

## ПРИМЕНЕНИЕ РАДИАЛЬНО-КОВОЧНОЙ МАШИНЫ SKK-14 ДЛЯ ХОЛОДНОЙ И ГОРЯЧЕЙ КОВКИ ТРУБ

С.И. Закарлюкин<sup>1</sup>, Г.И. Коваль<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ООО НПП «МЕТЧИВ», г. Челябинск;

<sup>2</sup> Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

Изложены основные результаты исследований по разработке и исследованию опытной технологии радиальной ковки труб редуцированием и на оправке с использованием радиально-ковочной машины (РКМ) SKK-14 австрийской фирмы GFM.

При выполнении работы использованы материалы фирмы GFM, переданные ООО НПП «МЕТЧИВ» в качестве технической документации к поставленной (РКМ) SKK-14, а также результаты опубликованных экспериментальных и теоретических исследований по получению труб путем прокатки и радиальной ковки.

Приведены технические характеристики, технологические возможности, описаны особенности устройства и принципа работы механизмов радиально-ковочной машины (РКМ) SKK-14 ООО НПП «МЕТЧИВ» при горячей и холодной ковке труб без оправки путем редуцирования и на оправке.

Представлены основные известные рекомендации по режимам обжатий, параметрам инструмента и требованиям к нему, касающиеся конусности оправки, смазки оправок и внутренней поверхности труб перед деформацией.

Описаны результаты освоения опытных технологий редуцирования труб без оправки, а также горячей и холодной ковки труб на оправке. Даны рекомендации по совершенствованию инструмента, оснастки, смазки и технологических режимов ковки.

Опыт освоения ковки бесшовных труб на РКМ SKK-14 используется при разработке и практической реализации технологических схем их производства, включающих сочетание процессов получения гильз путем прошивки сплошных заготовок пластической деформацией или сверлением путем удаления стружки, горячей и холодной редуцирования без оправки, горячей и холодной ковки на оправке.

Отмечены перспективные области применения РКМ SKK-14 при ковке труб, связанные с малотоннажным производством труб специального назначения, имеющих постоянные и переменные наружные и внутренние диаметры по длине из малопластичных, труднодеформируемых сплавов черных и цветных металлов.

*Ключевые слова:* радиально-ковочная машина SKK-14 фирмы GFM; редуцирование труб; горячая и холодная ковка труб на оправке; особенности устройства и принцип работы.

На радиально-ковочной машине (РКМ) SKK-14 австрийской фирмы GFM [1], наряду с производством сортовых заготовок [2, 3] из специальных марок сталей и сплавов, проведен комплекс опытных работ по освоению ковки труб путем холодного и горячего редуцирования без оправки, а также холодной и горячей ковки труб на оправке. В качестве исходных заготовок использованы стандартные бесшовные трубы, а также заготовки-гильзы, полученные прошивкой сплошных круглых профилей на стане поперечно-винтовой прокатки и сверлением отверстий на токарных станках. Марки материалов труб и гильз – стали 12Х18Н10Т, 10Х23Н18, 08Х18Н6Г10С, ХН45Ю и 29НК-ВИ.

Редуцирование труб без оправки осуществлялось применением приспособлений и инструментов, используемых при ковке сплошных профилей [1].

Для горячей и холодной ковки труб на оправках РКМ SKK-14 оснащена специальным оборудованием, инструментом и приспособлениями.

Согласно технической характеристике [4]

РКМ SKK-14 позволяет получать горячей ковкой трубы со следующими параметрами.

Исходные гильзы-трубы:

– Ø60–140 мм со стенкой 10–30 мм;

– длина 550–2500 мм.

Параметры готовых труб:

– Ø45–130 мм;

– толщина стенки 7–20 мм;

– максимальный внутренний Ø100 мм;

– минимальный внутренний Ø28 мм;

– длина до 5000 мм при наружном диаметре более 60 мм;

– длина до 4000 мм при наружном диаметре 45–60 мм.

Допуски минимальные на наружный и внутренний диаметры трубы ±0,25 мм (за исключением 150 мм концов трубы).

При горячей ковке труб используются специальные инструменты и приспособления, монтируемые в манипуляторе А (рис. 1). В полости зажимной головки манипулятора А через направляющие втулки 1 и 3 устанавливается полая штанга 4 с резьбовыми муфтами на ее концах вместе

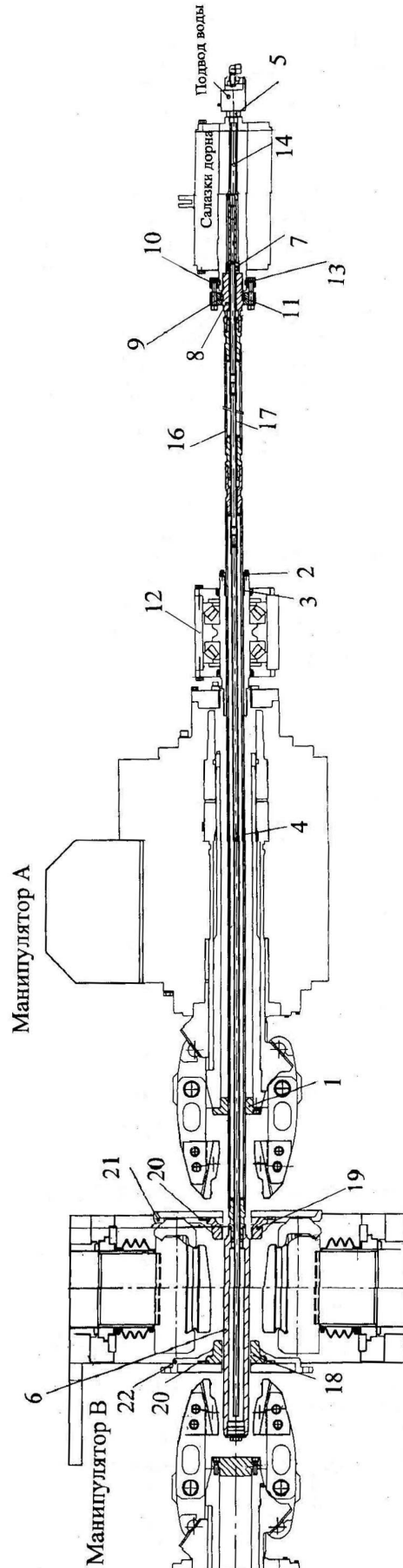


Рис. 1. Схема установки инструмента и приспособлений для горячейковки труб

со смонтированной внутри трубкой подачи воды 5. К муфте переднего конца полой штанги 4 резьбовым соединением присоединяется дорн 6. Имеющиеся на РММ подвижные салазки дорна и смонтированный на них корпус подвода воды соединяются с полой штангой 4 и трубкой подачи воды 5. Во внутренней полости салазок устанавливается втулка-трубка 7 подачи воды. На нее насаживается корпус 8, который соединен с корпусом салазок дорна с помощью фланцев 9, 10, двух разъемных колец 11, 13 и винтов.

В полость корпуса салазок дорна вводится трубка 14, соединенная герметично с втулкой-трубкой 7 и фиксирующаяся полым стопорным винтом 15, с наружной резьбой которого соединен корпус подвода воды. Полая штанга 4 соединяется с помощью промежуточной полой штанги 16 с резьбовыми муфтами на концах с корпусом 8. Трубка подачи воды 5 соединяется с помощью промежуточной трубки 17 резьбой с втулкой-трубкой 7.

В ковочном блоке при горячей ковке труб устанавливаются бойки 23, направляющие втулки 18, 19, фиксируемые на станине с помощью крышек 20, 21, 22.

Работа ковочного комплекса при горячей ковке труб осуществляется следующим образом.

Зажимная головка манипулятора А и салазки дорна устанавливаются в крайнее правое положение. При этом дорн 6 введен внутрь между губками манипулятора А. На рис. 1 показано крайнее ближнее к ковочному блоку положение манипуляторов А, В и дорна 6.

Далее зажимная головка манипулятора А синхронно с дорном 6 перемещаются в сторону ковочного блока и останавливаются на расстоянии от него, достаточном для размещения между ковочным блоком и губками манипулятора с дорном 6 исходной гильзы-трубы.

С помощью поворотного устройства гильза-труба с подводящего рольганга передается на оськовки (на рисунке не показано). Манипулятор А синхронно с дорном 6 перемещаются в сторону ковочного блока до входа заднего конца гильзы-трубы между губками манипулятора. При этом дорн 6 входит в полость трубы-гильзы. Губки зажимной головки манипулятора А зажимают гильзу-трубу. Манипулятором А гильза-труба синхронно с дорном 6 подводится к бойкам ковочного блока, не доходя до зоны деформации.

Затем механизмом перемещения дорна сам дорн 6 перемещается в заданное положение (крайнее левое положение), например, как показано на рис. 1.

Манипулятор В подводится к бойкам ковочного блока в положение, показанное на рис. 1.

Далее начинается процессковки. Гильза-труба в заданном технологическом режиме подачи и поворота синхронно подается в бойки губками

зажимной головки манипулятора А, деформируется и вводится между губками зажимной головки манипулятора В. Последние зажимают передний конец готовой трубы и синхронно с губками зажимной головки А перемещают и поворачивают трубу при ее деформации в заданном технологическом режиме.

Во время деформации с целью снижения силы трения между внутренней поверхностью трубы и дорном возможно применение операции непрерывного перемещения дорна вправо с помощью механизма перемещения дорна 6, смонтированного в каретке 12. Скорость перемещения дорна 6 не должна превышать соотношение между длиной рабочей поверхности дорна и временемковки трубы.

После подхода губок зажимной головки манипулятора А в ближнее к бойкам положение губки разжимаются, манипулятор А останавливается, продолжая осуществлять вращение. Подача и поворот трубы производятся манипулятором В до окончания деформации всей длины трубы.

Готовая труба манипулятором В отводится от бойков ковочного блока и поворотным устройством перемещается на приемный рольганг.

После окончанияковки дорн 6 механизмом его перемещения вводится между губками зажимной головки в полость манипулятора А. Манипулятор А синхронно с дорном 6 перемещается в исходное положение.

Согласно технической характеристике [4] РКМ SKK-14 предназначена также для холоднойковки гильз-труб со следующими параметрами.

Исходные гильзы-трубы:

- $\varnothing 40-100$  мм со стенкой 8–20 мм;
- прямолинейность 1,5 мм/м;
- допуск по диаметру  $\pm 0,5$  мм;
- длина 600–5000 мм.

Параметры готовых труб:

- $\varnothing 30-90$  мм;
- длина до 4000 мм;
- минимальная толщина стенки:
- 5 мм при наружном диаметре  $\varnothing 30-50$  мм;
- 7 мм при наружном  $\varnothing 51-70$  мм;
- 9 мм при наружном 71–90 мм.

Допуски минимальные на наружный и внутренний диаметры трубы  $\pm 0,25$  мм (за исключением 150 мм концов трубы).

При холодной ковке труб также используются специальные инструменты и приспособления, которые монтируются на манипуляторах А и В (рис. 2).

В выдвинутый шток 7 гидроцилиндра манипулятора В вкручивается шток 8, который также соединяется резьбовым соединением с пушером-упором 9. После этого шток 7 возвращается в прежнее положение, показанное на рис. 2.

В полость манипулятора А через втулки 2 и 3 вводится труба-толкатель 10, которая соединяется резьбовым соединением с удлиненной втулкой 11 каретки 12. Далее в полость трубы-толкателя 10

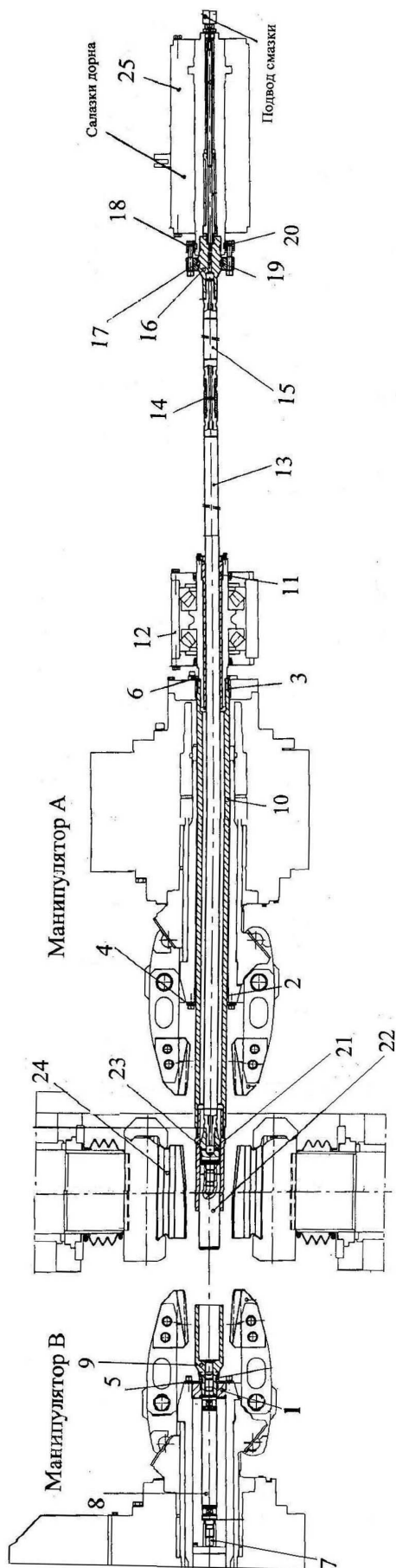


Рис. 2. Схема установки инструмента и приспособлений для холоднойковки труб

вводится штанга 13, соединяющаяся муфтой 14 с дополнительной штангой 15, которая в свою очередь вкручивается в опорную головку 16. Опорная головка 16 соединяется с корпусом салазок дорна с помощью фланцев 17, 18, двух разъемных колец 19, 20 и винтов. С противоположной стороны к штанге 13 крепится винтовым соединением адаптер 21, к нему также винтовым соединением крепится оправка 22. В трубу-толкатель 10 вкручивается пушер-толкатель 23. В ковочном блоке устанавливаются бойки 24.

Работа ковочного комплекса при холодной ковке труб осуществляется следующим образом.

Зажимная головка манипулятора А отводится от ковочного блока на расстояние, достаточное для размещения между ковочным блоком и губками манипулятора исходной гильзы-трубы. При этом пушер-толкатель 23 вместе с оправкой 22 и адаптером 21 с помощью штанг 13, 15 механизмами перестановки дорна и каретки 12 вводятся внутрь зажимной головки А.

Далее с помощью поворотного устройства гильза-труба с подводящего роляганга передается на оськовки. Манипулятор А синхронно вместе с пушером-толкателем 23, оправкой 22 перемещаются в сторону ковочного блока до входа заднего конца гильзы-трубы между губками манипулятора до упора его в торец пушера-толкателя 23. Губки зажимной головки манипулятора А зажимают гильзу-трубу. Манипулятором А гильза-труба синхронно с пушером-толкателем 23 и оправкой 22 подводится к бойкам 24 ковочного блока, не доходя до зоны деформации.

Затем механизмом перестановки дорна оправка 22 перемещается в заданное положение, например, как показано на рис. 2. Это положение определяется требуемым внутренним диаметром готовой трубы.

Манипулятор В подводится к бойкам 24 ковочного блока в положение, показанное на рис. 2. С помощью гидроцилиндра штоки 7, 8 и пушер-упор 9 заводятся на оправку 22 до положения, соответствующего началу зоны деформации гильзы-трубы бойками 24.

Далее начинается процессковки. Гильза-труба в заданном технологическом режиме подачи и поворота синхронно подается в бойки 24 губками зажимной головки манипулятора А и пушером-толкателем 23. При этом передний конец трубы-гильзы, а после получения из нее готовой трубы и ее передний конец упираются в торец пушера-упора 9, создавая осевое усилие в деформируемой трубе. Величина осевого усилия задается гидроцилиндром со штоком 7. После схода пушера-упора 9 с оправки 22 он с помощью гидроцилиндра со штоком 7 вводится в полость манипулятора В.

При дальнейшей ковке передний коней готовой трубы входит между губками зажимной головки манипулятора В, они зажимают передний

конец готовой трубы и синхронно с губками зажимной головки манипулятора А перемещают и поворачивают трубу при ее деформации в заданном технологическом режиме.

После подхода губок зажимной головки манипулятора А в ближнее к бойкам положение губки разжимаются, манипулятор А останавливается, продолжая осуществлять вращение, пушер-толкатель 23 с помощью каретки 12 и манипулятор В продолжают подачу и поворот гильзы-трубы в прежнем технологическом режиме. Ковка продолжается до перемещения пушера-толкателя 23 в крайнее левое положение, показанное на рис. 2.

После окончанияковки бойки 24 разводятся, оправка 22 механизмом перестановки дорна и пушер-толкатель 23 кареткой 12 синхронно вводятся между губками в полость манипулятора А.

Готовая труба манипулятором В отводится от бойков ковочного блока и поворотным устройством перемещается на приемный роляганг.

Учитывая отсутствие в технической документации на РКМ SKK-14 [4], переданной поставщиком оборудования – фирмой GFM, комплексных технологических материалов по ковке труб, разработка опытных технологий основывалась на анализе известных рекомендаций по технологии производства труб на трубопрокатных станах и радиально-ковочных машинах.

При разработке опытной технологииковки труб без оправки (редуцирование) использовались следующие рекомендации.

Процесс редуцирования рационально применять при соотношении наружного диаметра трубы к толщине ее стенки  $D_0/t_0 \leq 35$ , когда основная задача – изменение наружных размеров труб при отсутствии требований к их внутреннему диаметру [5]. При этом устойчивость трубы без образования поперечных складок обеспечивается при отношении толщины стенки к наружному диаметру  $t_0/D_0 \leq (0,025 \dots 0,03)$ . При редуцировании труб с отношением  $t_0/D_0 < 0,1$  на трубопрокатных станах при отсутствии натяжения всегда происходит увеличение толщины стенки, а при  $t_0/D_0 > 0,35$  – уменьшение [6]. Также в данной работе приводится ряд зависимостей для расчета изменения стенки трубы при редуцировании. При редуцировании труб радиальной ковкой толщина стенки увеличивается в зависимости от относительного обжатия по диаметру [7].

С учетом этих рекомендаций проведены опытные работы по редуцированию труб из нержавеющей марки стали 12X18H10T путем радиальнойковки по схемам:

$$D_0 = 152 \text{ мм}, t_0 = 10 \text{ мм} \rightarrow D_p = 130 \text{ мм}, t_p \approx 11 \text{ мм};$$

$$D_0 = 152 \text{ мм}, t_0 = 8 \text{ мм} \rightarrow D_p = 140 \text{ мм}, t_p \approx 8,5 \text{ мм};$$

$$D_0 = 152 \text{ мм}, t_0 = 8 \text{ мм} \rightarrow D_p = 135 \text{ мм}, t_p \approx 8,7 \text{ мм},$$

где  $t_p$  – толщина стенки трубы после редуцирования;  $D_p$  – наружный диаметр трубы после редуцирования, которые показали, что рекомендации исследо-

ваний [5–7], учитывая существующие достаточно широкие допуски на толщину стенки труб бесшовных горячедеформированных по ГОСТ 9940–81, можно использовать при переделе радиальнойковки одного сортамента труб на другой с утолщением их стенки.

При этом внутренняя поверхность полученных после редуцирования труб практически не отличается от внутренней поверхности исходных заготовок (труб).

При разработке опытных технологий горячейковки труб на оправке использовались следующие рекомендации.

Рабочая поверхность оправки должна иметь уклон от 1/100 до 1,5/100 ( $\alpha=0,3\text{--}0,4^\circ$ град.), что существенно снижает опасность закова оправки в поковке [8].

При формировании путем радиальнойковки на неподвижной оправке внутренней поверхности трубы с минимальным (не более 0,1 мм) слоем окалины для предотвращения налипания металла на оправку рабочая поверхность ее должна иметь защитное покрытие толщиной 40–60 мкм. Для такого покрытия рекомендуется использовать порошковый материал ВК-9с, который целесообразно наносить детонационным методом [9].

На цилиндрические оправки непрерывных трубопрокатных станов рекомендуется нанесение хромового покрытия толщиной 0,4–0,6 мм [6].

Целесообразно применять оправку сборной конструкции, состоящей из центрального стержня радиатора и напрессованной на него гильзы из жаропрочной стали. Охлаждающая вода по внутренней полости гильзы подается по винтовым каналам радиатора, выполненным в виде четырехзаходной трапецидальной резьбы. Для формообразования толстостенных поволоков (отношение толщины стенки к наружному диаметру трубы равно 0,2) можно использовать бойки с плоской рабочей поверхностью, которые по сравнению с вырезными и радиусными бойками меньше влияют на плотность посадки поволоки на оправку и проще в изготовлении [9].

Ковка полых заготовок на водоохлаждаемой оправке, нагретых в пламенных печах, проходит нормально. Ковка полых заготовок, нагретых в индукционных печах или малоокислительных печах, затруднена или даже невозможна из-за схватывания металла заготовки с оправкой. Это приводит к увеличению усилия деформирования, рывкам или даже закову оправок. Проблема решается путем нанесения на оправку жаропрочного слоя, например, карбида вольфрама методом детонационного газового напыления [5, 9].

На трубных автоматических станах для уменьшения коэффициента трения между трубой и оправкой внутрь трубы перед прокаткой вручную забрасывают смазку – поваренную соль или

смесь поваренной соли и графита [6]. Расплав поваренной соли является технологической смазкой [10].

На трубный автоматических станах для смазки применяют смесь графита с бурой [10]. Это натриевая соль тетраборной кислоты –  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ , которая около 880 °С расплавляется в жаростойкую бесцветную стекловидную массу [11].

В качестве технологической смазки оправок непрерывных станов применяется графитосодержащая смазка ДДП-2 швейцарской фирмы «Лонза» в сочетании с вдуваемым внутрь трубы сжатым азотом антиокислительным порошком Сидеокс фирмы «Сиким» (Франция). Для повышения износостойкости оправок и качества внутренней поверхности труб на непрерывных станах применяют графитные или фосфатные (на основе триполифосфата – средняя соль  $\text{NaPO}_4$ , третичный фосфорнокислый натрий) смазки [6].

На цилиндрические оправки непрерывных трубопрокатных станов наносят водный раствор фосфатных солей с добавкой поваренной соли или извести. Это исключает образование дыма и копоти при применении графитовых смазок [7].

Прокатку на автоматических станах осуществляют на конической оправке [10].

При горячей радиальнойковке в качестве жидкой технологической смазки используют водный раствор поваренной соли с графитом [8].

Уменьшение толщины стенки трубы (с 10 до 8 мм) приводит к увеличению среднего удельного давления примерно на 25 %. («Может показаться парадоксальным, что при увеличении толщины стенок наружное давление (удельное давление) падает [12]»).

На первом этапе исследований по освоению горячейковки труб\* использовались оправки, разработанные и поставленные фирмой GFM или разработанные и изготовленные ООО НПП «МЕТЧИВ» с использованием рекомендаций фирмы GFM. При этом угол наклона оправок, рекомендованный фирмой GFM  $\alpha=0,04$  град. (конусность равна 1,5/1000). На рабочих поверхностях оправок нанесен жаропрочный слой карбида вольфрама.

В качестве деформирующего инструмента использовались однозаходные бойки, разработанные фирмой GFM.

Горячая ковка труб из сталей 12X18H10T и 08X18H6Г10С осуществлялась по схемам:

$D_0=130$  мм,  $t_0=11$  мм  $\rightarrow D_p=120$  мм,  $t_p=10$  мм;  
 $D_0=130$  мм,  $t_0=11$  мм  $\rightarrow D_p=118$  мм,  $t_p=9$  мм;  
 $D_0=130$  мм,  $t_0=11$  мм  $\rightarrow D_p=116$  мм,  $t_p=8$  мм;  
 $D_0=118$  мм,  $t_0=23$  мм  $\rightarrow D_p=90$  мм,  $t_p=9,5$  мм;  
 $D_0=118$  мм,  $t_0=23$  мм  $\rightarrow D_p=100$  мм,  $t_p=14,5$  мм;  
 $D_0=120$  мм,  $t_0=10$  мм  $\rightarrow D_p=87,5$  мм,  $t_p=8,25$  мм;  
 $D_0=118$  мм,  $t_0=9$  мм  $\rightarrow D_p=87,5$  мм,  $t_p=8,25$  мм;  
 $D_0=116$  мм,  $t_0=8$  мм  $\rightarrow D_p=87,5$  мм,  $t_p=8,25$  мм;  
 $D_0=90$  мм,  $t_0=9,5$  мм  $\rightarrow D_p=80$  мм,  $t_p=7$  мм.

Горячая ковка труб из сталей 12X18H10T, 10X23H18 и 29HK-BИ по схемам:

$$D_0 = 135 \text{ мм}, t_0 = 8,5 \text{ мм} \rightarrow D_p = 114 \text{ мм}, t_p = 7 \text{ мм};$$

$$D_0 = 135 \text{ мм}, t_0 = 8,5 \text{ мм} \rightarrow D_p = 117 \text{ мм}, t_p = 8,5 \text{ мм};$$

$$D_0 = 140 \text{ мм}, t_0 = 8 \text{ мм} \rightarrow D_p = 121 \text{ мм}, t_p = 6,5 \text{ мм};$$

$$D_0 = 68 \text{ мм}, t_0 = 16,5 \text{ мм} \rightarrow D_p = 45 \text{ мм}, t_p = 7,5 \text{ мм}.$$

Ковка осуществлялась при следующих режимах:

- нагрев заготовки в камерной печи до температуры – 1160 °С;
- температура окончанияковки – 750...850 °С;
- угол поворота заготовки за один ход бойков – 13,5 град.;
- скорость манипулятора – 1,5 м/мин;
- число ходов бойков в минуту – 800;
- количество одновременно деформирующих бойков – 4.

На оправку перед ковкой наносилась густая минеральная смазка с графитом.

Одной из проблем, выявленных при горячей ковке труб на оправке, является заков оправки в трубе. Это происходило, в основном, за счет снижения температуры деформируемого металла и малой конусности оправки, приводящее к значительному повышению усилияковки и продольного усилия на оправке. Из-за этого во времяковки автоматически снижается скорость манипулятора, подающего трубу с оправкой вплоть до его остановки. Данное явление имело место в основном при ковке труб значительной длины, особенно на трубах из металлов с высоким сопротивлением деформации.

Для устранения этих явлений на втором этапе исследований по освоению горячейковки труб на оправке с использованием рекомендаций [6] разработаны и изготовлены оправки с углом наклона  $\alpha = 0,2$  и  $0,3$  град. Принимая во внимание рекомендации [9, 8], для смазки трубы использовалась поваренная соль, которая перед ковкой вручную забрасывалась внутрь горячей трубы.

В таких условиях при технологических режимах аналогичных первому этапу исследований осуществлялась горячая ковка труб из сталей 12X18H10T по схемам:

$$D_0 = 115,8 \text{ мм}, t_0 = 9,75 \text{ мм} \rightarrow D_p = 101 \text{ мм}, t_p = 7,7 \text{ мм};$$

$$D_0 = 115,7 \text{ мм}, t_0 = 10,2 \text{ мм} \rightarrow D_p = 101 \text{ мм}, t_p = 7,7 \text{ мм};$$

$$D_0 = 116,7 \text{ мм}, t_0 = 9,4 \text{ мм} \rightarrow D_p = 101 \text{ мм}, t_p = 7,7 \text{ мм}.$$

Проведенные исследования показали, что РКМ выполняет все заданные технологические операции в автоматическом режиме. Получаемые послековки трубы в основном имеют качественные характеристики по геометрическим размерам поперечного сечения, соответствующие стандартам.

В дальнейшем следует провести работы по оптимизации формы рабочей поверхности бойков как на обжимном, так и на калибрующем участках с целью уменьшения усилияковки без снижения качества поверхности готовых труб. При этом од-

ним из значительных резервов существующей технологической схемы производства можно считать повышение температуры началаковки и снижение потерь тепла недеформируемой части исходной гильзы-трубы.

Освоение холоднойковки труб\* проводилось с использованием инструмента и оснастки, разработанных и поставленных фирмой GFM или разработанных и изготовленных ООО НПП «МЕТЧИВ» с учетом рекомендаций фирмы GFM. Холодная ковка труб из сталей 12X18H10T и 08X18H6Г10С осуществлялась по схемам:

$$D_0 = 80 \text{ мм}, S_0 = 7 \text{ мм} \rightarrow D_p = 75 \text{ мм}, S_p = 5,5 \text{ мм};$$

$$D_0 = 80 \text{ мм}, S_0 = 6,5 \text{ мм} \rightarrow D_p = 75 \text{ мм}, S_p = 5,5 \text{ мм};$$

$$D_0 = 76 \text{ мм}, S_0 = 5 \text{ мм} \rightarrow D_p = 73 \text{ мм}, S_p = 4,5 \text{ мм}.$$

Ковка осуществлялась при следующих режимах:

- угол поворота заготовки за один ход бойков – 13,5 град.
- скорость манипулятора – 0,5–0,7 м/мин.
- число ходов бойков в минуту – 800.
- количество одновременно деформирующих бойков – 4.

На внутреннюю поверхность трубы перед ковкой наносилась жидкая минеральная смазка. Во времяковки внутрь трубы на рабочую поверхность оправки постоянно подавалась густая смазка.

В результате проведенных исследований холоднойковки труб получен комплекс новой информации о параметрах жесткости ковочного блока, о влиянии упругой деформации оправки и трубы на ее внутренний диаметр, о возможностях регулирования внутреннего диаметра труб перемещением оправки вдоль осиковки, об особенностях работы переднего и заднего пушеров (толкателей) и их влиянии на качество концов труб, о соотношениях диаметра оправки и внутреннего диаметра пушеров (толкателей), наружных диаметров готовой трубы и пушеров и т. п.

Опыт освоенияковки бесшовных труб на РКМ SKK-14 используется при разработке и практической реализации технологических схем их производства, включающих сочетание процессов получения гильз путем прошивки сплошных заготовок пластической деформацией или сверлением путем удаления стружки, холодного и горячего редуцирования без оправки, горячей и холоднойковки на оправке.

Перспективы применения РКМ SKK-14 для получения труб связаны с малотоннажным производством труб специального назначения, имеющих постоянные и переменные наружные и внутренние диаметры по длине из малопластичных, труднодеформируемых сплавов черных и цветных металлов.

\* Работы по освоениюковки труб на первом этапе курировали специалисты фирмы GFM.

**Литература**

1. Закарлюкин, С.И. Технологический комплекс производства сплошных и полых поковок постоянного и переменного по длине сечения из специальных металлов и сплавов / С.И. Закарлюкин., Е.А. Закарлюкина, Г.И. Коваль // Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». – 2014. – Т. 14, № 1. – С. 73–78.
2. Закарлюкин, С.И. Освоение технологииковки сортовых профилей на радиально-ковочной машине SKK-14 фирмы GFM / С.И. Закарлюкин, Г.И. Коваль // ОМД 2014. Фундаментальные проблемы. Инновационные материалы и технологию: междунар. науч.-техн. конгресс, г. Москва. – М.: МИСиС. – Т. 2. – С. 254–260.
3. Закарлюкин, С.И. Применение радиальнойковки для получения шестигранных профилей / С.И. Закарлюкин, Г.И. Коваль // Заготовительные производства в машиностроении. – 2006. – № 3. – С. 31–33.
4. Вольфганг Тренел. Ковочная машина SKK-14. Информационный раздел. ГФМ ГмбХ, Австрия. 2009.
5. Тюрин, В.А. Ковка на радиально-ковочных машинах / В.А. Тюрин, В.А. Лазоркин, И.А. Поспелов, Х.П. Флаховский; под общ. ред. В.А. Тюрина. – М.: Машиностроение, 1990. – 256 с.
6. Технология и оборудование трубного производства: учеб. пособие для вузов / В.Я. Осадчий, А.С. Вавилин, В.Г. Зимовец, А.П. Коликов; под ред. В.Я. Осадчего. – М.: Интермет Инжиниринг, 2007. – 560 с.
7. Суслов, Л.М. О ковке на радиально-ковочных машинах / Л.М. Суслов // Кузнечно-штамповочное производство. – 1975. – № 4. – С. 17–19.
8. Пат. № 2011143199 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> В 21 К 21/00. Способ изготовления прецизионных труб и радиально-ковочная машина для его осуществления / В.А. Лазоркин, Д.М. Лазоркин. – №2011143199/02; заявл. 25.10.2011; опубл. 27.04.2013, Бюл. № 4. – 10 с.
9. Ростовициков, В.А. Технология и оборудование для формообразования полых длинномерных поковок горячим радиальным обжатием / В.А. Ростовициков // Кузнечно-штамповочное производство. – 1987. – № 6. – С. 10–13.
10. Вердеревский, В.А. Трубопрокатные станы / В.А. Вердеревский, А.З. Глейберг, А.С. Никитин. – М.: Металлургия, 1983. – 240 с.
11. Некрасов, Б.В. Курс общей химии / Б.В. Некрасов. – М.; Л.: Гос. науч.-техн. изд-во хим. лит-ры, 1948. – 1004 с.

Закарлюкин Сергей Иванович, генеральный директор, ООО НПП «МЕТЧИВ», г. Челябинск; [metchiv@mail.ru](mailto:metchiv@mail.ru).

Коваль Григорий Иванович, д-р техн. наук, профессор кафедры машин и технологий обработки материалов давлением, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск; [koval.gi@mail.ru](mailto:koval.gi@mail.ru).

Поступила в редакцию 11 марта 2015 г.

## APPLICATIONS OF RADIAL FORGING MACHINE SKK-14 FOR HOT AND COLD FORGING OF PIPES

S.I. Zakarlyukin, Metchiv company, Chelyabinsk, Russian Federation, [metchiv@mail.ru](mailto:metchiv@mail.ru),

G.I. Koval', South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, [koval.gi@mail.ru](mailto:koval.gi@mail.ru)

The results of the research on the development of experimental technology for radial forging of pipes by plugless rolling on a mandrel with a radial forging machine (RCM) SKK-14 of Austrian company GFM are presented.

To conduct the research the instruction manuals of GFM company for the installed radial forging machine (RKM) SKK-14 were used as well as the results of published experimental and theoretical research on the production of pipes by rolling and radial forging.

The technical characteristics, technological capabilities, and the operating principle of the radial forging machine (RCM) SKK-14 for hot and cold pipe forging by plugless rolling on mandrel and without it are given.

The recommendations for the drafting mode, machine parameters and requirements to it on the lubrication of mandrel and inner surface of the pipe before deformation are presented.

The results of harnessing the advanced technologies of plugless rolling of pipes without mandrel as well as hot and cold forging of pipes on the mandrel are given. Recommendations to improve the tools, equipment, lubricants and technological modes of forging are described.



The experience of seamless pipe forging with RCM SKK-14 is used in the design and implementation of production including piercing of workpieces with continuous plastic deformation, drilling by chip removal, hot and cold plugless rolling without mandrel, hot and cold forging on a mandrel.

The promising applications of RCM SKK-14 of pipe forging in small-scale production of pipes for special purposes with fixed and variable external and internal diameters made of hard-alloy ferrous and non-ferrous metals with low plasticity are defined.

*Keywords: radial forging machine SKK-14 of GFM company; plugless rolling; hot and cold pipe forging on mandrel; characteristics and principle of operation.*

### References

1. Zakarlyukin S.I., Zakarlyukina E.A., Koval' G.I. [Technological Complex for the Production of Solid and Hollow Forgings Being Direct and Alternating Along the Cross Section Length of Special Metals and Alloys]. *Bull. of the South Ural St. Univ. Ser. Metallurgy*, 2014, vol. 14, no. 1, pp. 73–78. (in Russ.)
2. Zakarlyukin S.I., Koval' G.I. [Mastering the Technology of Forging High-Quality Profiles with the Radial Forging Machine SKK-14 of the GFM Company]. *OMD 2014. Fundamental'nye problemy, innovatsionnye materialy i tekhnologii: Mezhdunarodnyy nauchno-tekhnicheskiiy kongress*. Vol. 2. Moscow, MISiS Publ., 2014, pp. 254–260. (in Russ.)
3. Zakarlyukin S.I., Koval' G.I. [The Use of Radial Forging for Hexagonal Profiles]. *Zagotovitel'nye proizvodstva v mashinostroenii*, 2006, no. 3, pp. 31–33. (in Russ.)
4. Trenel W. *Forging Machine SKK-14. Information Section*. FATF GmbH, Austria. 2009.
5. Tyurin V.A., Lazorkin V.A., Pospelov I.A., Flakhovskiy Kh.P. *Kovka na radial'no-kovochnykh mashinakh* [Forging on Radial Forging Machines]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1990. 256 p.
6. Osadchiy V.Ya., Vavilin A.S., Zimovets V.G., Kolikov A.P. *Tekhnologiya i oborudovanie trubnogo proizvodstva* [Technology and Equipment for Tube Production]. Moscow, Intermet Engineering Publ., 2007. 560 p.
7. Suslov L.M. [About Forging on Radial Forging Machines]. *Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo*, 1975, no. 4, pp. 17–19. (in Russ.)
8. Lazorkin V.A., Lazorkin D.M. *Sposob izgotovleniya pretsizionnykh trub i radial'no-kovochnaya mashina dlya ego osushchestvleniya* [A Method of Manufacturing Precision Tubes and Radial Forging Machine for Its Implementation]. Patent RF, no. 2011143199, 2013.
9. Rostovshchikov V.A. [Technology and Equipment for the Formation of Long Hollow Forgings with Hot Radial Compression]. *Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo*, 1987, no. 6, pp. 10–13. (in Russ.)
10. Verderevskiy V.A., Gleyberg A.Z., Nikitin A.S. *Truboprokatnye stany* [Tube Mills]. Moscow, Metallurgiya Publ., 1983. 240 p.
11. Nekrasov B.V. *Kurs obshchey khimii* [Course of General Chemistry]. Moscow, Leningrad, Goskhimizdat Publ., 1948. 1004 p.

*Received 11 March 2015*

---

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ СТАТЬИ

Закарлюкин, С.И. Применение радиально-ковочной машины SKK-14 для холодной и горячейковки труб / С.И. Закарлюкин, Г.И. Коваль // Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». – 2015. – Т. 15, № 2. – С. 106–114.

### REFERENCE TO ARTICLE

Zakarlyukin S.I., Koval' G.I. Applications of Radial Forging Machine SKK-14 for Hot and Cold Forging of Pipes. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Metallurgy*, 2015, vol. 15, no. 2, pp. 106–114. (in Russ.)