

І.А. Соловйова, Ю.М. Николаєнко

ПРОГНОЗУВАННЯ ТОЧНОСТІ ТРУБ ПРИ БЕЗОПРАВОЧНОМУ ВОЛОЧІННІ

Анотація. Проведено дослідження технологічних параметрів виробництва труб з різних марок сталей при безоправочному волочінні. Визначені фактори, що впливають на зміну різностінності труб за допомогою кореляційно-регресійного аналізу та побудовані регресійні моделі. Результати досліджень впроваджені в розрахунки маршрутів та технологічних карт виробництва з метою прогнозування різностінності готових труб при волочінні та запровадженню скорочення витрат металу на виробництві.

Ключові слова: безоправочне волочіння, заготовка, труба, різностінність, обтиснення, регресійна модель, кореляційно-регресійний аналіз, ступінь тонкостінності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню вдосконалення технології безоправочного волочіння присвячено багато наукових робіт сучасних вчених: Орлова Г.А., Каргіна Б.В., Окулова Р.А., Паршина С.В. та інших. Ці роботи спрямовані на вивчення:

- волочіння в блок волок;
- волочіння через волоку, що обертається;
- моделювання процесу волочіння.

У роботах вирішуються питання, що дозволяють збільшити ступінь деформації при волочінні, продуктивність, зв'язати зміни товщини стінки з енергосиловими параметрами процесів.

Деякі роботи В.А. Кочкіна, М.З. Єрманка, М.М. Бернштейна, Ю.Ф. Шевакіна, А.Б. Ламіна присвячені інженерним методам розрахунку товщини стінки труби після волочіння в одну волоку та отримані деякі лінійні залежності зміни різностінності. У світі сучасних вимог до точності труб виникає інтерес до проблеми зміни різностінності труб після волочіння для прогнозування точності готових труб.

Мета дослідження. Метою даної роботи є дослідження впливу технологічних параметрів безоправочного волочіння труб з різних марок сталей та визначення факторів, що впливають на зміну різностінності труб за допомогою кореляційно-регресійного аналізу.

Викладення основного матеріалу дослідження. Безоправочному волочіння піддають труби після короткооправочного волочіння або прокатки на станах ХПТ або ХПТР, тобто труби, які мають певну різностінність.

З метою оцінки точності труб після безоправочного волочіння були спроектовані та досліджені технологічні маршрути виробництва труб з різних марок сталей. За розробленими маршрутами за технологією виробництва протягалися партії труб [1], від кожної партії відбиралися зразки і проводилися виміри товщини стінки в рівновіддалених точках поперечного перерізу труби.

Для кожного проходу волочіння розраховані:

- абсолютна $\Delta t = t_{\max} - t_{\min}$ і відносна різностінність заготовки $\delta_0 = \frac{\Delta t_0}{t_{0cp}}$ і готової труби $\delta = \frac{\Delta t}{t_{cp}}$;
- коефіцієнт обтиснення по діаметру $\frac{D_0}{D}$;
- ступінь тонкостінності $\frac{t_0}{D_0}$;
- ступінь деформації ε ;
- коефіцієнт зміни різностінності $k = \frac{\delta}{\delta_0}$.

За результатами вимірювань виконаний кореляційно-регресійний аналіз, визначені фактори, що впливають на зміну різностінності і побудовані регресійні моделі [1].

Інтервали варіювання вихідними даними наведені в таблиці 1.

Інтервали варіювання вихідних даних для аналізу

Параметр	Діапазон варіювання параметру	
	нержавіючі сталі	вуглецеві сталі
$\delta_0, \%$	0,80 ... 13,5	1,2 ... 16,5
$\frac{D_0}{D}$	1,12 ... 1,5	1,05 ... 1,6
$\frac{t_0}{D_0}$	0,05 ... 0,235	0,02 ... 0,21
D_0	10, 16, 25, 36	
t_0	0,97 ... 3,0	

Як впливає з визначення при $k < 1$ різностінність зменшується, при $k > 1$ різностінність готової труби більше різностінності заготовки.

Значимість коефіцієнтів отриманих рівнянь оцінювалася за критерієм Стюдента, а адекватність моделі за критерієм Фішера. Отримані моделі є адекватними і зі значимими коефіцієнтами [1]. Наприклад, моделі для наступних сталей мають вигляд:

- для сталі 08X22H6T

$$k = 1,681 + \frac{3,304}{\delta_0} - 0,522 \frac{D_0}{D} - 10,110 \frac{t_0}{D_0} + 29,128 \left(\frac{t_0}{D_0} \right)^2 - 0,003\varepsilon ;$$

- для сталі 06ХН28МДТ:

$$k = 1,126 + \frac{3,015}{\delta_0} - 1,177 \frac{D_0}{D} + 8,097 \frac{t_0}{D_0} - 27,980 \left(\frac{t_0}{D_0} \right)^2 - 0,003\varepsilon ;$$

- для сталі 10

$$k = 1,974 + \frac{2,324}{\delta_0} - 0,718 \frac{D_0}{D} - 8,442 \frac{t_0}{D_0} + 23,616 \left(\frac{t_0}{D_0} \right)^2 - 0,003\varepsilon .$$

Таким чином прогнозуючи очікувану поперечну різностінність готової труби після безправочного волочіння можна використовувати регресивну залежність:

- для сталі 08X22H6T

$$\delta_{s1} = 3,304 + \delta_{s0} \left(1,681 - 0,522 \frac{D_0}{D} - 10,110 \frac{t_0}{D_0} + 29,128 \left(\frac{t_0}{D_0} \right)^2 - 0,003\varepsilon \right);$$

- для сталі 10

$$\delta_{s1} = 2,324 + \delta_{s0} \left(1,974 - 0,718 \frac{D_0}{D} - 8,442 \frac{t_0}{D_0} + 23,616 \left(\frac{t_0}{D_0} \right)^2 - 0,003\varepsilon \right),$$

де δ_{s0} – поперечна різностінність вихідної заготовки;

δ_{s1} – поперечна різностінність готової труби.

При аналізі отриманих залежностей [1, 3] можна зробити деякі висновки: чим пластичніший метал, тим менша зміна різностінності. Менш пластичні сталі мають більшу тенденцію до зміни різностінності. При малих значеннях δ_0 коефіцієнт k досягає величини 3,5, тобто різностінність збільшується в 3,5 рази, а при великих значеннях δ_0 інтенсивніше її виправлення.

Інтенсивність виправлення ($k < 1$) залежить від коефіцієнта обтиснення по діаметру $\frac{D_0}{D}$: чим більше значення $\frac{D_0}{D}$, тим інтенсивніше виправлення різностінності. Тобто з метою виправлення різностінності ($\delta_0 > 4\%$) при безоправочному волочінні необхідно збільшувати коефіцієнт витяжки.

Залежність зміни різностінності від відносного обтиснення по діаметру та від ступеню тонкостінності наведена на рисунках 1 та 2 для сталі 08X22H6T.

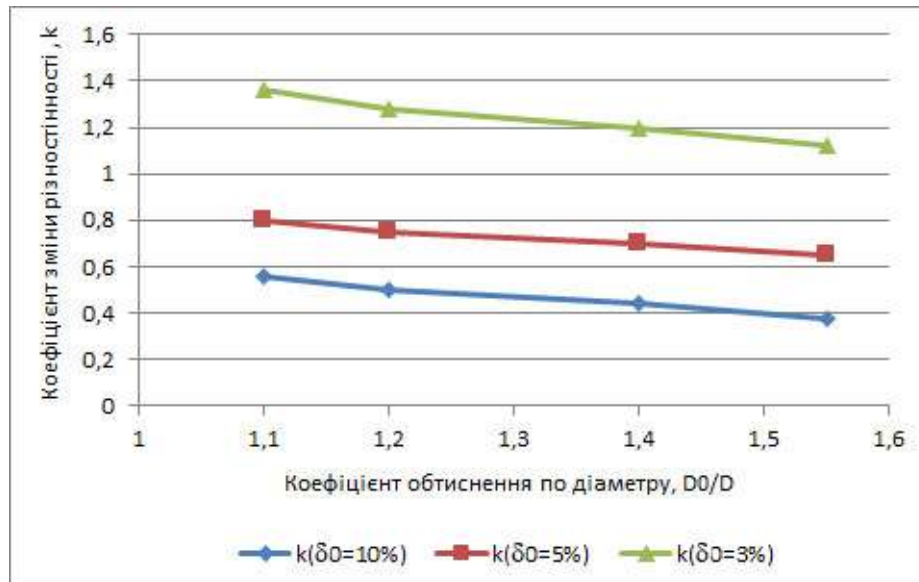


Рисунок 1 – Залежність зміни різностінності від обтиснення по діаметру (сталь 08X22H6T)

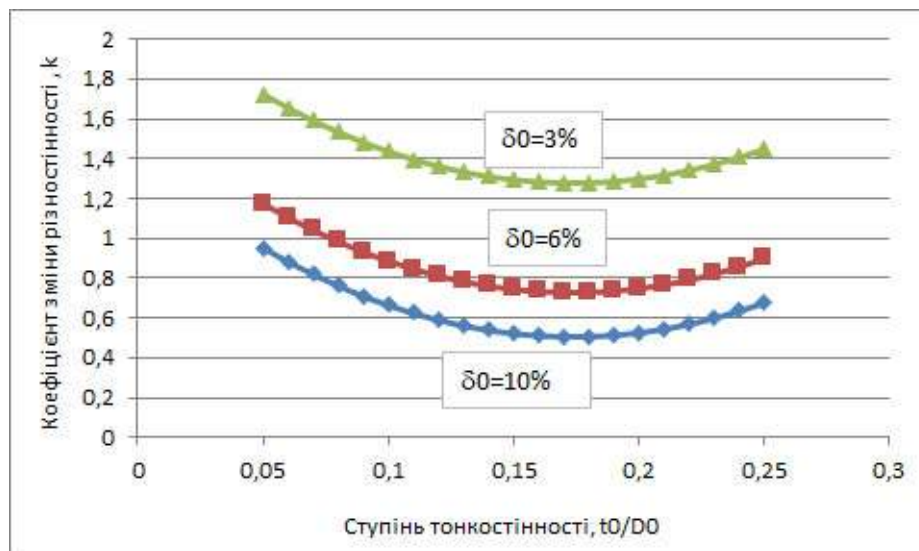


Рисунок 2 - Залежність коефіцієнта зміни різностінності від ступеня тонкостінності (сталь 08X22H6T)

Висновок. Результати досліджень впроваджені в розрахунки маршрутів та технологічних карт виробництва [2] з метою прогнозування різностінності готових труб при волочінні та запровадженню скорочення витрат металу на виробництві.

ЛІТЕРАТУРА / ЛІТЕРАТУРА

1. Соловьева И.А. Разработка многовариантной технологии, исследование и внедрение рациональных режимов производства холоднодефор-

мированих труб: дис. ... канд. техн. наук: 05.16.05 / Соловьева Инна Анатольевна. – Днепропетровск, 1987. – 200 с.

2. Соловйова, І.А. Проектування комбінованих маршрутів виробництва холоднодеформованих труб / І.А. Соловйова, В.Ф. Балакін, Ю.М. Николаєнко, К.С. Білан // Системні технології. – 2017. – № 4. – С. 56-62.

3. Кучеренко В.Р. Анализ существующих режимов деформации при волочении и разработке рекомендаций по их оптимизации: Отчет о НИР / В.Р. Кучеренко, Е.В. Кондратьев, И.А. Соловьева. – Днепропетровск: ДМетИ, 1976. – 91 с.

REFERENCES

1. Solovyova I.A. Development of multivariate technology, research and implementation of rational production modes of cold-deformed pipes: dis. ... cand. tech. Sciences: 05.16.05 / Soloveva Inna Anatolevna. - Dnepropetrovsk, 1987. - 200 p.

2. Solovyova I.A. Designing of combined routes of production of cold-deformed pipes / I.A. Solovieva, V.F. Balakin, Yu.M. Nykolayenko, K.S. Bilan // System technologies. - 2017. - № 4. - P. 56-62.

3. Kucherenko V.R. Analysis of existing deformation modes during drawing and development of recommendations for their optimization: Research report / V.R. Kucherenko, E.V. Kondratiev, I.A. Solovyova. - Dnepropetrovsk: DMetI, 1976. - 91 p.

Received 03.03.2020.

Accepted 10.03.2020.

Прогнозування точності труб при безправочному волочінні

Безправочному волочіння піддають труби після короткоправочного волочіння або прокатки на станах ХПТ або ХПТР, тобто труби, які мають певну різностінність.

З метою оцінки точності труб після безправочного волочіння були спроектовані і досліджені технологічні маршрути виробництва труб з різних марок сталей. За розробленими маршрутами за технологією виробництва протягалися партії труб, від кожної партії відбиралися зразки і проводилися виміри товщини стінки в рівновіддалених точках поперечного перерізу труби.

Для кожного проходу волочіння розраховані: абсолютна і відносна різностінність заготовки і готової труби, коефіцієнт обтиснення по діаметру, ступінь тонкостінності, ступінь деформації, коефіцієнт зміни різностінності.

За результатами вимірювань виконаний кореляційно-регресійний аналіз, визначені фактори, що впливають на зміну різностінності та побудовані регресійні залежності прогнозування очікування поперечної різностінності труб при безправочному волочінні.

При аналізі отриманих залежностей можна зробити наступні висновки: чим пластичніший метал, тим менше зміна різностінності. Менш пластичні сталі мають більшу тенденцію до зміни різностінності.

Інтенсивність виправлення ($k < 1$) залежить від коефіцієнта обтиснення по діаметру - чим більше значення його значення, тим інтенсивніше виправлення різностінності. Тобто з метою виправлення різностінності ($\delta_0 > 4\%$) при безправочному волочінні необхідно збільшувати коефіцієнт витяжки.

Висновок. Результати досліджень впроваджені в розрахунки маршрутів та технологічних карт виробництва з метою прогнозування різностінності готових труб при волочінні та запровадженню скорочення витрат металу на виробництві.

Predicting the accuracy of pipes at sinking

Sinking is subjected to pipes after short-term drawing or rolling on cold rolling mills or roll rolling mills, ie pipes having a certain difference.

In order to assess the accuracy of pipes after sinking, technological routes of pipe production from different grades of steel were designed and investigated. According to the developed routes by the production technology, batches of tubes were drawn, samples were taken from each batch and wall thickness measurements were made at equally distant points of pipe cross-section.

For each passage of the drawing are calculated: absolute and relative difference of the work piece and the finished pipe, the coefficient of compression in diameter, the degree of thinness, the degree of deformation, the coefficient of change of the difference.

According to the results of measurements, correlation-regression analysis was performed, factors influencing the variation of difference were determined, and regression dependencies of the prediction of the expectation of the transverse difference of pipes at the block were constructed.

In the analysis of the dependences obtained, we can draw the following conclusions: the more plastic the metal, the smaller the difference in difference. Less plastic steels tend to change in diversity.

The intensity of the correction ($k < 1$) depends on the compression ratio in diameter - the greater the value of its value, the more intense the correction of the difference. That is, in order to correct the difference ($\delta_0 > 4\%$) at sinking, it is necessary to increase the coefficient of drawing.

Conclusion. The results of the researches are incorporated into the calculations of routes and technological maps of production in order to predict the difference of finished pipes during drawing and to introduce a reduction of metal costs in production.

Соловьева Инна Анатольевна - к.т.н., доцент кафедры технологического проектирования Национальной металлургической академии Украины.

Николаенко Юлия Николаевна - старший преподаватель кафедры технологического проектирования Национальной металлургической академии Украины.

Соловйова Інна Анатоліївна - к.т.н., доцент кафедри технологічного проектування Національної металургійної академії України.

Николаєнко Юлія Миколаївна - старший викладач кафедри технологічного проектування Національної металургійної академії України.

Solovyova Inna - Ph.D., Associate Professor, Department of Technological Design of the National Metallurgical Academy of Ukraine.

Nykolayenko Yulia - Senior Lecturer of the Department of Technological Design of the National Metallurgical Academy of Ukraine.