.
10. **Пудов, Е.А.** Пути улучшения качества проката 20Г2Р для холодной объемной штамповки // Производство проката. №3. 2001. С. 17–19.
11. **Парусов, В.В.** Усовершенствование технологии игольчатой проволоки / В.В. Парусов [и др.] // Сталь. 1980. №12. С. 1090–1092.
12. Пат. на изобретение RU 2380432 C1 C21D 8/06. 2008151317/02. Способ обработки горячекатаного проката под высадку болтов / Филиппов А.А., Пачурин Г.В. Заявл. 23.12.2008; опубл. 27.01.2010. Бюл. № 3.
13. **Лавриненко, Ю.А.** Критерий выбора материала для высокопрочных крепежных изделий // Метизы. 2008. №3(19). С. 34–36.
14. **Соколов, А.А.** Критерии выбора материала и технологических параметров производства проволоки и изготовления из нее крепежных изделий / А.А. Соколов, В.И. Артюхин // Фазовые и структурные превращения в сталях: сб. тр. 2006. №3. С. 483–496.

*Дата поступления
в редакцию 26.07.2012*

V.G. Pachurin¹, A.A. Filippov, G.V. Pachurin

FORMATION OF STRUCTURAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF ROLLED STEEL FOR HIGH-38XA FASTENERS

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.Y. Alexeev¹,
LLC «Metmach»², LLC «Naw standart»³

Purpose: The cost of high-strength of fasteners made of steel 38XA while improving quality and increasing the sustainability of the production process.

Design/methodology/approach: Based on the analysis of quality factors made the formation of a calibrated steel structure and mechanical properties of steel 38XA intended for cold heading hardware products that provide high-strength fasteners receive.

Findings: Suggested a rational technology of preparation of sized rolled steel 38XA without turning to cold forming fasteners, allowing to get rolling with a good capacity for cold heading and superior on all counts made on the current technology in production.

Research limitations/ implications: The specific parameters of the proposed technological scheme of the preparation are rational sized rolled steel for the 38XA.

Originality/value: The proposed technology of calibrated steel 38XA Ø 9,65 mm resource saving and environmentally clean with respect to current technology, since in this case there are no harmful emissions from the furnaces, where the annealing of steel? pickling solutions are refreshed less frequently, as after annealing steel way of HD film of scale formed on it is minimal

Key words: calibrated rolling, the surface quality of rolled steel, cold forging, annealing, pickling solutions, resource conservation, environmental-friendliness.