

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-277-7-183>

**CONSTRUCTION OF TECHNOLOGIES FOR MANUFACTURING
PRODUCTS OF CRITICAL PRODUCTS USING COMPUTER
SIMULATION**

**ПОБУДОВА ТЕХНОЛОГІЙ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБІВ
ВІДПОВІДАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ
КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

Parusov E. V.

*Doctor of Engineering,
Senior Researcher,
Head of the Department
of Heat Treatment of Metal
for Mechanical Engineering
Iron and Steel Institute of Z. I. Nekrasov
NAS of Ukraine
Dnipro, Ukraine*

Парусов Е. В.

*доктор технічних наук, старший
науковий співробітник,
завідувач відділу термічної обробки
металу для машинобудування
Інститут чорної металургії
імені З. І. Некрасова НАН України
м. Дніпро, Україна*

Gubenko S. I.

*Doctor of Engineering, Professor,
Professor at the Department
of Materials Science
and Materials Processing
Prydniprovsk State Academy of Civil
Engineering and Architecture,
Senior Researcher at the Department
of Heat Treatment of Metal
for Mechanical Engineering
Iron and Steel Institute of Z. I. Nekrasov
NAS of Ukraine
Dnipro, Ukraine*

Губенко С. І.

*доктор технічних наук, професор,
професор кафедри
матеріалознавства та обробки
матеріалів
Придніпровська державна академія
будівництва та архітектури,
старший науковий співробітник
відділу термічної обробки металу
для машинобудування
Інститут чорної металургії
імені З. І. Некрасова НАН України
м. Дніпро, Україна*

Prykhodko I. Yu.

*Doctor of Engineering,
Senior Researcher,
Head at the Department of Processes
and Machines for Metal Forming
Iron and Steel Institute of Z. I. Nekrasov
NAS of Ukraine
Dnipro, Ukraine*

Приходько І. Ю.

*доктор технічних наук, старший
науковий співробітник,
завідувач відділу процесів і машин
обробки металів тиском
Інститут чорної металургії
імені З. І. Некрасова НАН України
м. Дніпро, Україна*

На сучасному етапі розвитку різних галузей промисловості важко переоцінити роль інформаційних технологій, зокрема застосування

комп'ютерного моделювання для побудови раціональних технологій виготовлення виробів відповідального призначення.

У представленій роботі наведено практичний досвід ефективного застосування інформаційних технологій (комп'ютерних програм) для отримання високоміцних холоднодеформованих виробів (арматурний прокат та сталеві арматурні канати), які призначені для попередньо напружених залізобетонних конструкцій (ПНЗК).

Технологія виготовлення зазначених високоміцних виробів починається з металургійного переробу й завершується на металовиробних підприємствах. Вихідною сировиною служить прокат круглого перерізу, який піддається холодному пластичному деформуванню на волочильних станах. Послідовна передача прокату відбувається через систему монолітних волок (осередки деформації). Для виготовлення арматури та канатів використовують прокат $\varnothing 8,0-16,0$ мм, що містить $0,8-0,9$ % С. На заключному етапі холоднодеформовану заготовку піддають механотермічному обробленню (МТО) – профілювання поверхні із одночасним температурним впливом під дією навантаження. Не менш відповідальною операцією є підготовка поверхні прокату до волочіння, яке складається із видалення окалини та нанесення підмастильного шару. Товарна продукція повинна відповідати вимогам стандартів за наступними показниками: максимальне розривне зусилля, границя міцності, втомна міцність, відносне видовження та ін. Очевидно, що формування перелічених показників залежить від вихідної якості прокату (хімічний склад, параметри структури, механічні властивості), сумарного відносного обтиснення, та параметрів МТО. Невідповідність властивостей унормованим вимогам призводить до відсортуння товарної продукції, оскільки їх неможливо поліпшити існуючими способами термічного оброблення без втрати деформаційно-зміцненого стану.

Отже, для створення достовірних прогнозних моделей, які дозволяють попередньо оцінити параметри технології на кожному з етапів виготовлення зазначених високоміцних виробів, починаючи з металургійного переробу, розроблено відповідні програми:

– «CalcScale» – для визначення властивостей окалини на поверхні прокату, що дозволяє проаналізувати ефективність способу (хімічний, механічний) підготовки поверхні прокату до волочіння, а також врахувати нормовитратні коефіцієнти технологічного процесу із подальшим обліком відходів виробництва [1, с. 313];

– «CalcRoutes» – для визначення енергосилових параметрів волочіння, продуктивності виробничого процесу, показників міцності переробної заготовки, а також побудови маршрутів волочіння. Під час розрахунку міцності переробної заготовки враховується вихідний та кінцевий діаметри, а також коригувальний коефіцієнт деформаційного зміцнення, який залежить від хімічного складу та параметрів структури прокату [1, с. 326; 2, с. 31];

– «CalcDisper» – для визначення параметрів структури прокату з високовуглецевих сталей за фотознімками, які одержані засобами електронної мікроскопії. Одержані результати використовуються у програмі «CalcRoutes» для визначення коригувального коефіцієнту [1, с. 89];

– «CalcCooling» – для визначення в умовах металургійних підприємств температурно-часового регламенту безперервного охолодження високовуглецевих сталей в залежності від хімічного складу та діаметра прокату [3, с. 36];

Для моделювання процесу МТО під час профілювання поверхні заготовки та оцінки рівня залишкових напружень за перерізом арматури використано програму «QForm». Врахування механічних властивостей заготовки після волочіння та профілювання, а також параметрів термічного впливу (стабілізації) дозволили створити методологічний підхід для проектування промислових ліній МТО спільно з гальмівною і тягнучою станціями [4, с. 483–485]. Подальші кроки вдосконалення програми «CalcRoutes» будуть спрямовані на доопрацювання прогностичного модуля визначення механічних властивостей металовиробів з урахуванням параметрів стабілізації.

Використання розглянутих комп'ютерних програм дозволило впровадити у промисловість сучасні енергоефективні схеми виготовлення виробів відповідального призначення [3, с. 36; 5, с. 42–43]: 1) дротяна арматура 5,0Вр1400-Р1, 6,0Вр1400-Р1 для ПНЗК (відповідає EN 10138-2:2009, BS 5896:1980, NEN 3868:2001, MSZ 5720:1993, ГОСТ 7348-81); 2) арматурний прокат $\varnothing 9,54 \dots 9,51$ мм (клас міцності 1400 МПа) для армування залізничних шпал (відповідає ТУ 0930-011-01115863-2008); 3) переробна заготовка 5,0В1500-Р1 для арматурних канатів захисних оболонок огороження конструкції АЕС (відповідає ТУ У 24.3-26209430-027); 4) арматурні канати класів міцності 1770 МПа і 1860 МПа $\varnothing 9,3; 12,5$ і $15,2$ мм для ПНЗК (відповідають EN 10138-3:2005, BS 5896:1980, ASTM A 416M-05, ГОСТ 13840-68, ГОСТ Р 53772-2010).

Наш багаторічний досвід та досягнуті результати дозволяють стверджувати, що механічні властивості високовуглецевих сталей (0,8–0,9 % C) добре піддаються математичним розрахункам. Застосування створених комп'ютерних програм зумовлює формування обґрунтованих підходів до визначення найбільш ефективних параметрів виробничого процесу та достовірної оцінки їхнього впливу на властивості високоміцних виробів відповідального призначення. При цьому можливість прогнозного визначення головних параметрів технології перероблення прокату дозволяє попередити безповоротну втрату металу з одночасною побудовою сучасних схем отримання високоміцних матеріалів за зменшених матеріальних витрат.

Література:

1. Парусов Е. В. Розвиток наукових і технологічних основ керування структурою та властивостями сталей перлітного класу для елементів будівельних конструкцій високої міцності : дис. докт. техн. наук : 05.02.01. Дніпро, 2021. 424 с.
2. Парусов Е. В. Прогнозування енергосилових параметрів волочіння та механічних властивостей холоднодеформованого дроту з високовуглецевих сталей. *Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні* : матеріали X міжнародної науково-практичної конференції, м. Дніпро, 27–29 березня 2018 р. Дніпро : НМетАУ, 2018. С. 31.
3. Parusov E. V., Parusov O. V., Chuiko I. N. Про особливості впливу високотемпературного режиму регульованого охолодження на формування властивостей бунтового прокату зі сталі перлітного класу. *Наука і металургія* : матеріали всеукраїнської науково-технічної конференції, м. Дніпро, 24 червня 2021 р. Дніпро : ІЧМ НАНУ, 2021. С. 35–36.
4. 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. № 7. Pp. 481–486. DOI: 10.3103/S0967091220070116
5. Парусов Е. В., Губенко С. І., Парусов О. В., Чуйко І. М. Розробка сучасного енергоефективного способу виробництва холоднодеформованої арматури для попередньо напружених залізобетонних конструкцій. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія : *Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії* : зб. наук. пр. Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». Харків : НТУ «ХПІ», 2018. № 30(1306) 2018. С. 39–45.