

REINFORCEMENT OF FERROCONCRETE STRUCTURES. General specification).

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-340-8-6>

**IMPROVING THE PRODUCTION OF COLD-FORMED
REINFORCING BARS OF INCREASED PLASTICITY
FOR CONSTRUCTION IN POST-WAR UKRAINE**

**УДОСКОНАЛЕННЯ ВИРОБНИЦТВА
ХОЛОДНОДЕФОРМОВАНОГО АРМАТУРНОГО ПРОКАТУ
ПІДВИЩЕНОЇ ПЛАСТИЧНОСТІ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА
У ПОВОЄННІЙ УКРАЇНІ**

Perchun G. I. Перчун Г. І.

*Candidate of Technical Sciences, Associate
Professor,
Associate Professor at the Department of
Materials Science and Heat Treatment of
Metals
Ukrainian State University of Science and
Technology
Dnipro, Ukraine*

*кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри матеріалознавства та
термічної обробки металів
Український державний університет
науки і технологій
м. Дніпро, Україна*

Yakushev O. S. Якушев О. С.

*Postgraduate Student at the Department of
metal forming
Ukrainian State University of Science and
Technology
Dnipro, Ukraine*

*аспірант кафедри обробки металів
тиском,
Український державний університет
науки і технологій,
м. Дніпро, Україна*

Ivchenko A. O. Івченко А. О.

*Postgraduate Student at the Department of
Materials Science and Heat Treatment of
Metals
Ukrainian State University of Science and
Technology
Dnipro, Ukraine*

*аспірант кафедри матеріалознавства
та термічної обробки металів
Український державний університет
науки і технологій
м. Дніпро, Україна*

Для підвищення властивостей арматурного прокату (АП) для залізобетону використовується три найпоширеніших способи зміцнення продукції – легування сталі, термічна обробка і холодна деформація.

Легування сталі, яке масово використовувалося з 60-х років минулого століття при виробництві гарячекатаного АП, стає менш ефективним методом через суттєве подорожчання продукції через значну вартість феросплавів. Цим методом виготовляється АП по ДСТУ 9130:2021 класів міцності А400, А600, А800 та А1000. Термічна обробка найпоширеніший сучасний метод, який застосовується у процесі виготовлення АП по ДСТУ 3760:2019 класів міцності А500С, А600С, А800 та А1000. Метод зміцнення АП по ДСТУ EN 10080:2009 шляхом холодної деформації (ХД) в Україні має менше поширення, хоча застосовується понад 60 років. Цим методом отримували арматуру класу А-Шв, яку виготовляли з арматури А400 (А-III згідно з ГОСТ 5781) шляхом деформації витягуванням на 3,5–4,5%. Вона мала нормовану межу плинності $\geq 540 \text{ Н/мм}^2$, що відповідає класу А500 згідно сучасного ДСТУ 3760:2019 та застосувалась для плит перекриття житлових споруд і прогонових будов мостів. ХД арматури здійснювали безпосередньо на заводах залізобетонних виробів. Виготовлення попередньо напружених залізобетонних виробів з такої ХД арматури дозволяло отримувати економію сталі. Розвиток цього напрямку мав певні досягнення [1], які через розпад СРСР не були втілені в Україні. В той же час метод зміцнення АП шляхом ХД набув значного розвитку та поширення в багатьох європейських країнах.

Досвід масового виробництва та застосування ХДАП в країнах Європи налічує більш ніж 40 років. Його поширенню сприяв розвиток індустріальних методів будівництва, де заготівлю АП та виробництво залізобетонних виробів вели на окремих підприємствах. За цей час в багатьох країнах (Німеччина, Італія, Австрія та інші) були створені високоефективні технологічні лінії по виготовленню та переробки ХДАП (назва в європейських нормативних документах – дріт) діаметром від 4,0 до 16,0 мм. Технологія виробництва полягала в зміцненні сталі шляхом деформування при температурі навколишнього середовища (ХД) для отримання готової продукції в процесі перемотки заготівлі круглого перетину (катанки) із мотка в моток. Цей процес реалізується двома технологіями, про які мова піде далі. Переваги виробництва та використання ХДАП у мотках полягає в тому, що використовуючи сучасне обладнання для заготівлі та переробки АП у вигляді правильно-відрізних верстатів, ліній автоматизованого розкрою та виготовлення арматурних елементів, а також ліній з виготовлення зварної сітки з АП діаметром від 4,0 до 16,0 мм у мотках на підприємствах будівельної індустрії можна заготовляти широкий спектр елементів для армування конструкцій. При цьому АП може застосовуватися у вигляді стрижнів розрахункової арматури, а також у вигляді скобо-згинальних виробів будь-якої форми з яких далі виготовлятимуться всілякі каркаси за

формою конструкцій, у тому числі і довгомірні. Останнє підвищує продуктивність та значно скорочує чисельність робітників, які задіяні у виробничому процесі. Мета роботи – на підставі вивчення закордонного досвіду розробити пропозиції щодо вдосконалення виробництва холоднодеформованого АП підвищеної пластичності для будівництва у повоєнній Україні. *Технологія 1* – Отримання ХДАП із катанки (з заготівлі гладкого профілю). Українськими виробниками (ПрАТ «Дніпрометиз», ТОВ «ТІММЕТИЗ» та іншими) ця технологія здійснюється шляхом волочіння з використанням застарілого обладнання (волочильних станів SKET UDZSA 2500/2), а формування періодичного профілю проводять у безприводній роликівій касеті типу CL 25B33 італійської фірми «Eurolls», встановленій перед другим барабаном стана при загальній деформації (ϵ) в 15–45%. Така технологія дозволяє отримувати продукцію класу міцності 500 та 600 Н/мм², але з показниками пластичних властивостей (δ_{\max} , %) на низькому рівні, що не відповідає європейським вимогам. Запропоновані заходи для підвищення рівня пластичних показників продукції [2; 3] не були втілені у виробництві із-за додаткових витрат. Тому досягнення відповідної якості продукції ($\delta_{\max} \geq 2,5$ %) можливо шляхом здійснення фінішної механоциклічної обробки (МЦО) ХДАП перед її змоткою у моток. Опробування впливу МЦО здійснювали в промислових умовах. Використовували катанку \varnothing 8,0 мм із сталі Ст3пс та \varnothing 12,0 із сталі 20Г2 з якої волочінням при деформації в 44 та 16% виготовляли ХДАП \varnothing 6,0 и 11,0 мм відповідно. Перед змоткою стрижні піддавали МЦО трьома вигинами на пристрої з \varnothing роликів 120 мм. Випробування зразків на розтяг проводили згідно ГОСТ 12004 на машині FP-100/1 із записом діаграм. Отримані результати представлені у табл. 1.

Таблиця 1

Механічні властивості АП після холодної деформації волочінням

Марка сталі, \varnothing ХДАП	Показники механічних властивостей				Клас міцності АП
	σ_T , Н/мм ²	σ_B , Н/мм ²	σ_B/σ_T	δ_{\max} , %	
Ст3пс, 6,0 мм	605 / 565*)	640 / 615	1,06 / 1,09	2,1 / 3,1	500 / 500
20Г2, 11,0 мм	750 / 703	790 / 770	1,05 / 1,10	2,4 / 3,9	600 / 600

*) у знаменнику показники властивостей після додаткової МЦО.

Наведені результати свідчать про те, що шляхом додаткової МЦО можливо отримувати ХДАП з більш високим рівнем пластичності ($\delta_{\max} \geq 3,0\%$). *Технологія 2* – Отримання холоднодеформованого арматурного

прокату із заготівлі періодичного профілю металургійного виробництва. Новим напрямом у виробництві холоднодеформованого АП можна вважати застосування «stretching-технології», заснованої на процесі зміцнення гарячекатаного прокату (заготівлі) з готовим періодичним профілем (класу 400) деформацією (розтягуванням) при температурі навколишнього середовища та забезпечуючи клас міцності 500 при збереженні достатнього рівня пластичних властивостей. Тобто отримувати готовий продукт (АП) більш вищого класу міцності, що володіє більш високим рівнем міцності, та відповідає вимогам національного ДСТУ 9130 або ДСТУ 3760, так і сучасним закордонним стандартам (EN 10080, BS 4449, DIN 488). Для реалізації такої технології як заготівля, може застосовуватися прокат періодичного профілю – класу А400С за ДСТУ 9130 зі сталей марок Ст3Гпс, 18Г2С, 20Г2 та 25Г2С із вмістом вуглецю в межах 0,18...0,24% з подальшим отриманням продукції класу А500С. Опробування технології здійснювали у лабораторних умовах. Як заготівлю використовували АП періодичного профілю \varnothing 8,0 мм із сталі 25Г2С (%С – 0,27; %Mn – 1,39; %Si – 0,76), який деформували розтягуванням (% ϵ) на 2,0 та 4,0% при температурі доквілля. Після цього зразки піддавали механо-циклічній обробці (МЦО) чотирма вигинами на роликівому пристрої (діаметр роликів 90 мм). Випробування зразків на розтяг проводили згідно з ГОСТ 12004 на машині FP-100/1 із записом діаграм. Отримані результати представлені у табл.2.

Таблиця 2

Механічні властивості АП після холодної деформації розтягом

Стан	Показники механічних властивостей				Клас міцності АП
	σ_T , Н/мм ²	σ_B , Н/мм ²	σ_B/σ_T	δ_{max} , %	
Початковий	480	695	1,45	16,8	400
% ϵ = 2,0	570 / 580*)	718 / 742	1,26 / 1,28	10,5 / 12,0	500 / 500
% ϵ = 4,0	660 / 650	760 / 765	1,15 / 1,18	8,5 / 9,0	600 / 600

*) у знаменнику після додаткової МЦО

Наведені результати свідчать про те, що шляхом холодної деформації розтягом з АП класу міцності А400 можливо отримувати АП більш високого класу міцності (А500 та А600). Це доводить, що АП класу міцності 500 МПа у повній відповідності до вимог європейських НД можна виготовляти із застосуванням технології stretching-процесу (холодна деформація шляхом додаткового розтягування) при перемотуванні прокату з мотка в моток.

Висновки:

1. На підставі проведених досліджень показана можливість отримання холоднодеформованого АП у мотках класу міцності 500 та 600 Н/мм² підвищеної пластичності ($\delta_{\max} = 3,0 \dots 7,5\%$) при виробництві його із заготівлі гладкого круглого профілю (катанки) або із заготівлі періодичного профілю. 2. Для виготовлення такої продукції вітчизняним виробникам варто удосконалювати технологію виробництва шляхом втілення фінішної операції механіко-циклічної обробки (МЦО) перед формування її в моток (змоткою). 3. Для організації масового виробництва та переробки холоднодеформованого АП підвищеної пластичності для будівництва у повоєнній Україні необхідна модернізація діючих та створення нових підприємств з залученням сучасного закордонного обладнання (технологічних ліній). Можливо навіть домовлятися з західними партнерами про лізинг такого обладнання.

Література:

1. Лінія для заготівлі та зміцнення арматурних стержнів. Івченко О.В., Гуль Ю.П., Хавалджи В.О. Пат. 6959 Україна. Заявка № 94010128; заявл. 30.07.1993; опубл.31.03.1995, Бюл. № 1.

2. Спосіб виробництва арматурного прокату періодичного профілю. Івченко О.В., Амбражей М.Ю., Івченко А.О. Пат. 33499 Україна. Заявка № u200802073; заявл.18.02.2008; опубл.25.06.2008, Бюл. № 12.

3. Спосіб виробництва холоднодеформованого арматурного прокату класу міцності 600 МПа з підвищеними характеристиками деформативності. Івченко О.В., Перчун Г.І., Гуль Ю.П., Чмельова В.С. Пат. 137947 Україна, Заявка № u2019 04682; заявл.02.05.2019; опубл. 11.11.2019, Бюл. № 21.