

DOI: 10.34185/1991-7848.itmm.2023.01.079

## АЛГОРИТМ РОБОТИ ПІДСИСТЕМИ РОЗКРОЮВАННЯ ЗАГОТОВОК СПІР КЕРУВАННЯ БАГАТОЕТАПНИМ ПРОКАТНИМ ВИРОБНИЦТВОМ

Желдак Т.А., Зіборов І.К.

*Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна*

**Вступ.** Раніше авторами розглянуто двоетапний процес розподілу металу при виробництві сортового прокату, математична модель оптимізації якого була запропонована в роботі [1]. Запропонована математична модель передбачає пошук такої маси металу в ківші й такого її розподілу на зливки на етапі розливки, які б дозволяли на наступних операціях розкрювати передільні заготовки і готову продукцію з останніх, мінімізуючи можливі обрізки і враховуючи поточний розмір замовлення на сортовий прокат. Задача сформульована за наступних припущень:

а) відома кількість блюмів певного перерізу, яку необхідно використати для виготовлення продукції за планом;

б) між виливницями і блюмами встановлена однозначна відповідність, тобто відомо, з якої виливниці метал розкатується у блюм заданого перерізу;

в) кожна передільна заготівка розкрюється на штанги тільки одного розміру, при цьому поділ здійснюється з урахуванням наперед розрахованої методом повного перебору оптимальної довжини передільної заготовки для кожного виду продукції, тобто для кожної довжини передільної штанги.

Оскільки деякі перерізи блюмів передбачають можливість виготовлення з нього не одного виду готового виробу, а відразу кількох, вбачається раціональним максимально використовувати всю довжину отриманого блюма (всю масу налитого злитка), комбінуючи довжини передільних заготовок в різній кількості.

В постановці [1] задача оптимального розливу сталі по виливницях сформульована в межах однієї плавки. Втім розмір замовлення на певну прокатну продукцію з однієї марки сталі може значно перевищувати розмір плавки, відтак перед розв'язанням цієї задачі потрібно здійснити розбиття всього замовлення на частини, кожна з яких може бути виконана за одну плавку. Розширена математична модель, викладена в [2], дозволяє комбінувати виконання паралельно декількох замовлень, обсяг яких може перевищувати об'єм однієї плавки.

**Основний матеріал.** Слід врахувати, що замовлення на практиці вимірюються не в штангах певної довжини, а в тонах готової продукції. Відтак,

реалізація математичної моделі оптимізації розкроювання готової продукції передбачає етап попередньої обробки вихідних даних, на якому:

- 1) з усіх поточних замовлень формується єдине замовлення;
- 2) отримане замовлення, що вимірюється тонами, конвертується в таке, що вимірюється в штангах готової продукції;
- 3) останнє в свою чергу поділяється на декілька частин так, щоб для кожної частини виконувалася умова розв'язності задачі, а саме: маса всіх передільних заготовок з поточної плавки не перевищує маси плавки;
- 4) оцінюється, скільки блюмів і якого перерізу потрібно використовувати для виконання замовлення.

Узагальнюючи викладене, ухвалення рішень про використання металу в процесі виконання замовлень на сортовий прокат здійснюється в модулі «Розливка» проектованої системи підтримки прийняття рішень керування багатоетапним прокатним виробництвом за алгоритмом:

*Крок 1.* Завантаження з модулю «Планування» замовлень, що обробляються сьогодні, з БД «Техпроцес» - таблиць відповідності готової продукції та можливих довжин і перетинів передільної заготовки.

*Крок 2.* Формування єдиного добового замовлення об'єднанням однотипної продукції за типом передільної заготовки (якщо потрібно – маркою сталі). Лічильник плавок  $k = 1$ .

*Крок 3.* Допоки  $k \leq N_d$  (планової добової кількості плавок):

*Крок 3.1.* Отримати з модуля «Розкислення» кількість сталі в ківші.

*Крок 3.2.* Відібрати із загального замовлення частину, яка буде розлита з поточної плавки.

*Крок 3.3.* Розрахувати для кожного виду готової продукції, що виготовляється з поточної плавки, потребу в передільних заготовках.

*Крок 3.4.* Розрахувати кількість для кожного виду готової продукції, що виготовляється з поточної плавки, кількість блюмів і їх вагу.

*Крок 3.5.* Розв'язати задачу оптимізації розливки металу по виливницях у відповідності до (2.11) – (2.23).

*Крок 3.6.* Видати рекомендацію щодо розливки поточної плавки.  $k = k + 1$ .

*Крок 3.7.* Передати дані про розливку і передбачені розкроювання заготовок в модуль «Розкроювання».

*Крок 4.* Завершити роботу модуля.

Викладений алгоритм пройшов тестування на добових планах виконання замовлень ПАТ «ДМЗ» з наступних умов: робота в дві зміни з плановим навантаженням 26 плавок на добу; сукупне замовлення (1536 т) менше

добового обмеження (1560 т).

Аналіз замовлень показав, що замовлення на певний вид продукції та на певну її довжину майже ніколи не буває кратним стандартному розміру плавки (в даному прикладі 60 тон). Відтак виникає необхідність перегрупування замовлень за типом продукції та розкроюванням (впливає на тип передільної заготовки).

Оскільки технологічний процес передбачає обмежену кількість металу, що використовується в межах однієї плавки (від 55 до 60 тон), то велике замовлення цілеспрямованим перебором розбивається на частини так, щоб маса кожної з них не виходила за вказані межі. Алгоритм розбиття розроблений таким чином, щоб на одну плавку приходилося якомога менше типів продукції. На практиці частина добового замовлення може бути не включена до жодної з плавок. Тоді вона додається до замовлення наступного дня.

Оскільки математична модель задачі оптимізації витрат металу у прокатному виробництві передбачає план розкроювання блюмів на першому етапі, вимірюваний в передільних заготівках, то обов'язково для кожного зливка розраховується така кількість цих заготівок відповідної довжини, яка дозволить отримати на другому етапі розкроювання злитків потрібний обсяг продукції. При цьому враховуються знайдені повним перебором оптимальні варіанти довжин передільних заголовків для фасонних профілів типу швелер, що виготовляються прокатним цехом.

Підсумок виконання добового замовлення з використанням запропонованого алгоритму призвів до виконання всіх взятих в роботу замовлень на готову продукцію з середнім перевищенням 1,8%. При цьому запропонований алгоритм, збільшивши кількість плавок із запланованих 26 до 27 за рахунок керування висотою розливу зливків, використовує меншу кількість металу. Загальний витратний коефіцієнт металу з урахуванням обрізання кінців та інших технологічних втрат скорочується на 3-4%.

При цьому чим більшими будуть замовлення на однотипну продукцію, тим відчутнішим буде ефект економії металу на виконання поточного замовлення. Це дозволяє виконувати замовлення на прокатну продукцію точно, не створюючи виробничих запасів і незавершеного виробництва.

**Висновки.** Авторами запропонований алгоритм роботи системи підсистеми розкроювання заготовок СППР керування багатоетапним прокатним виробництвом, що дозволяє паралельне використання замовлень на продукцію різного сортаменту. Наведений алгоритм був застосований для

планування добового навантаження одного з металургійних підприємства Дніпропетровщини. Максимальне перевищення замовлення склало 1,8%, при цьому кількість плавок змінилася з 26 планових до 27 з одночасним зменшенням витратного коефіцієнту металу на 3-4% по різних замовленням.

#### Література

1. Hnatushenko, V.V. Mathematical Model Of Steel Consumption Minimization Considering The Two-Stage Billets Cutting / V.V. Hnatushenko, T.A. Zheldak, L.S. Koriashkina // Natsional'nyi Hirnychiy Universytet. Naukovyi Visnyk, 2021, 2: 118-124. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2021-2/118>
2. Желдак Т.А. Система підтримки прийняття рішень про використання металу в багатоступеневому прокатному виробництві / Т.А. Желдак, Л.С. Коряшкіна, Д.М. Гаранжа, Д.О. Сердюк // «Системні технології» 6 (137) 2021. – С. 85-98. DOI: <https://doi.org/10.34185/1562-9945-6-137-2021-09>

### THE INGOTS CUTTING SUBSYSTEM ALGORITHM FOR THE DECISION SUPPORT MANAGEMENT SYSTEM OF MULTI-STAGE ROLLED PRODUCTION

Zheldak Timur, Ziborov Illia

**Abstract.** The algorithm of the subsystem of ingots cutting for the Decision support management system of multi-stage rolling production is proposed. The algorithm provides the parallel use of orders for products of different assortments. In contrast to previously known solutions, the size of an order for a certain type of finished rolling products can exceed the size of one melt. This solution is considered to be a scientific novelty of the proposed approach and at the same time corresponds to real orders at metallurgical enterprises. The given algorithm was applied to the daily load planning of one of the metallurgical plants in the Dnipropetrovsk Region. A practical test is to demonstrate that the algorithm application to real orders improves the technical and economic indicators of production.

**Keywords:** algorithm, parallel use of orders, ingots, optimization, cutting, ordering, planning, DSMS, two-stage task, billets.

#### References

1. Hnatushenko, V.V. Mathematical Model Of Steel Consumption Minimization Considering The Two-Stage Billets Cutting / V.V. Hnatushenko, T.A. Zheldak, L.S. Koriashkina // Natsional'nyi Hirnychiy Universytet. Naukovyi Visnyk, 2021, 2: 118-124. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2021-2/118>
2. Zheldak T.A. Decision support system for the metal using in multi-stage rolling production / T.A. Zheldak, L.S. Koryashkina, D.M. Garanzha, D.O. Serdyuk // "System Technologies" 6 (137) 2021. - P. 85-98. DOI: <https://doi.org/10.34185/1562-9945-6-137-2021-09>