



The methods of increasing the resistance of one-piece male punches piercing mills are reviewed.

И. О. САЗОНЕНКО, В. А. ЗЕМЦОВ, А. Н. ЮРЧАК, ИТМ НАН Беларуси

УДК 621.774

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ СТОЙКОСТИ ОПРАВОК ПРОШИВНЫХ СТАНОВ

Современный мир уже невозможно представить без такого изделия, как бесшовная труба, которую впервые удалось изготовить братьям Маннесман (Mannesmann). В 1885 г. они зарегистрировали патент на способ поперечно-винтовой прошивки сплошных заготовок в гильзы. Спустя некоторое время, в 1891 г., была запатентована первая технология производства бесшовных труб. В настоящее время производство бесшовных труб освоено более чем в 30 странах мира, в том числе в Республике Беларусь.

Прошивка сплошных заготовок является основной и наиболее ответственной операцией при изготовлении труб. Как правило, дефекты трубной заготовки при последующей ее обработке давлением не устраняются и приводят к браку готовой продукции.

Основным технологическим инструментом при производстве полых заготовок является прошивная оправка. Она обеспечивает получение полой заготовки, из которой на последующих станах раскатки, прокатки, редуцирования, правки и калибровки получается бесшовная труба.

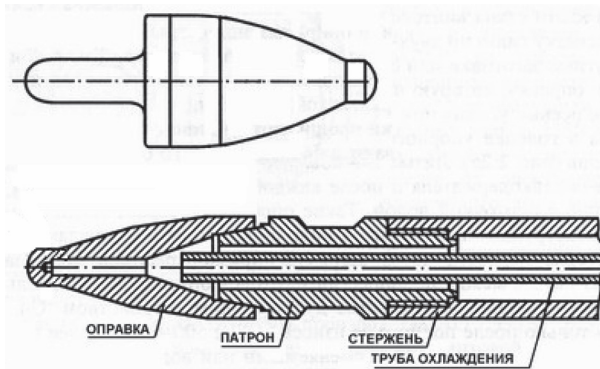
Общий вид оправки приведен на рисунке.

С развитием техники повышаются требования к качеству труб, их надежности и долговечности, что в значительной степени определяется химическим составом металла заготовки. Это, безусловно, сказывается на условиях работы прошивной оправки, которая по условию эксплуатации подвергается циклическому тепловому воздействию (от 20 до 1100 °С), давлению деформируемого металла (до 170 МПа) при движении его относительно оправки со скоростью до 1 м/с [1]. Ресурс оправок в зависимости от марки прошиваемого сплава отличается на несколько порядков. Так, при прошивке конструкционных углеродистых сталей стойкость оправок достигает 1000 и более циклов,

а коррозионностойких и высоколегированных сталей – обычно только 1–2 прохода [2].

В связи со сказанным выше возникает задача увеличения срока службы оправок. На их износостойкость влияют большое число факторов: химический состав материала и режим термообработки оправок, их калибровка, марка прошиваемой стали, качество нагрева заготовок, режимы прокатки и условия охлаждения оправок. На стойкость оправок также влияет размер прошиваемых заготовок. Увеличение длины гильзы ведет к увеличению времени контакта оправки с горячим деформируемым металлом, что естественно повышает ее температуру, тем самым снижая стойкость. Стойкость оправок повышается при увеличении угла подачи, т. е. сокращении времени прокатки.

Для увеличения стойкости оправок прошивного стана необходимо обеспечить температурный режим их работы, предотвращающий перегрев. С этой целью оправки делают водоохлаждаемыми изнутри (см. рисунок). В «классическом» варианте исполнения оправка не имеет сквозных отверстий, поэтому у носка при прошивке иногда образуется паровая «рубашка», значительно ухудшающая теплообмен, что ведет к ее перегреву. Особенно



Оправка прошивного стана

ощутимо отмеченный недостаток проявляется при прошивке толстостенных гильз при производстве насосно-компрессорных, котельных, шарикоподшипниковых труб и труб для машиностроения, так как используемые оправки имеют небольшие размеры и массу по сравнению с длиной заготовки и быстро разогреваются. В таких случаях в районе носика оправки делаются сквозные отверстия, благодаря которым интенсифицируется циркуляция и обеспечивается постоянный сквозной поток охлаждающей жидкости к носу оправки. В результате увеличивается теплообмен между носовой частью оправки, ее корпусом и окружающей средой, а также исключается вероятность образования паровой «рубашки». Однако такая конструкция оправки при прошивке заготовок из труднодеформируемых и коррозионноустойчивых сталей не допускается, так как попадание охладителя на поверхность гильзы может привести к образованию внутренних плен.

Срок службы оправок напрямую зависит от материала самой оправки. Он должен обладать высокой прочностью, термостойкостью, повышенной теплопроводностью, высоким сопротивлением ползучести и высоким значением предела текучести. Такие свойства имеют конструкционные низколегированные стали, содержащие хром, никель, молибден, ванадий, марганец, кремний, иногда вольфрам, например стали 20ХН4ФА, 25ХН3А, 35ХН2Ф, 40Г2Ф, 40ХСМФ и др. Одновременное легирование хромом и никелем повышает прочность и пластичность. Практически все указанные выше стали относятся к сталям перлитного класса. Введение молибдена в такие стали повышает температуру рекристаллизации (роста зерна) феррита во время эксплуатации и, тем самым, увеличивает ее жаропрочность. Ввиду дефицитности и большой стоимости никеля его иногда заменяют марганцем, вводя, кроме того, небольшое количество титана или ванадия для измельчения зерна. Применяются также оправки из марганцовистой стали (типа стали Гатфильда).

Рабочая температура на носке оправок при прошивке, например легированных сталей, может достигать 940–1000 °С, а прилегающей к нему сферической части – 600–650 °С [3]. Эти температуры существенно превышают рабочий диапазон конструкционных хромоникелевых сталей, используемых для изготовления оправок, что указывает на необходимость использования жаропрочных высоколегированных сплавов, это не всегда экономически целесообразно, ведь износостойкость определяется не только свойствами материала.

Характерными видами износа большинства оправок являются [1] усталостные трещины поверх-

ности термического характера; пластическая деформация носка и раскатной поверхности; налипание металла заготовки на оправку; задиры поверхностных слоев металла оправки; паровая эрозия и оплавление металла в зоне спрейерных отверстий.

Способы повышения ресурса прошивных оправок можно условно разделить на две группы. К первой группе относятся мероприятия, связанные с совершенствованием технологического процесса и выбором материала оправки.

Оптимизируя параметры режима прокатки [4, 5], обеспечивают перераспределение действующих напряжений и снижение вероятности пластической деформации поверхности инструмента.

Геометрические размеры и профиль оправки определяют качество получаемых гильз. Технически обоснованная калибровка оправок позволяет заметно снизить уровень удельных усилий на ее контактной поверхности, тем самым, повысить износостойкость [6, 7].

Применение технологических смазок [8, 9] позволяет повысить срок службы оправок, улучшить качество поверхности металла, понизить энергосиловые параметры его деформирования. Смазка выполняет несколько важных функций в сложных условиях высоких температур и давлений: облегчает движение металла, защищает оправку от термических напряжений, исключает повреждение оправки и налипание на нее металла. Наиболее популярными в настоящее время являются смазки на основе графита и фосфатов. Фосфатные смазки имеют перед графитными ряд преимуществ [10]: более низкий коэффициент теплопроводности, значительно меньшую вязкость, они дешевле при меньшем расходе, не токсичны, не горят и не воспламеняются. Кроме того, фосфатная смазка обеспечивает более равномерное истечение металла во время деформации. В качестве смазок при прошивке иногда используют ортоборную кислоту, жидкое стекло (концентрированный водный раствор силиката натрия), различные по составу стеклосмазки, которые при контакте с нагретым металлом образуют вязкие, пластичные, антифрикционные и теплоизоляционные экранирующие пленки. Оставшийся после прошивки на внутренней поверхности гильзы тонкий слой смазки препятствует образованию на них окалины.

Очевидно, что использование смазки повышает эффективность прошивки. На практике, кроме выбора самой смазки, очень важной задачей становится поиск оптимального способа и механизма ее подачи к очагу деформации. Это является серьезной проблемой при прошивке сталей, где в месте контакта деформируемого металла и оправки со-

здается огромное давление, вытесняющее слой смазки.

Стойкость оправок может отличаться в несколько раз в зависимости от способа их изготовления [11]. Оправки, получаемые литьем в сырые земляные формы, имеют множество литейных дефектов и неплотную структуру. В результате такие оправки крайне ненадежны в эксплуатации, трудоемки в изготовлении и очень дорогие. Технология изготовления оправок точением из кованных заготовок является нерациональной, так как точением перерезается макро волокно и удаляется поверхностный, уплотненный ковкой, слой металла. Такая технология является экономически затратной и равносильна точению оправок из проката.

Еще одним методом изготовления оправок, применяемым в производстве, является заковка патрубков. Оправки, полученные этим методом, по качеству приближаются к штампованным, однако их изготовление очень трудоемко и требует строгого соблюдения технологии. Намного большей стойкостью обладают оправки, полученные в процессе точной горячей штамповки, не требующей последующей токарной обработки. Такие оправки лишены дефектов литой структуры и имеют плотную волокнистую структуру металла в поверхностных слоях, а также отличаются низкой трудоемкостью. Кроме того, изношенные штампованные оправки можно восстанавливать повторной штамповкой на меньший диаметр [12].

Ко второй группе средств повышения износостойкости оправок следует отнести различные способы их упрочнения.

Для формирования на наружной поверхности оксидированного слоя и высокой твердости готовые оправки подвергают нормализации и отпуску. Твердость оправок после изготовления должна быть не ниже 52–54 HRC [4], хотя в производстве успешно работают оправки твердостью порядка 30 HRC.

Оксидный слой препятствует налипанию на оправку металла и является теплоизоляционным слоем, создавая дополнительное термическое сопротивление, величина которого зависит от толщины слоя окалины, ее теплофизических и механических свойств и одновременно играет важную роль в качестве смазочного материала. Чтобы выполнять эти функции, толщина окалины должна быть достаточно большой, но, с другой стороны, чем толще слой окалины, тем он легче отслаивается и сползает, оказывая абразивное воздействие. Оправка без оксидного слоя очень быстро выходит из строя. Существует некоторая оптимальная толщина слоя окалины. Практика показывает, что она находится в интервале 400–600 мкм. Причем носок

оправки как наиболее нагруженная ее часть требует большей толщины по сравнению с раскатной поверхностью оправки.

Перед первым циклом работы оправку, имеющую обычную температуру, рекомендуется предварительно подогреть для снятия больших термических напряжений при контакте с нагретой заготовкой. Кроме того, подогрев благоприятно влияет на коэффициент трения. При повышении температуры происходит размягчение окалины и она быстро начинает играть роль смазки при контакте. Однако необходимо отметить, что температуры начала прошивки и начала плавления окалины практически совпадают. По данным [13], только около 1% окалины при температуре деформации оплавляется, а 99% является жестким материалом.

Наиболее эффективным способом увеличения износостойкости оправок является изготовление их из жаропрочного сплава либо наплавка жаропрочного сплава на ее носок и сферическую поверхность [14]. Такой процесс эффективно производить по комплексной технологии дуговой и электрошлаковой наплавки носков и раскатной поверхности [15], что позволяет повысить износостойкость оправок в 1,5–2,0 раза.

Еще одним способом увеличения стойкости инструмента является использование составных оправок, у которых носок, подверженный воздействию наибольших температур, изготавливается из жаропрочного сплава. Конструкции оправок могут различаться способом соединения носка и основной части оправок – по резьбе и сваркой трением. Известны положительные результаты использования составных несменяемых оправок с приваренным носком [16]. При изготовлении составных оправок необходимо выбирать длину присоединяемого носка такой, чтобы изготовленная из обычной стали основная часть оправки не подвергалась воздействию температур, выходящих за пределы ее рабочих возможностей.

При прошивке легированных сталей существует одна особенность износа оправок [17]. Это эффект упрочнения водоохлаждаемой оправки, изготовленной из конструкционной легированной стали, ранее использованной для прошивки углеродистых марок стали на 80–110 циклов. Эффект обусловлен постепенным увеличением прочностных свойств приграничных (1,5–3,0 мм) слоев оправки, что связано с мелкозернистой структурой феррита, образовавшегося в субкритических интервалах температур (700–800 °С). Нагрев оправки до указанных температур и последующее интенсивное ее охлаждение соответствуют режиму неполной закалки стали.

Последующая прошивка заготовки из низколегированных труднодеформируемых марок стали в количестве не менее 300 шт. продолжает сопровождаться нарастающим упрочнением, но при этом происходит существенное увеличение глубины обезуглероженного слоя, что обусловлено увеличением зерна феррита (по механизму вторичной рекристаллизации) и влечет за собой ухудшение смазочных свойств окалины и выход оправки из строя по износу.

Технология производства бесшовных труб, конструкции оправок, их материал и способы повышения износостойкости прошивных оправок постоянно совершенствуются и развиваются. Для каждого конкретного случая необходимо выбирать индивидуальные решения с учетом особенностей прошивного стана и размерно-марочного сортамента прошиваемых заготовок.

Литература

1. Вавилкин Н. М., Бухмиров В. В. Прошивная оправка. М.: МИСиС, 2000.
2. Обработка металлов давлением: Учеб. для вузов / Б. А. Романцев, А. В. Гончарук, Н. М. Вавилкин, С. В. Самусев. М.: МИСиС, 2008.
3. Вавилкин Н. М., Белевич А. В., Бодров Д. В. и др. Исследование теплового поля прошивной водоохлаждаемой оправки // Изв. вузов. Черная металлургия. 2010. № 3. С. 41–44.
4. Касьян В. Х., Мазур С. В. Влияние температурно-силовых условий деформации на стойкость прошивных оправок // Металлургическая и горно-рудная промышленность. 2003. № 2. С. 57–61.
5. Чикалов С. Г., Фадеев А. П., Коликов А. П. Исследование работы технологического инструмента непрерывного стана ТНА 159–426 // Сталь. 1999. № 3. С. 38–44.
6. Толмачев В. С., Степанов А. И., Губин Ю. Г. Освоение прошивки гильз на стане конструкции ЭЗТМ // Сталь. 2009. № 7. С. 56–58.
7. Рахманов Б. А., Данченко В. Н. Калибровка оправок и оптимизация очага деформации прошивного стана // Сталь. 2009. № 6. С. 53–55.
8. Повышение стойкости оправок стана пресс-валковой прошивки на ТПА 159–426 / А. П. Чучвага, Б. М. Фискин, В. В. Фролочкин, Л. А. Баландина // Сталь. 2000. № 2. С. 51–52.
9. Манегин Ю. В., Анисимова И. В. Стеклопасты и защитные покрытия для горячей обработки металлов. М.: Металлургия, 1978.
10. Сравнение графитных и фосфатных смазок для горячей прокатки труб на непрерывных длиннооправочных станах / Г. И. Гуляев, В. В. Сергеев, Г. А. Евсюкова, В. Н. Черный // Сталь. 1995. № 12. С. 51–54.
11. Хавкин Г. О., Бродский В. М., Лисовая Г. В. Сравнительная характеристика водоохлаждаемых оправок прошивного стана, изготовленных различными способами // Сталь. 2004. № 8. С. 16–19.
12. Шапиро И. А., Хавкин Г. О., Бродский В. М. Повышение эффективности использования оправок прошивных станов // Сталь. 2009. № 9. С. 75–76.
13. Грудев А. П. Внешнее трение при прокатке. М.: Металлургия, 1973.
14. Вавилкин Н. М., Бодров Д. В. Исследование теплового и термонапряженного состояния водоохлаждаемых оправок различных конструкций // Производство проката. 2011. № 3. С. 12–14.
15. Соколов Г. Н. Способы повышения ресурса прошивных оправок трубопрокатных станов / Г. Н. Соколов, В. Б. Литвиненко-Арьков, В. И. Лысак // Заготовительные производства в машиностроении. 2011. № 11. С. 10–14.
16. Романцев Б. А., Матыко О. К., Гончарук А. В. и др. Повышение износостойкости оправок прошивного стана // Изв. вузов. Черная металлургия. 2008. № 11. С. 16–19.
17. Вавилкин Н. М., Гончаров В. С., Бодров Д. В., Липнягов С. В. Особенности износа водоохлаждаемых оправок при прошивке легированных сталей // Изв. вузов. Черная металлургия. 2009. № 6. С. 24–31.