

Ольга Владимировна Старичкова^{1*}, Григорий Александрович Орлов¹

¹ Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

**o.starichkova2015@yandex.ru*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАЗОВАНИЯ ДЕФЕКТА В ВИДЕ ПРОДОЛЬНЫХ СКЛАДОК НА КОНЦЕВЫХ УЧАСТКАХ ТОНКОСТЕННЫХ ГИЛЬЗ ПРИ ПРОКАТКЕ НА ТПА С АВТОМАТИЧЕСКИМ СТАНОМ

При прокатке тонкостенных гильз на задних концах происходит образование дефекта в виде концевых складок, что приводит к увеличению расходного коэффициента металла. Для выявления причин образования этого дефекта проведено математическое моделирование процессов прокатки в среде QForm VX. Результаты моделирования показали, что основным фактором образования концевых складок на задних концах черновых труб является повышенное относительное обжатие по стенке черновой трубы на первом проходе, которое приводит к сплющиванию заднего конца черновой трубы и образованию продольных складок на концах труб. Установлено, что при относительном обжатии по стенке в первом проходе от 30,0 % образуется дефект в виде продольной складки на заднем конце черновой трубы. Для предотвращения образования продольных складок предложено устанавливать дополнительную втулку на спутнике с оправкой.

Ключевые слова: автоматический трубопрокатный стан, прокатка тонкостенных гильз, образование дефекта в виде продольных складок, относительное обжатие по стенке черновой трубы, конструкция спутника с оправкой.

Olga V. Starichkova, Gregory A. Orlov

INVESTIGATION OF THE PROCESS OF DEFECT FORMATION IN THE FORM OF A LONGITUDINAL FOLD AT THE END SECTIONS OF THIN-WALLED SLEEVES DURING ROLLING ON A TPA WITH AN AUTOMATIC MILL

When rolling thin-walled sleeves, a defect in the form of end folds occurs at the rear ends, which leads to an increase in the consumption coefficient of the metal. To identify the causes of the formation of this defect, mathematical modeling of rolling processes in the QForm VX environment was carried out. The simulation results showed that the main factor in the formation of end folds at the rear ends of the draft pipes is an increased relative compression along the wall of the draft pipe in the first passage, which leads to flattening of the rear end of the draft pipe and the formation of longitudinal folds at the ends of the pipes. It was found that with relative compression along the wall in the first passage from 30.0%, a defect in the form of

a longitudinal fold at the rear end of the draft pipe is formed. To prevent the formation of longitudinal folds, it is proposed to install an additional sleeve on a satellite with a mandrel.

Keywords: automatic pipe rolling mill, rolling of thin-walled sleeves, formation of a defect in the form of longitudinal folds, relative compression along the wall of the rough pipe, satellite design with a mandrel

Широкое распространение использования в различных странах мира трубопрокатных агрегатов, включающих автоматический стан, связано с: с высокой маневренностью перехода на другой типоразмер прокатываемых труб, универсальностью по возможному соотношению диаметров к толщине стенки, относительно высокой производительностью. Однако дальнейшего решения требуют задачи повышения качества наружной и внутренней поверхности, точности геометрии производимой продукции, снижения расходного коэффициента металла [1-4].

Особого внимания требуют особенности производства тонкостенных труб. Практикой установлено, что прокатка труб на автоматическом стане при соотношении наружного диаметра к толщине стенки свыше 25 ($D/S > 25$) сопровождается образованием дефекта на выходном конце трубы в виде высокой продольной складки. Данная складка, по форме напоминающая «плавник» (рис. 1), образуется в области разъёма калибра на концевом участке трубы [5].



Рис. 1. Готовые трубы с концевыми складками

С целью анализа раскатки гильз с на автоматическом стане необходимо было провести моделирование процесса раскатки в среде QForm VX. Моделирование в среде Qform VX процесса раскатки на автоматическом стане, проведено для следующих размеров труб: $\text{Ø}127 \times 4,5$; $\text{Ø}133 \times 4,0$; $\text{Ø}133 \times 5,0$; $\text{Ø}140 \times 5,0$; $\text{Ø}152 \times 5,0$; $\text{Ø}159 \times 4,5$; $\text{Ø}159 \times 5,0$; $\text{Ø}168 \times 5,0$; $\text{Ø}180 \times 6,0$; $\text{Ø}194 \times 6,0$; $\text{Ø}219 \times 7,0$; $\text{Ø}219 \times 8,0$; $\text{Ø}245 \times 8,0$.

На рисунке 2 представлена сборка спутника с оправкой на автоматическом стане.

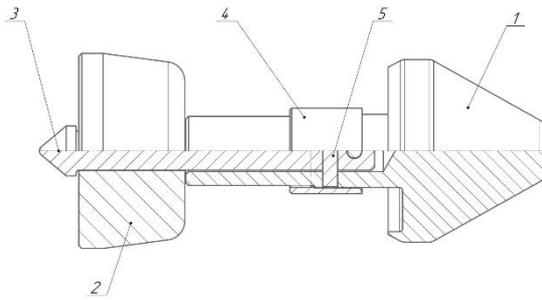


Рис. 2. Действующая конструкция спутника с оправкой:
1 – головка; 2 – оправка; 3 – шпилька; 4 – гайка; 5 – штифт

На рисунке 3 представлена 3D модель черновой трубы после второго прохода на автоматическом стане.

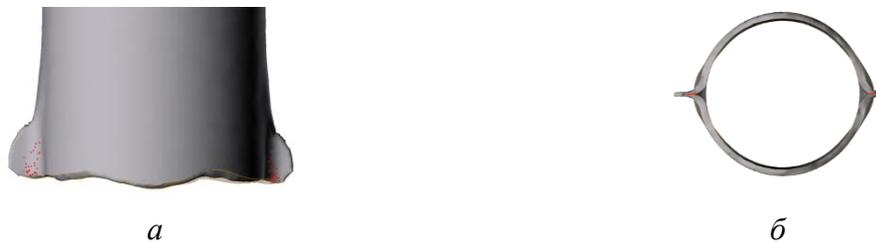
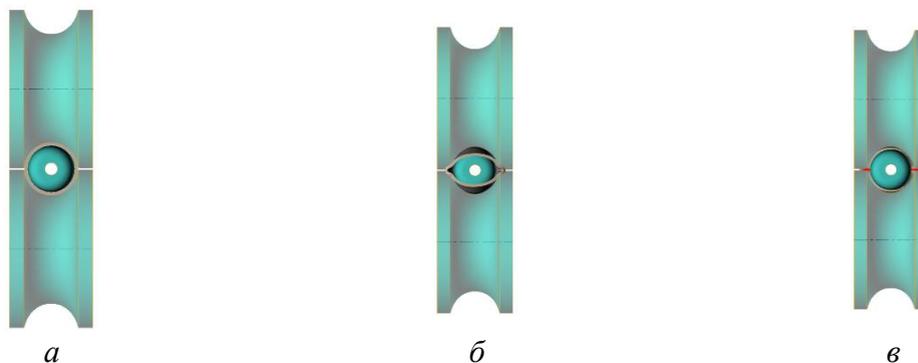


Рис. 3. 3D модель черновой трубы после второго прохода раскатки на автоматическом стане: *а* – вид сверху; *б* – вид фронтальный

По результатам моделирования выявлено, что дефектообразование происходит за счёт сплющивания заднего конца черновой трубы на втором проходе в процессе раскатки. При относительном обжатии по стенке в первом проходе выше 30% задний конец черновой трубы сплющивается и затекает между ребрами валков автоматического стана (рис. 4).

Для предотвращения образования концевых складок предложено устанавливать дополнительную втулку на спутнике с оправкой. На рисунке 5 представлена конструкция спутника с оправкой и втулкой.



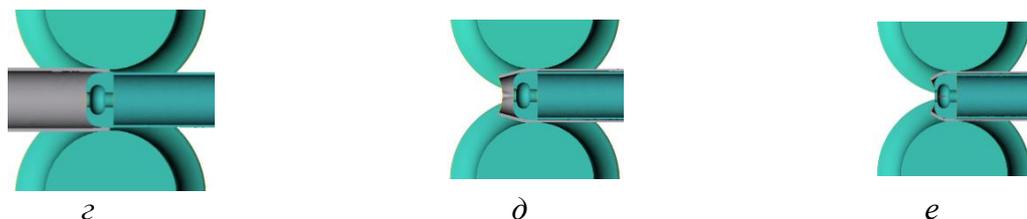


Рис. 4. Процесс образования дефектов в виде «плавников» при прокатке на автоматическом стане в среде QForm VX: *a* – начало процесса, вид фронтальный; *б* – середина процесса, вид фронтальный; *в* – конец процесса, вид фронтальный; *г* – начало процесса, вид сбоку в разрезе; *д* – середина процесса, вид сбоку в разрезе; *е* – конец процесса, вид сбоку в разрезе.

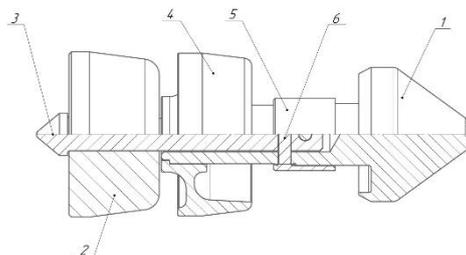


Рис. 5. Предлагаемая конструкция спутника с оправкой: 1 – головка; 2 – оправка; 3 – шпилька; 4 – втулка; 5 – гайка; 6 – штифт

Проведено моделирование в среде QForm VX процесса раскатки на автоматическом стане ТПА. Установлено, что:

1. Дефектообразование происходит за счёт сплющивания заднего конца черновой трубы на втором проходе в процессе раскатки.
2. Дефектообразование происходит при относительном обжатии по стенке в первом проходе от 30,0 % образуется дефект в виде складок («плавников») на заднем конце черновой трубы.
3. Для предотвращения образования продольных складок предложено устанавливать дополнительную втулку на спутнике с оправкой.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Технология и оборудование трубного производства / В.Я.Осадчий [и др.] – М.: Интермет Инжиниринг, 2001. 608 с.
2. Шевакин Ю. Ф. Производство труб / Ю. Ф. Шевакин, А. П. Колишков, Ю. Н. Райков. – М.: Интермет Инжиниринг, 2005. 568 с.
3. Трубное производство / Б. А. Романцев [и др.] Учебник, 2-е изд., испр. и доп. - М.: Изд. дом МИСиС, 2011. - 970 с.
4. Прокатное производство– 3-е изд., перераб. и доп. / П.И. Полухин [и др.] – М.: Металлургия, 1982. 696 с.
5. Чечулин Ю. Б. Разработка математической модели образования дефектов в виде складок на концевых участках тонкостенных труб при прокатке на

автоматическом стане ТПА 220 и мер по их устранению / Ю.Б. Чечулин, А. А Федулов М. Ю. Булганина // Министерство науки и высшего образования РФ ФГАОУ ВО «Уральский Федеральный Университет имени первого Президента РФ Б.Ю. Ельцина». Институт новых материалов и технологий. Кафедра металлургических и роторных машин.:– Е., 2020. – 49 с.

REFERENCES

6. Technology and equipment of pipe production / V.Ya.Osadchy [et al.] – М.: Internet Engineering, 2001. 608 p.
7. Shevakin Yu. F. Pipe production / Yu. F. Shevakin, A. P. Kolikov, Yu. N. Raikov. – М.: Internet Engineering, 2005. 568 p.
8. Pipe production / В. А. Romantsev [et al.] Textbook, 2nd ed., ispr. and add. - М.: Publishing house of MISIS, 2011. - 970 p
1. . 4. Rolling production – 3rd ed., reprint. and additional / P.I. Polukhin [et al.] – М.: Metallurgy, 1982. 696 p.
2. Chechulin Yu. B. Development of a mathematical model for the formation of defects in the form of folds on the end sections of thin-walled pipes during rolling on an automatic ТПА 220 mill and measures to eliminate them / Yu.B. Chechulin, А. А. Fedulov М. Y. Bulganina // Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation Federal State Educational Institution of Higher Education "Ural Federal University named after the first President of the Russian Federation В.У. Yeltsin". Institute of New Materials and Technologies. Department of Metallurgical and Rotary Machines.:– Е., 2020. – 49 p.