

**ПРО УМОВИ ОТРИМАННЯ ВИСОКОМІЦНОЇ ХОЛОДНОДЕФОРМОВАНОЇ
АРМАТУРИ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕПРИВІДНОЇ КЛІТИ**

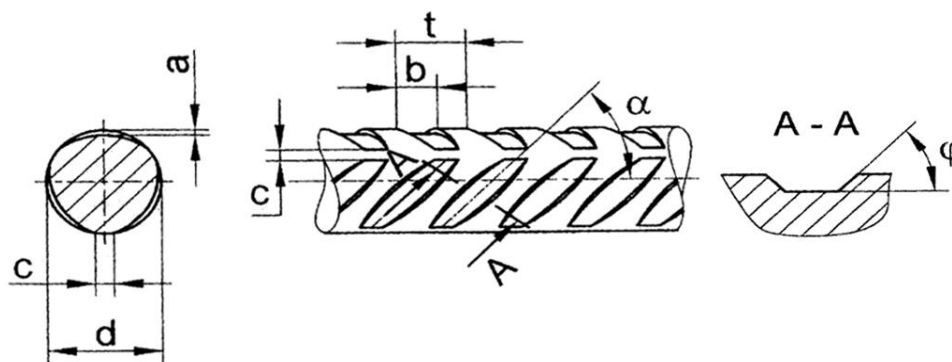
Приходько І. Ю., д.т.н., с.н.с., Парусов Е. В. к.т.н., с.н.с.,
Парусов О. В. к.т.н., с.н.с., Чуйко І. М. к.т.н.

Інститут чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України (Україна)

Вступ. Сучасні вимоги, які пред'являють до залізобетонних шпал (ЗБШ) для вантажопасажирських перевезень, зумовили потребу подальшого вдосконалення і впровадження прогресивних способів виробництва металопродукції, зокрема високоміцної арматури. Головна мета підприємств, які виробляють попередньо-напружені залізобетонні вироби, полягає у зменшенні металоємності і трудомісткості виготовлення конструкцій, а також підвищенні енергоефективності технологічного процесу [1]. У якості матеріалу для виробництва ЗБШ нового покоління використовують високоміцну холоднодеформовану арматуру зі сталей перлітного класу (0,8...0,9 % С) діаметром 9,45...9,81 мм з тимчасовим опором руйнуванню $\sigma_B \geq 1570$ МПа. Отримання високоміцної арматури залежить від ефективного поєднання структури і механічних властивостей вихідної сировини (бунтового прокату) в комплексі з різними способами цілеспрямованого впливу. Профілювання холоднодеформованої переробної заготовки відбувається в спеціальному пристрої (кліті) й зумовлює додаткову пластичну деформацію поверхневих шарів. Для умов України зазначений сортамент металопродукції є новим та достатньо перспективним, а дані щодо енергосилових параметрів роботи клітей для профілювання переробної заготовки, які використовують у країнах ближнього зарубіжжя, на теперішній час відсутні. Отже, доцільно визначити енергосилові параметри роботи кліті для профілювання холоднодеформованої переробної заготовки й оцінити вплив нанесених вм'ятин на несучу здатність арматури в умовах експлуатації.

Результати досліджень та їх обговорення. Для моделювання нанесення профілю на переробну заготовку враховували пружно-пластичні деформації та теплові процеси. В якості деформуючого інструменту закладена непривідна кліть з трьома роликками, розташованими під кутом 120° один до одного. При

діаметрі роликів 180 мм, довжині бочки 20 мм ширина і глибина калібру склали 8,0 мм і 1,7 мм, відповідно, з радіусом закруглення калібру 5,56 мм. На роликах розташовані насічки під кутом 45° до лінії прокатки для формування на поверхні заготовки «відбитків» глибиною 0,2 мм. У результаті обробки необхідно було отримати арматурний прокат, геометричні параметри якого наведені на рис. 1. Отриманий шляхом математичного моделювання зразок арматурного прокату відповідав заданим геометричним параметрам, а мінімальний розмір від максимального поглиблення до протилежної поверхні прокату становив не менше 9,5 мм.



d – номінальний діаметр арматури (9,5 мм); a – глибина вм'ятин (0,2 мм); b – ширина вм'ятин (3,5 мм); t – шаг вм'ятин (5,5 мм); c – ділянки, що не обжимаються (1,5 мм);
 α – кут нахилу вм'ятин (45°); ϕ – кут нахилу стінки вм'ятин (45°);

Рисунок 1 – Геометричні параметри високоміцної холоднодеформованої арматури

В якості вихідного матеріалу використано холоднодеформовану переробну заготовку діаметром 9,7 мм з тимчасовим опором руйнуванню 1602 МПа і границею плинності 1338 МПа зі сталі С86D [2]. Дослідження формозміни переробної заготовки проводили у комп'ютерній програмі QForm. Максимальне зменшення площі поперечного перерізу після нанесення профілю і, отже, відносного подовження прокату становить $\sim 5\%$. Не дивлячись на малий ступінь деформації, деяка її частина проникає вглиб заготовки на $(0,10\dots 0,12) \cdot R$. Оскільки внутрішні області зменшеного поперечного перерізу не зміцнюються, то несуча здатність арматури повинна зменшуватися разом з поперечним перерізом. У той же час важливу роль відіграє формування поздовжніх залишкових напружень, які виникають в арматурному прокаті.

За результатами моделювання встановлено, що в деформованому шарі виникають розтягуючі залишкові напруження (~ 950 МПа), а у внутрішніх – стискаючі (~ 350 МПа). Залишкові напруження розтягнення формуються на глибині приблизно $(0,20\dots 0,25) \cdot R$. Сума максимальних залишкових напружень розтягнення і технологічного натягу на ділянці стабілізації не повинна перевищувати границю плинності арматурного прокату. На практиці процес стабілізації холоднодеформованої арматури здійснюється під впливом питомого технологічного натягу, який складає $\sim (0,3\dots 0,45) \cdot \sigma_b$. В цьому випадку технологічний натяг повинен бути не менше $480,6$ МПа, а повна сила натягу при зменшеній на 5% площі поперечного перерізу $33,74$ кН. У той же час максимально питомий натяг протягання становить $139,6$ МПа, тобто істотно менше значення питомого технологічного натягу. Відомості про силу переднього натягу, необхідного для реалізації технологічного процесу, представляють цінність з позиції управління гальмівною станцією на вході ділянки нанесення профілю і стабілізації. Згідно з отриманими даними, необхідна тягуча сила є змінною: максимальні значення досягають величини $\sim 9,8$ кН, а мінімальні – $6,5$ кН.

Для проектування промислової установки проведена оцінка сили, яка діє на неприводні ролики в процесі деформації. Максимальні значення сили, що діє на кожен ролик, складають $3,45$ кН, а мінімальні – $2,0$ кН.

Очевидно, що потрібно проаналізувати вплив переднього і заднього натягів, які створюються для реалізації механо-термічної обробки, на напружено-деформований стан переробної заготовки в осередку деформації. На рис. 2 наведена залежність зменшення поперечного перерізу ($\Delta S, \%$) арматурного прокату і, відповідно, відносного видовження ($\Delta \delta, \%$) від питомого технологічного натягу в процесі стабілізації, коли напружений стан прокату в осередку деформації змінюється під впливом натягу і внаслідок підвищення швидкості протягання.

При підвищенні переднього натягу до робочого значення $480,6$ МПа максимальна радіальна сила на ролики зменшується до $2,25$ кН. Площа поперечного перерізу арматури зменшується, а відносне подовження зростає до $\sim 6,3\%$ (крива 1), що вимагає в період створення натягу і розгону при виході

технологічної лінії на робочу швидкість корекції положення роликів для підтримки необхідного поперечного перерізу прокату. При цьому достатньою умовою для підтримки відносного подовження на рівні 5,0 % є відведення одного з трьох роликів на 0,10 мм (крива 2). Взаємозв'язок переднього і заднього питомого натягу в процесі нанесення профілю при відведенні одного з роликів на 0,10 мм і підтримці відносного подовження арматурного прокату на рівні 5,0 % наведено на кривій 3.

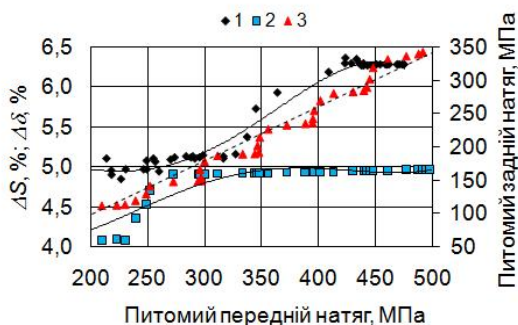


Рисунок 2 – Взаємний вплив технологічних параметрів на відносне видовження арматурного прокату під час стабілізації

Проникнення холодної пластичної деформації є незначним, але за результатами моделювання встановлено, що значення $\sigma_{0,2}$ і σ_b в місцях поглиблень профілю зростають, однак це не може у повній мірі компенсувати втрату несучої здатності через зменшення поперечного перерізу арматурного прокату. Наведені результати розрахунків і їх аналіз дозволяють проектувати устаткування технологічної ділянки для нанесення профілю переробної заготовки, а саме пристрою з трьома непривідними роликами спільно з гальмівною та тягнучою станціями.

Висновки. Для отримання холоднодеформованої високоміцної арматури з високовуглецевої сталі запропонований методологічний підхід, заснований на моделюванні процесу і аналізі комплексу його параметрів, який дозволяє проектувати обладнання для нанесення періодичного профілю на поверхню переробної заготовки, інтегрованого в загальну виробничу лінію спільно з гальмівною і тягнучою станціями, а також ділянкою стабілізації.

Література / References

1. Parusov E. V., Parusov V. V., Sagura L. V. et. al. Development of energy- and resource-saving production technology of high-strength strands. Metallurgical and Mining Industry. 2016. № 5. pp. 100–104.
2. Prikhod'ko I. Yu., Parusov E. V., Parusov O. V., Chuiko I. N., Klemeshov E. S. Elements of technology for producing cold-formed rebar from C86D steel using an idle stand. Steel in Translation. 2020. Vol. 50. No. 7. P. 481–486. DOI: 10.3103/S0967091220070116

ABOUT CONDITIONS OF RECEIVING HIGH-STRENGTH COLD-DEFORMED REINFORCEMENT WITH USING OF NON-DRIVING ROLLING STAND

Prykhodko Ihor, Parusov Eduard, Parusov Oleg, Chuiko Ihor

Abstract. The energy-power parameters of applying a periodic profile to a remaking bars are determined. For the considered sizes of calibers, the maximum value of the forces acting on the rollers, as well as the values of the required pulling force, are established. The influence of the depth of dents of the profile on the bearing capacity of high-strength reinforcing steel is studied. It was experimentally established that after applying the profile and stabilization, the loss of the bearing cross section of reinforcing steel by 5.0 % is compensated by an increase in R_m and $R_{0.2}$. The proposed methodological approach based on the modeling of the technological process and the assessment of the complex of its parameters allows you to design equipment for profiling the remaking bars, integrated into the common line of the stabilization section together with the pulling device.

Keywords: wire rod, cold plastic deformation, remaking bars, high-strength reinforcement, non-driving rolling stand.