

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПРОФІЛЮВАННЯ ТРУБ

Бояркін В.В., Ремез О.А., Польща О.С.

Український державний університет науки і технологій

Застосування профільних труб, у тому числі квадратних, полягає в зниженні витрат металу на відходи при виготовленні заготовок, скороченні циклу обробки, зменшенні парку метало-оброблюваного обладнання для забезпечення заданого обсягу виробництва заготовок та ін. [1, 2]. Квадратні труби мають велику в порівнянні з круглими несучу спроможність на одиницю маси, що дозволяє отримати значну економію металу, знизити вагу заготовок, а також поліпшити умови зборки машин і конструкцій [3].

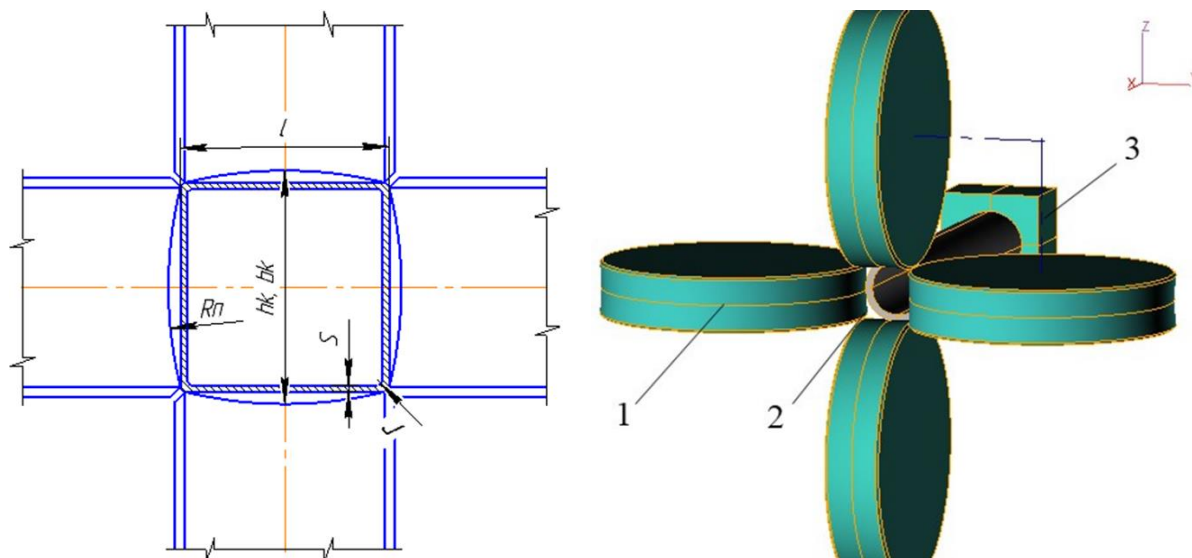
Способи профілювання шляхом волочіння через волочильні кільця характеризуються низькою ефективністю, оскільки при їх використанні необхідно виконувати забивання головки, нанесення на заготовку підмастильного шару і змащення, видалення змащення [4, 5].

Теоретичними дослідженнями зміни форми поперечного перерізу при профілюванні показано, що можливе створення випуклості або увігнутості сторін є результатом поступової зміни форми заготовки під впливом зовнішніх навантажень і не пов'язане із втратою стійкості. Такий підхід дозволив зробити наступний висновок: кількість профілюючих клітей (кількість проходів) не є визначаючою, з точки зору виготовлення труб без випуклості або увігнутості, тобто профільні труби з прямолінійними сторонами і малими зовнішніми радіусами їх сполучення можуть бути отримані і за один прохід в одній чотирьохвалковій кліті, валки якої мають відповідну калібровку [6]. Існуючий метод розрахунку не дозволяє визначити величину сили проштовхування, тому дослідження формозміни за допомогою сучасних методів комп'ютерного моделювання є актуальними.

Для дослідження механізму появи випуклості (увігнутості) сторін профілю, стовщення стінки і сили профілювання в залежності від таких факторів, як матеріал і геометричні розміри заготовки, форма і розміри чотирьохвалкових калібрів використовувалась програма QForm [7]. QForm – це комплекс для математичного моделювання процесів обробки металів тиском на основі методу скінчених елементів.

Для створення тривимірної моделі чотирьохвалкового калібру проведено розрахунки геометричних параметрів калібру за методиками, наведеними в роботах [2, 6].

Схема калібру наведена на рисунку 1.



До розрахунку калібру

1 – ролики; 2 – заготовка; 3 – штовхач

Рисунок 1 – Схема чотирьохвалкового калібру

Для розрахунків були використані реологічні властивості сталі 19MnB4. Сили тертя між заготовкою та інструментом при прокатці розраховувались по моделі Леванова, також був заданий коефіцієнт Леванова 1,25 і фактор тертя 0,5, що відповідає умовам прокатки без застосування змащувальних матеріалів.

Зовнішній діаметр заготовки – 20 мм, товщина стінки змінювалась від 0,5 до 3,5 мм з кроком 0,25 мм. Для кожного значення товстостінності заготовки отримувались дані щодо значення сили і фіксувалась максимальна величина.

Аналіз отриманих даних показав, що причиною прогину по центру боку профілю труби є наявність в цьому перерізі напружень, що розтягують у внутрішніх шарах і стискають в зовнішніх з початку процесу формозміни. На внутрішній поверхні діють напруження розтягу, спрямовані в протилежні сторони до кутів труби, що і призводить до максимального прогину в цьому перерізі. Аналіз отриманих даних дозволив зробити висновок про залежність форми сторін профілю від місця контакту інструменту і поверхні профільованої труби, а також від співвідношення D/S заготовки. При профілюванні тонкостінних труб за період згину прогин сторони досягає більшого абсолютного значення, що не дозволяє отримувати такі труби в калібрах, валки яких мають гладку бочку.

Висновки. Створено математичну модель процесу профілювання квадратних труб в неприводній кліті з чотирьохвалковим калібром

проштовхуванням. Визначено, що зі збільшенням показника D/S заготовки спостерігається падіння величини сили проштовхування. З ростом показника D/S заготовки спостерігається падіння величини відносного потовщення товщини стінки готової труби в кутових зонах та зростання величини увігнутості стінки квадратної труби.

Література

1. Стальные трубы. Изготовление, применение, сортамент: Справочник / Ю.Г. Гуляев [та ін.] – Днепропетровск: РИА «Днепр-ВАЛ» 2002. – 350 с.
2. Данченко В.Н. Производство профильных труб / Данченко В.Н., Сергеев В.В., Никулин Э.В. -М.: Интермет Инжиниринг, 2003. -224с.
3. Hordych, I., Herbst, S., Nürnberger, F., Boiarkin, V., Hubert, O., Maier, H.J. Manufacturing and Virtual Design to Tailor the Properties of Boron-Alloyed Steel Tubes(Book Chapter), Lecture Notes in Applied and Computational Mechanics, Volume 93, 2020, Pages 21-44. ISSN: 16137736. DOI: 10.1007/978-3-030-38156-1_2
4. Стрижак В.И. Сравнительная эффективность производства профильных труб и замкнутых сварных профилей для сельхозмашиностроения: Учебник / В.И. Стрижак, М.Ф. Ратников, И.М. Зубова 1984. – 60-61 с.
5. Перспективы производства холоднодеформированных профильных труб и основы современной технологии их изготовления: Учебник / А.И. Дорохов [та ін.] –М.: Металлургия, 1982. – 31-36 с.
6. Новая технология производства профильных труб высокой точности в линии трубоэлектросварочного агрегата / П.Н. Калинушкин, В.Б. Фурманов, В.М. Пинчук, Л.М. Шлосберг // Прогрессивные технологии и оборудование для трубного производства: Сб. науч. тр. ВНИТИ. – М.: Металлургия, 1987. – С. 66–69.
7. <https://www.qform3d.com/>

MATHEMATICAL MODELING OF THE HOLLOW PROFILES FORMING PROCESS

Boiarkin Viacheslav, Remez Oleh, Polshcha Oleksandr

Abstract. Steel alloys containing manganese and boron are increasingly being used in mechanical engineering, including automotive and agricultural sectors. Products of critical application made from such steels, including hollow ones, have a high level of mechanical properties, surface hardness, and wear resistance. These products are obtained by profiling of previously electrically welded round pipes with a hot sheet stamping or pressure treatment (drawing, cold rolling, stamping). Technological parameters of combined processing methods are determined by the results of experimental research, which, due to the complexity and cost of materials, leads to significant expenses. The application of mathematical modeling can reduce the number of experiments and forecast the quality of finished products. The

research focuses on investigating the possibility of obtaining square hollow profiles by means of push-pulling through one stand of a pipe welding unit and defining the requirements for geometric parameters of the billet.

Keywords: steel, profiling, metal forming, pushing, force, shape change.

References

1. Stalnie trubi. Izgotovlenie, primeneniye, sortament: Spravochnik / Yu.G. Gulyaev [ta in.] – Dnepropetrovsk: RIA «Dnepr-VAL» 2002. – 350 s.
2. Danchenko V.N. Proizvodstvo profilnykh trub / Danchenko V.N., Sergeev V.V., Nikulin E.V. -M.: Internet Inzhiniring, 2003. -224s.
3. Hordych, I., Herbst, S., Nürnberger, F., Boiarkin, V., Hubert, O., Maier, H.J. Manufacturing and Virtual Design to Tailor the Properties of Boron-Alloyed Steel Tubes(Book Chapter), Lecture Notes in Applied and Computational Mechanics, Volume 93, 2020, Pages 21-44. ISSN: 16137736. DOI: 10.1007/978-3-030-38156-1_2
4. Strizhak V.I. Sravnitel'naya effektivnost proizvodstva profilnykh trub i zamknutikh svarnykh profilei dlya selkhoz mashinostroeniya: Uchebnik / V.I. Strizhak, M.F. Ratnikov, I.M. Zubova 1984. – 60-61 s.
5. Perspektivi proizvodstva kholodnodeformirovannykh profilnykh trub i osnovi sovremennoy tekhnologii ikh izgotovleniya: Uchebnik / A.I. Dorokhov [ta in.] –M.: Metallurgiya, 1982. – 31-36 s.
6. Novaya tekhnologiya proizvodstva profilnykh trub vysokoi tochnosti v linii truboelektrosvarochnogo agregata / P.N. Kalinushkin, V.B. Furmanov, V.M. Pinchuk, L.M. Shlossberg // Progressivnye tekhnologii i oborudovaniye dlya trubnogo proizvodstva: Sb. nauch. tr. VNITI. – M.: Metallurgiya, 1987. – S. 66–69.
7. <https://www.qform3d.com/>