

УДК 621.774.36

Угрюмов Ю.Д., Дрожжа П.В., Губинский А.В., Потемкин О.В.,
Угрюмов Д.Ю.

ПУТИ СНИЖЕНИЯ РАСХОДА МЕТАЛЛА НА ПИЛИГРИМОВЫХ ТРУБОПРОКАТНЫХ УСТАНОВКАХ

Розглянуто основні шляхи зниження витрат металу при пилигримовій прокатці труб, наведено нові технічні рішення, які забезпечують зниження витрат металу і підвищення ефективності роботи установок.

Рассмотрены основные пути снижения расхода металла при пилигримовой прокатке труб. приведены новые технические решения, обеспечивающие снижение расхода металла и повышение эффективности работы установок.

The base paths of lowering of expenditure of metal are considered at pilgering tube rolling. The new engineering decisions providing lowering of expenditure of metal and a heightening of an overall performance of settings are reduced.

Процесс производства труб на пилигримовых установках характерен как бесспорными преимуществами, о чем свидетельствует то, что в мире сейчас работает более 30 таких установок, так и недостатками, из которых, прежде всего, можно выделить повышенный расход металла в обреш и повышенную разностенность труб, снижающую их точность.

Актуальность проблемы снижения расхода металла при прокатке труб на пилигримовых установках значительно возросла, что обусловлено увеличением потерь металла в связи с повышенными требованиями к качеству производимых труб по зарубежным стандартам API5L, API5CT, DIN и других, а также возросло количество производимых мерных труб. Вопросам снижения расхода металла на пилигримовых установках посвящено значительное количество работ, из которых, опубликованных в последние годы, можно отметить следующие [1-5].

В настоящей работе остановимся на основных направлениях снижения расхода металла на пилигримовых установках, используя технические решения, разработанные в НМетАУ и ОАО "Интерпайп НТЗ".

Улучшение качества исходной заготовки. Известно, что основным недостатком стационарных слитков мартееновского производства является наличие усадочной раковины с повышенной загрязненностью металла ликвациями неметаллическими включениями. Теплоизолирующие засыпки на зеркало металла во время разлива несколько повышают его чистоту и пластичность в осевой зоне. Однако образование открытой усадочной раковины с неровными краями не способствует уменьшению количества дефектов на внутренней поверхности труб.

Основным резервом улучшения качества исходной заготовки для производства труб на пилигримовых установках, кроме приведенного выше, является использование непрерывно литой заготовки, что позволит экономить 16-20 % металла. Анализ качества труб из поллой и сплошной непрерывно литой заготовки, проведенный д.т.н. В.В. Березовским показал, что сплошная заготовка имеет преимущества в части лучшей макроструктуры, отсутствия зоны стыка фронтов кристаллизации, более высоких механических свойств.

Снижение технологической обрезки. Высокий расходный коэффициент металла при прокатке труб нефтяного сортамента обусловлен наличием технологических отходов - затравки и пильгерголови, которые составляют 8-10 % массы исходного слитка, при этом в затравку уходит обычно 3-4 %, а в пильгерголовку - 5-6 % (рис.1).

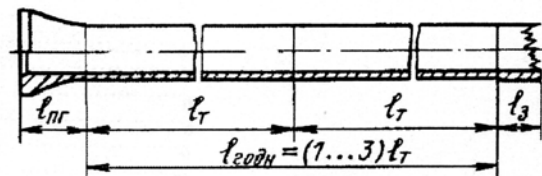


Рисунок 1 - Вид плети после прокатки на пилигримовом стане: $l_т$ – мерная часть трубы; $l_{пг}$ – длина пилигримовой головки; $l_з$ – длина заправочного конца

На величину обрезки заправочного конца трубы влияет много факторов, приведенных в работе [1]. Кардинальным решением проблемы снижения обрезки заправочного конца и длительности процесса затравки является предварительная подготовка переднего конца гильзы перед пильгерованием. Возможные формы подготовленного конца гильзы приведены на рис.2, где $ln_1 = ln_т$, $ln_2 = ln_з = 0,5 ln_т$, $ln_4 = ln'_4 + ln''_4 = ln_т$, $ln_5 = ln_т$. Реальные формы концов гильзы приведены на рис. 1б и 1в, которые могут быть использованы для прокатки относительно тонкостенных труб ($S < 18$ мм). Формы концов гильз на рис.1г и 1д соответствуют прокатке трубе $S > 18$ мм. Впервые в СССР целесообразность подготовки передних концов гильз перед пильгерованием была обоснована к.т.н. А.А. Чернявским.

Среди известных способов подготовки передних концов гильз наиболее целесообразным представлялся способ заострения в холостых валках на прошивном косовалковом стане в процессе прошивки [6]. Этот способ был исследован и испытан в лабораторных и промышленных условиях. Полученные результаты исследований и накопленный опыт эксплуатации нового оборудования для заострения гильз в процессе прошивки (элонгирования) позволяют сделать следующие выводы о перспективах его использования.

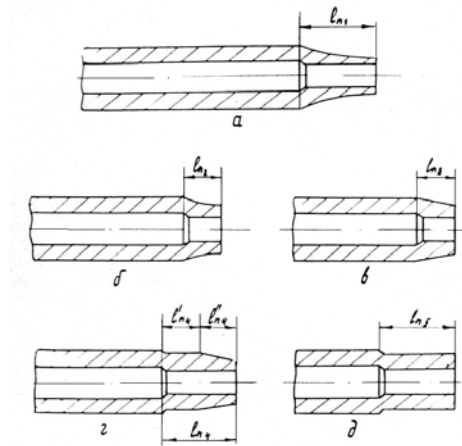


Рисунок 2 - Форма подготовленных передних концов гильз

Проведенные исследования подтвердили высокую эффективность применения гильз с подготовленным передним концом при прокатке тонкостенных труб на пилигримовом стане, что позволяет получить прирост производства 2-4 %.

Подготовка конца гильзы на прошивном стане в процессе прошивки целесообразно в случае, когда стержень оправки является дорном пильгерстана. Кроме того, холостые валки обкатного устройства могут калибровать передний конец гильзы, а также стабилизировать наружный диаметр гильзы по длине, что облегчает условия зарядки дорна.

Подготовка передних концов гильз на ряде зарубежных пилигримовых установках осуществляется путем обжатия гильзы на дорне матрицами. При этом достигается лишь посадка конца гильзы на дорн без обжатия ее стенки. Эта технология незначительно влияет на снижение расхода металла на затравку. Основным фактором здесь является увеличение сцепления гильзы с дорном в процессе пильгерования для некоторого повышения числа оборотов валков пильгерстана.

Наличие пильгерголки обусловлено спецификой формирования профиля раската, а величина ее диктуется, с одной стороны, необходимостью снятия трубы с дорна после прокатки шиберным устройством, а с другой – качеством металла пильгерголки, соответствующего головной части слитка, характерной низким качеством [1].

Проблема максимального уменьшения массы пильгерголки может решаться в следующих направлениях. Первое направление связано с неполной раскаткой пильгерголки, когда на торце остается толщина раската не менее 14 мм, что позволит снять трубу с дорна шиберным устройством. Второе направление связано с использованием нового оборудования для фиксации трубы при полностью раскатанной пильгерголке,

например, обжатие конца трубы профилированными матрицами [2, 3, 5]. Третье направление связано с неполной раскаткой пильгерголовки для снятия трубы шибберным устройством, а полную раскатку трубы по всей длине осуществляют на раскатных косовалковых станах на короткой оправке [7].

Одним из направлений уменьшения массы пильгерголовки является применение хвостовиков дорна с увеличенным наружным диаметром и выполненных из сопряженных конических и цилиндрических участков. Экономия объема массы пильгерголовки (участок 8) достигается за счет разницы диаметров цилиндрического и ступенчатого хвостовиков дорна.

Поэтому основным направлением снижения обрези при раскрене мерных труб является стабилизация массы применяемых слитков в соответствии с заказом, что может быть осуществлено обрезью головной части слитка, комплексным утеплением этой части слитка, взвешиванием гильзы перед пильгергованием, совершенствованием организации раскрена за пилигримовым станом, применением непрерывнолитой заготовки.

Повышение точности труб. Трубы после пилигримовой прокатки имеют значительный разброс по толщине стенки, который обусловлен калибровкой и износом инструмента, колебаниями исходной температуры гильз, изменением температуры в процессе прокатки вследствие его продолжительности (до 200 с), отклонениями угла кантовки гильзы от 90° и другими факторами.

Разброс средней толщины стенки труб на пилигримовом стане в суммарном поле рассеяния составляет 25...30 %, причем доля продольной составляющей равна 20...25 %, а поперечной – 45...50 %.

Основными путями повышения точности труб по толщине стенки являются: использование поля суженных или минусовых допусков при пильгерговании и применение систем автоматического регулирования толщины стенки трубы в процессе прокатки.

Наибольшего эффекта прокатка на «минус» достигает тогда, когда трубы прокатывают с минусовыми допусками, а сдают по теоретической массе, что дает дополнительный прирост производства и снижает тем самым расход металла. Использование поля минусовых допусков во много раз выгоднее любых других мероприятий по увеличению производительности стана, так как затраты на металл в себестоимости труб достигают 80-85 %.

Анализ стандартов (ГОСТ 8731/8732; ГОСТ 632, АРІ5СТ, АРІ5L) в части регламентируемых допусков по толщине стенки труб показывает, что только ГОСТ 8731/8732 допускает превышение минусовых допусков над плюсовыми и таким образом стимулирует прокатку на «минус». Во всех других случаях реально лишь рассматривать возможность сужения

поля плюсовых и минусовых допусков до $\pm 10\%$ по толщине стенки.

Прокатка на «минус» обсадных труб часто затруднена или вообще невозможна из-за ограничений накладываемых качеством нарезки резьбы на концах труб.

Для повышения точности труб путем снижения разностенности необходимо регулировать процесс пилигримовой прокатки.

Основными факторами стабилизации поперечной разностенности являются: равномерный нагрев гильз, тщательная настройка пилигримового стана включая настройку валков и оси прокатки с осью подающего аппарата, применение рациональной калибровки прокатного инструмента и др.

Необходимо отметить, что уменьшение поперечной разностенности путем регулирования процесса пилигримовой прокатки затруднительно. Единственным параметром пригодным для управления поперечной разностенностью является величина подачи металла в валки.

На продольную разностенность в основном влияют диаметр дорна (d_d), температура гильзы (T_r) и раствор валков (h) пилигримового стана. Проведенные нами теоретические и экспериментальные исследования позволили предложить рациональную схему адаптивного управления толщиной стенки труб на пильгерстане на базе математической модели формирования средней толщины стенки трубы в виде полинома первой степени [8].

Применение второго горячего передела труб. Особенности процесса деформации металла на пилигримовом стане, характеризующиеся повышенной продольной и поперечной разностенностью, а также наличием «бугров» вследствие нераскатанных объемов подач, позволяют признать его заготовочным, т.е. раскат после пильгерования должен подвергаться второму горячему переделу по диаметру и стенке. Существуют предложения по осуществлению этого передела: на непрерывном стане, риллингах, автоматическом стане, трехвалковом раскатном стане и др. При этом на пильгерстане прокатывают раскат с толщиной стенки на 20-35 % больше с последующей ее раскаткой на оправке за пильгерстаном. При этом может быть повышена производительность (до 70%) пильгерстана за счет увеличения подачи и повышена точность труб по толщине стенки за счет раскатки бугров и снижения разностенности. Использование в качестве второго горячего передела раскатного косовалкового стана с линейками на короткой оправке позволит кардинально решить проблему уменьшения массы затравки и пильгеровки, о чем было сказано выше [7].

Один из вариантов второго горячего передела - это раскатка труб на универсальном стане продольной прокатки на удерживаемой оправке, что может быть реализовано на пятиклетевом калибровочном стане ТПА 5-12" ОАО «Интерпайп НТЗ». Поэтому применение второго горячего передела

следует признать одним из основных направлений совершенствования пилгримовой прокатки по всем показателям, как производительности установки, так и точности труб и минимального расхода металла.

Калибровка концов труб. Для решения проблемы производства обсадных труб на «минус» по толщине стенки, о чем говорилось выше, с одновременным удовлетворением требований стандартов по минимально допустимой толщине стенки под резьбой применяется предварительная подготовка концов труб, заключающаяся в калибровке их на конус.

В этом случае указанное ограничение по стенке под резьбой не является лимитирующим фактором для прокатки труб в минусовых допусках по толщине стенки. Нарезка конической резьбы на предварительно скалиброванных на конус концах обсадных труб привела к созданию нового типа резьбового соединения, разработанного на кафедре ОМД НМетАУ совместно с ВНИИТнефть и ОАО «НТЗ» [9].

В НМетАУ разработана технология [10,11] калибровки концов обсадных труб под нарезку с помощью обкатных машин, реализующих различные схемы деформации: с посадкой наружного диаметра трубы на конус и с раздачей конца трубы по внутреннему диаметру с последующей посадкой на конус по наружному диаметру.

На базе исследований НМетАУ объединением «Электростальтяжмаш» разработано оборудование для калибровки концов обсадных труб в два этапа. Оборудование установлено по проекту Укргипромеза в ТПЦ4 ОАО «НТЗ». На первом этапе трубы подвергаются внутренней раскатке роликовым инструментом (рис. 3), в результате чего наружный диаметр увеличивается на 0,5-1,0 мм.

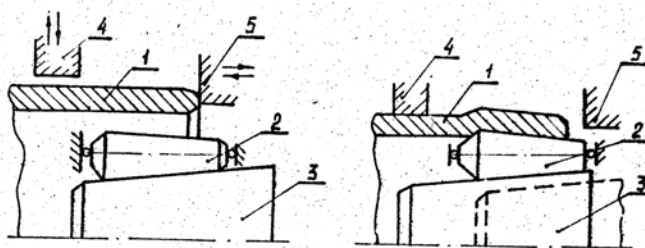


Рисунок 3 - Схема внутренней раскатки концов труб: 1 – труба; 2 - деформирующий ролик; 3 - опорный ролик; 4 – зажим; 5 - упор

На втором этапе конец трубы калибруют по наружному диаметру методом редуцирования роликовым инструментом до получения требуемого профиля (рис. 4). Операции раскатки и редуцирования выполняют последовательно на специальных обкатных машинах - внутренней (МВК) и наружной (МНК) калибровки.

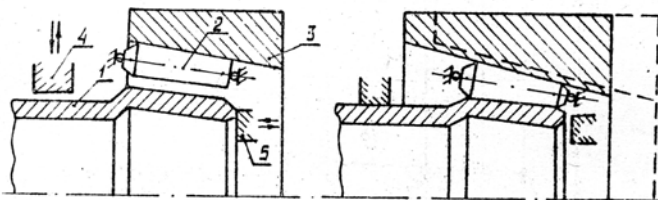


Рисунок 4 - Схема наружной калибровки концов труб: 1 – труба;
2 – деформирующий ролик; 3 – траверса с конусной втулкой;
4 – зажим; 5 – упор

В связи с возросшими требованиями к качеству обсадных труб и существующей проблемы повышенного в связи с этим расхода металла, считаем целесообразным вернуться к вопросу внедрения технологии калибровки концов труб на машинах МВК и МНК в ТПЦ4 ОАО «НТЗ».

ВЫВОДЫ

Проанализированы основные пути снижения расхода металла на пилигримовых трубопрокатных установках: улучшение качества исходной заготовки, снижение технологической обрезки в затравку и пильгерголовку, снижение обрезки при раскросе мерных труб, повышение точности труб, применение второго горячего передела труб за пильгерстаном, калибрование концов обсадных труб под нарезку. Приведены конкретные технические решения, позволяющие решать поставленные проблемы.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.А. Чернявский, В.В. Березовский, Ю.Д. Угрюмов. Экономия металла при производстве труб нефтяного сортамента. М.: Металлургия. 1987. - 304 с.
2. В.В. Березовский, Ю.Д. Угрюмов, Д.Ю. Угрюмов. Черная металлургия. Бюллетень научн. Техн. Инф. Приложение 7, 2003, - 15 с.
3. В.В. Березовский, Ю.Д. Угрюмов, Д.Ю. Угрюмов. Металлургическая и горнорудная промышленность, 2003, № 3, с. 59-64.
4. Ю.Д. Угрюмов, А.В. Губинский, Д.Ю. Угрюмов. Сучасні проблеми металургії, т.8, 2005, с.477-484.
5. В.А. Постный, Д.Ю. Угрюмов, А.В. Губинский, Д.Ю. Угрюмов. Сучасні проблеми металургії, т.8, 2005, с.470-474.
6. А.с. 169049(СССР.), 1965
7. О.А. Пляцковский, Ю.Д. Угрюмов, В.М. Статников и др./ Металлургическая и горнорудная промышленность, 1982, № 1, с. 19-20.
8. Д.Ю. Угрюмов. Металл и литье Украины, № 12, 2003. с. 39-41.
9. А.с. 837517(СССР.) , 1981.
10. В.В. Перчаник, А.В. Губинский, В.И. Плохой и др. Сталь. № 11, 1988, с. 85-87.
11. В.М. Друян. В.В. Перчаник. А.В. Губинский и др. Исследование и совершенствование процессов производства труб и профилей». Межвузовский сб. научн. трудов. М., ВЗМИ. 1986. с. 29-38