

УДК 33

Роль автоматизации и роботизации в модернизации производственных предприятий и их экономическое значение

Колосов Виктор Антонович

Магистрант

Российский государственный геологоразведочный университет,
117485, Российская Федерация, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23;
e-mail: kolosov@mgi.ru

Зевелева Елена Александровна

Кандидат исторических наук, профессор,
завкафедрой гуманитарных наук,

Российский государственный геологоразведочный университет,
117485, Российская Федерация, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23;
e-mail: zevelevaea@mgi.ru

Кокунов Константин Андреевич

кандидат исторических наук,

доцент кафедры гуманитарных наук

Российский государственный геологоразведочный университет,
117485, Российская Федерация, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23;
e-mail: kokunovka@mgi.ru

Аннотация

На сегодня автоматизированные системы управления непрерывного разлива (БЛ) стремительным образом развиваются, поскольку процесс изготовления изделий / отливок одного размера из металла в изложнице при массовом производстве давно устарел и наступает «этап непрерывного разлива». Такой процесс изготовления изделий / отливок подходит для цветных металлов и стали. Повышению качества БЛ способствуют новые технологические приемы. Кроме разработки формы-кристаллизатора и сопровождения процесса непрерывного разлива, важное место занимает процесс управления установкой непрерывной разливки, поскольку от этого напрямую зависит один из главных параметров отливок – качество. То есть, нужно грамотное управление, которое позволит осуществлять своевременное и достоверное обнаружение факторов риска. В первую очередь необходимо обеспечить непрерывность работы системы установки непрерывного разлива, обслуживания и наладки оборудования. В статье показывается особенность получения как формальными, так и иными методами несоответствия, которое выражается в виде получения разницы между усадкой отливки и иными параметрами ее производства. При рассмотрении настроек, которые определяют возможность производства подобных отливок, авторы преимущественно говорят о конусности кристаллизатора, которое

определяется возможностью изменения или наличие определенных величин профиля стенок. Дополнительно авторы отмечают роль раствора, который составляет основу поддерживающих роликов. В статье показано, что это приводит непосредственным образом к появлению дефектов. При этом прогнозируемость появления подобного рода дефектов остается зачастую невыясненной. Соответственно, возможность для формирования качественной отливки в процессе технологического получения снижается в значительной степени и влияет на экономическую эффективность производства и соответственно повышает производственные расходы, направленные на исправление полученных дефектов. Авторы показывают также необходимость моделирования процессов на подготовительном этапе становления технологии, которая выделяется тем, что не позволяет управлять процессом непосредственно в процессе получения результатов деятельности. Это говорит о том, что сочетание управленческих и технологических приемов формирует возможность получения отливки более высокого качества чем изготовление деталей без анализа качественного наполнения. В статье показано, что непрерывное литье является сложным нестационарным процессом с множеством взаимосвязанных входных и выходных параметров, характерной особенностью которого является создание температурных деформаций отливки. Авторы показывают, что существует ряд разных методов отливочного контроля (далее - ОК), если в процессе отливки полученные длинные отливки, то их разрезают на заготовки необходимой длины получают различные отливки. Статья определяет, что получение готовых сплавов осуществляется преимущественно из материалов, получаемых из чугуна, медных, сплавов алюминиевого характера.

Для цитирования в научных исследованиях

Колосов В.А., Зевелева Е.А., Кокунов К.А. Роль автоматизации и роботизации в модернизации производственных предприятий и их экономическое значение // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2024. Том 14. № 5А. С. 23-33.

Ключевые слова

Металлопродукция, сверхпрочность, разработка стали, выплавка металла.

Введение

Основной целью исследований является разработка и обоснование комплексных методов технологического воздействия на литье и формирование непрерывнолитых заготовок и слитков, и оборудования для их реализации, обеспечивающих получение высококачественного металла.

В ходе исследования используются методы математического моделирования для подтверждения результатов расчетов. В основу исследования были положены принципы использования моделей физического и математического типа. Основанием для анализа эффективности служили методы статистического анализа. Способ технологического воздействия основывался на определенных выбранных конструктивно-технологических решениях при исследовании каждой ступени технологического процесса [Ulyanov, 1991].

Технология непрерывной отливки (далее – БЛ) стали дает возможность получать отливки (слитки-заготовки), которые в дальнейшем используются для прокатки, прессования иликовки, путем их формирования по мере поступления металла в одну сторону так называемой

изложницы-кристаллизатора, и одновременно с этим удаление с ее противоположной стороны уже частично затвердевшей заготовки [Tereshkin, 2018].

Основное содержание

Расплав после разлива охлаждается с высокой интенсивностью, поэтому происходит его направленная кристаллизация, сопровождающаяся уменьшением неоднородности материала и количества газовых и неметаллических включений в нем.

Для получения качественных отливок нужен комплекс наиболее рационально подобранных мероприятий, которые предупреждают возникновение дефектов.

Формирование качества отливок, полученных БЛ начинается на ранних этапах – подготовка аглошихты (смесь исходных рудных материалов, флюсов и топлива) и в доменном производстве, в процессе выплавки и обработки отливки вне печи.

Выявлено, на появление дефектов чаще всего влияют:

- условия разлива металла;
- технологические условия выплавки и химического состава материала;
- конструкция кристаллизатора и состояние его рабочей поверхности;

На качество отливки значительно влияет скорость разлива и является функцией способности корочки, возникла сопротивляться разнообразным напряжениям. Именно эта способность связана с условиями охлаждения и температурой стали.

В практической части исследования, расчеты будем проводить на базе предприятия «Владимирский завод прецизионных сплавов». Данное предприятие было выбрано по трем критериям – самое большое разнообразие сплавов различной чистоты металлов, инновационность в производстве и постоянная оптимизация качества сплава.

На основании приближенного аналитического решения уравнения теплопроводности для начальной стадии твердения получена оценка зависимости толщины твердой оболочки x от перегрева металла в кристаллизаторе (C – показатель, что характеризует теплоотвод по высоте кристаллизатора, кВт/(м²·с^{0.5}); H – расстояние от зеркала металла по оси заготовки, м), что удовлетворительно согласуется с экспериментальными данными:

$$x = (13,624 \ln(C) - 0,0572 \Delta T - 90,89) \cdot \sqrt{H/w}$$

При выборе температурно-скоростного режима разлива величина X должна удовлетворять условию достаточной прочности оболочки на нижнем срезе кристаллизатора (25-30 мм).

На основании условий теплового и материального балансов кристаллизатора получены уравнения для оценки рациональной скорости вытягивания:

$$w = \bar{q} \cdot \frac{2h_a}{\rho(Rc\Delta T + 2xL)} \cdot \left(1 + \frac{R}{b}\right)$$

где \bar{q} – средний тепловой поток, отводимый от поверхности сляба в кристаллизаторе, Вт/м²; h_a – высота кристаллизатора, м; ρ – плотность стали, кг/м³; b, R – ширина и толщина сляба, м; c – теплоемкость металла, Дж/(кг·К); ΔT – перегрев металла над линией ликвидус, оС; L – теплота кристаллизации, Дж/кг.

Для расчета q использовалась несколько видоизмененная зависимость Е. М. Китаева, в

которой коэффициент a оценивался по результатам проведения исследовательских плавов:

$$\bar{q} = A \cdot \left(\frac{R}{2}\right)^{0,11} \cdot \left(\frac{2\mu}{1+\mu}\right)^{-0,75} \cdot \mu^{0,3} \cdot \left(\frac{h_a}{w}\right)^{0,43}$$

где μ - соотношение сторон поперечного сечения заготовки.

На основании анализа влияния температуры металла в промежуточном ковше на изменение температуры поверхности заготовки (при условиях одинакового режима вторичного охлаждения) установлено, что рациональное значение скорости вытягивания заготовки и величина перегрева металла в промежуточном ковше для различных групп марок стали связаны

эмпирическим соотношением: $(T_{ПК} - T_L)^m \cdot w^n = const$, где m , n – показатели степени варьируются для различных групп марок стали.

Создание параметрической модели необходимо для определения ключевых параметров для конкретного процесса литья и их формализации, что необходимо как при проектировании новых МБЛ, так и для уже работающих агрегатов для оптимизации процесса литья.

Математическое обеспечение процесса непрерывного разлива металла

После ознакомления с выбранной МБЛ были обнаружены следующие множества, влияющие на процесс непрерывного разлива металла:

$$b = (V_p, G_{KP}, P_{ПС}, T_{БЛ}, M_{lv})$$

где V_p – скорость разлива металла;

G_{KP} – геометрические параметры кристаллизатора;

$P_{ПС}$ – положение стопора промковша;

$T_{БЛ}$ – температурные режимы.

M_{lv} – уровень металла в кристаллизаторе.

Каждый из параметров имеет набор своих значений и характеристик, которые объединены в группы.

Скорость разлива металла можно представить как:

$$V_p = \langle W_o, u_o \rangle$$

где W_o – скорость металла на выходе из разливочного отверстия;

u_o – скорость жидкого металла с которой он встречается с поверхностью расплава.

Геометрические параметры кристаллизатора можно представить как:

$$G_{KP} = \langle \Phi_{kp}^i, H_{kp}, F_{kp}, R_{kp} \rangle$$

где $\Phi_{кр}^i$ – форма кристаллизатора, при $i = 1 \dots i$, где i – количество типов форм, например, форма с параллельными стенками, или прямая или обратная конусность для литья металлов;

$H_{кр}$ – высота кристаллизатора;

$F_{кр}$ – площадь поперечного сечения полости кристаллизатора;

$R_{кр}$ – расстояние между противоположными стенками кристаллизатора, которая включает такие характеристики:

$$R_{кр} = \langle R_{кр}^e, R_{кр}^h \rangle$$

где $R_{кр}^e$ – расстояние между противоположными стенками кристаллизатора сверху;

$R_{кр}^h$ – расстояние между противоположными стенками кристаллизатора снизу.

Температурные режимы влияют как на технологию литья, так и на качество получаемой заготовки и можно выразить, как:

$$T_{БЛ} = \langle T_{нк}^M, T_{ск}^M, T_{кЗВО}^M, T_{лк} \rangle$$

где $T_{нк}^M$ – температура металла в промежуточном ковше, °С;

$T_{ск}^M$ – температура металла в сталеразливном ковше, °С;

$T_{кЗВО}$ – температура в конце процесса отверждения, °С;

$T_{лк}$ – температура ликвидус (при которой в равновесных условиях выпадает первый кристалл), °С.

Обеспечение баланса при работе кристаллизатора

В качестве установки БЛ будет рассмотрен кристаллизатор, поскольку он является одним из наиболее важных функциональных узлов, определяющих рациональную работу МБЛ. А также тянущее-правильный агрегат.

Таким образом, чтобы определить ключевые параметры установки, которые влияют на качество заготовки при непрерывном литье необходимо проанализировать аварийные случаи, которые могут случиться и их причины (табл. 1).

Таблица 1 – Основные аварийные ситуации при БЛ

Тип аварийной ситуации	Место аварийной ситуации	Причина	Способ устранения
Разрыв сляба	Кристаллизатор	Большая скорость	Задание скорости в соответствии с диаграммы скорости и ускорения разливки
Деформация толщины корочки	Кристаллизатор	вытягивание слитка	Требуемая скорость розлива ме-

Тип аварийной ситуации	Место аварийной ситуации	Причина	Способ устранения
			талла, что зависит от сечения кристаллизатора и проходного сечения дозатора промковша
Деформация сляба	Кристаллизатор	Уровень металла	Расстояние между роликами по толщине заготовки или конструктивные особенности механизма качания
Переливание стали через края кристаллизатора	Кристаллизатор	Чрезмерное качание кристаллизатора	Регулировка положения стопора промковша
Деформация слитка	Тянущие- правильный агрегат	Нарушение регулировки положения стопора промковша	Задание скорости в соответствии с диаграммой скорости и ускорения разливки

Таким образом, проанализировав причины, определяем, что необходимо выбрать такие параметры для управления:

1) Скорость разлива металла, потому что этот параметр влияет на:

- частоту колебаний;
- амплитуду колебаний;
- форму колебаний (синусоидальная / несинусоидальная).

2) уровень металла в кристаллизаторе.

При управлении уровнем металла в кристаллизаторе необходимо соблюдать:

- перемещения стопора (скользящего затвора) промковша должны быть минимальными;
- не допускать пульсацию струи металла, поступающего в кристаллизатор в процессе разливки;

- непрерывный поток (струя) металла в ходе разливки;

- стабилизация уровня металла в кристаллизаторе.

Уровень металла в кристаллизаторе необходимо стабилизировать с меньшим значением площади регулировки, без статической погрешности, или с ошибкой, не превышающей: $\pm 15 - 20$ мм на МБЛ, для отливки мелкосортной заготовки (круглая диаметром $10 \div 19$ мм; квадратная со стороной квадрата $10 \div 19$ мм; полосная шириной $12 \div 45$ мм включительно и т. п.); $\pm 5 - 10$ мм на МБЛ для отливки слябов (толстая стальная пластина) [7].

3) Положение стопора промковша.

Все эти параметры влияют на получение необходимой толщины корочки, которая является оболочкой будущего слитка.

Для оценки положения границы перехода зоны столбчатых кристаллов в равновесную была использована модель Ханта:

$$G/V^{1/2} < 0,617 \cdot N_0^{1/3} \cdot (C_0/A)^{1/2} = C_{ET},$$

где G – градиент температуры на конце дендриту, К/м; V – линейная скорость кристаллизации, м/с; N_0 – числовая плотность зародышей (м⁻³); C_0 – концентрация

растворенного элемента, %масс; $A = \frac{D}{(8m(k-1)\Gamma)}$; D – коэффициент диффузии растворенного элемента (углерода), м²/с; m – наклон кривой ликвидуса; k – коэффициент

распределения; Γ – константа Гиббса-Томсона; СЕТ – критерий, что определяет условие перехода столбчатой зоны в равновесную.

На основании предположения о малой толщине двухфазной зоны для верхней части зоны вторичного охлаждения, установлено следующее соотношение для оценки температуры поверхности заготовки, при котором возможен переход столбчатой зоны в равновесную:

$$T_{нов} > T_L - 2(\lambda / (\rho L))^2 \cdot z / w \cdot C_{ET}.$$

Для уточнения теплового режима был использован критерий оптимальности, аналогичный известным решением

$$J_T(\vec{\alpha}) = \int_0^{z_{max}} \{w_1 |\alpha(z)|^2 + w_2 \max(0, \alpha(z) - \bar{\alpha})^2 + w_3 \min(0, \alpha(z) - \underline{\alpha})^2 + \\ + w_4 |T^*(z) - T(z)|^2 + w_5 \max(0, T(z) - \bar{T}^*(z))^2 + w_6 \min(0, T(z) - \underline{T}^*(z))^2\} dz + \\ + \sum_{i=1}^9 w_i' (\bar{T}_i - T_i') \rightarrow \min$$

где z – расстояние от мениска вдоль оси заготовки, м; $w_1 \dots w_6, w_1' \dots w_9'$ – весовые коэффициенты; $\alpha(z), \bar{\alpha}, \underline{\alpha}$ – текущее значение коэффициента теплоотдачи, его максимально и минимально допустимые значения, Вт/(м²·К); $T, T^*, \bar{T}^*, \underline{T}^*$ – соответственно текущая, оптимальная, максимально и минимально допустимая температура поверхности заготовки для данного сечения, К; \bar{T}_i, T_i' – максимальная температура в секции, температура в начальной точке секции, К; i – индекс секции

Рассмотрим на примере предприятия расчеты экономической эффективности от метода непрерывного литья заготовок на базе «Владимирского завода прецизионных сплавов», как крупнейшего по количеству разнообразных сплавов металлов разной категории и чистоты.

Рассчитаем годовой доход, который получит предприятие «Владимирский завод прецизионных сплавов» в связи с улучшением качества сплава.

Во-первых, сократится брак в процессе производства, связанный с менее точными расчетами состава сплава металла. Согласно отчетам отдела качества за 2018 год, процент брака в процессе производства составляет 25%. Потери в абсолютном выражении составляют 24569 тыс. руб в 2018 году. Таким образом расходы имеют тенденцию к сокращению на величину 6142 тыс. руб. Объем получается при сопоставлении потерь от возможного брака (24569 тыс. руб. х 0,25=6142).

Как следствие повышения качества изделий будет сокращено количество получаемых рекламаций. Снижение ожидается на 50% по итогам отчетного периода. Соответственно тенденция к повышению за 2020 год будет определяться уровнем 50% приращения (х 50% = 12451 тыс. руб. х 50% = 6225,50 тыс. руб.). При этом совокупный доход за период до года составит величину 6142 тыс. руб. + 6225,50 тыс. руб. = 12367,50 тыс. руб.

Производственная мощность АО «Владимирский завод прецизионных сплавов» по всем видам деятельности составляет 93,1 тыс. тон продукции в год. На предприятии осуществляется

непрерывный режим работы, поэтому номинальный фонд времени совпадает с календарным.

Заключение

Был проведен анализ в области непрерывного разлива, определено, что чаще всего непрерывное литье используется для получения высококачественных заготовок, которые имеют достаточно высокую точность размеров, чистую поверхность, плотное строение без усадочных дефектов, малое содержание газов. На базе проведенного анализа были определены главные факторы, которые влияют на качество заготовки – кристаллизатор (качания кристаллизатора, уровень мениска) и положение стопорного крана (переливания стали за край кристаллизатора).

Доказано влияние температуры на качество итогового сплава при технологии непрерывного литья. Выявлены основные параметры, влияющие на качество заготовки по технологии непрерывного литья - скорость разлива металла, положение стопора промковша, температурные режимы, уровень металла в кристаллизаторе. Был рассчитан универсальный тепловой режим для различных металлов, дающий при литье заготовку максимального качества. Доказана важность вторичного охлаждения заготовки, а также рассчитано уравнение минимизации химической макронеоднородности после затвердевания.

Использование полученных расчетов в ходе работы позволяет получить на выходе при непрерывном способе литья качественную однородную заготовку стабильно высокого качества.

Библиография

1. Abramov, R. A., Sokolov, M. S., & Derevianko, S. V. (2019). Research of properties of modern construction materials based on industrial waste, waste wood and metallurgical industries. *Key Engineering Materials*, 802, 113–124. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.802.113>
2. CHENG, Y.Q., CHEN, Z.H., XIA, W.J. "Drawability of AZ31 magnesium alloy sheet produced by equal channel angular rolling at room temperature", *Materials Characterization* v., n. pp.617-622, 2007.
3. Egorov V. V. Development of technologies for metal supply to a two-roll CRI-stallizer / V. V. Egorov, B. A. Korotkov, V. N. Gushchin // *Procurement in mechanical engineering*. 2003. No. 10. - Pp. 39-41.
4. Gribust, I. (2019). Environmental elements for revitalization of entomophages in the forest plantations of the arid zone. *World Ecology Journal*, 9(1), 55-69. <https://doi.org/https://doi.org/10.25726/NM.2019.86.67.004>
5. Kitaev E. M. Improvement of the direction of hardening of steel ingots weighing 1.2 tons / E. M. Kitaev, V. N. Gushchin, M. A. Larin // *Izvestiya vuzov. Ferrous metallurgy*. 1986. No. 2. - Pp. 82-85
6. Shashkova A.V. Corporations and the State: Emerging of the Problem of Corporate Liabilit. *Opción*, Año 34, Especial No.14 (2018):432-458.
7. Sivkov V. L. Extracellular treatment of metal melts in dispensing and pouring ladles: Monograph/ V. L. Sivkov, V. A. Ulyanov, V. N. GU-shchin.- N. Novgorod: NSTU, 2019. - 192 p.
8. SMERD, R., WINKLER, S., SALISBURY, C., et al. "High strain rate tensile testing of automotive aluminum alloy sheet", *International Journal of Impact Engineering*, v. 32, n. 1, pp.541-560,2005.
9. TAN, M., LIU, Z.M., QUAN, G.F. "Effects of Hot Extrusion and Heat Treatment on Mechanical Properties and Microstructures of AZ91 Magnesium Alloy", *Advanced Materials Research*, v. 562, n. pp.242-245,2017.
10. Tereshkin, A. (2018). Specificity of optimization of recreational potential Forest park (on the example of the green zone of Saratov). *World Ecology Journal*, 8(2), 60-70. <https://doi.org/https://doi.org/10.25726/NM.2018.2.2.006>
11. Ulyanov V. A. Modeling of ingot crystallization in the mill under external dynamic influences. *Izvestiya an. Metals*. No. 2. 1991. - Pp. 51-54.
12. Glushenkova S.G. Mastering the production of blanks for gas-turbine engines and power units in the 200 mm die-forging press. *Metallurgist*. 2018;61:870–872.
13. Rutskaa D.V., Zyuban N.A., Chubukov M. Yu. Features of structure and solidification of extended double ingots for hollow forgings. part 2. *Metallurgist*. 2018;60:156–163.
14. Mintz B., Crowther D.N. Hot ductility of steels and its relationship to the problem of transverse cracking in continuous casting. *Int. Mater. Rev.* 2020;55:168–196.

15. Schlesselmann D., Nikanorov A., Nacke B., Galunin S., Schon M., Yu Z. Numerical calculation and comparison of temperature profiles and martensite microstructures in induction hardening processes. *International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics*. 2017. Vol. 44. Iss. 2, p. 137-145.
16. Schulze M., Baake E. Tailored heating of billets for hot forming using induction and conduction heating approaches, *Proceedings of the International Conference on Heating by Electromagnetic Sources*. Padua, Italy. May 22-24. 2019, p. 197-202.
17. Schulze M., Nacke B., Nikanorov A. Design of a one-sided transverse flux induction coil by using a numerical optimization algorithm, 9th international conference on Electromagnetic Processing of Materials EPM 2018. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 424. N 012065.
18. Spitans S., Franz H., Baake E. A new technology for large scale electromagnetic levitation melting and casting of metals. Part I: Simulation. *Proceedings of the Liquid Metal Processing & Casting Conference 2017*. Philadelphia (PA), USA, September 10-13. 2017, p. 265-272.
19. Fu, J.W.; Qiu, W.X.; Nie, Q.Q.; Wu, Y.C. Precipitation of TiN during solidification of AISI 439 stainless steel. *J. Alloys Compd.* 2017, 699, 938–946.
20. Sawicki, S.; Dyja, H.; Kawalek, A.; Knapinski, M.; Kwapisz, M.; Laber, K. High-Temperature Characteristics of 20MnB4 and 30MnB4 Micro-Addition Cold Upsetting Steels and C45 and C70 High-Carbon-Steels. *Metalurgija* 2018, 55, 643–646.
21. Fujimura, T.; Takeshita, K.; Suzuki, R.O. Mathematical analysis of the solidification behavior of multi-component alloy steel based on the heat- and solute-transfer equations in the liquid–solid zone. *Int. J. Heat Mass Tran.* 2019, 130, 797–812.

The role of automation and robotization in the modernization of manufacturing enterprises and their economic significance

Viktor A. Kolosov

Master student,
Russian State Geological Prospecting University,
117485, 23, Miklukho-Maklaya str., Moscow, Russian Federation;
e-mail: kolosov@mgri.ru

Elena A. Zeveleva

PhD in History, Professor,
Head of the Department of Humanities,
Russian State Geological Prospecting University,
117485, 23, Miklukho-Maklaya str., Moscow, Russian Federation;
e-mail: zevelevaea@mgri.ru

Konstantin A. Kokunov

PhD in History
Associate Professor of the Department of Humanities
Russian State Geological Prospecting University,
117485, 23, Miklukho-Maklaya str., Moscow, Russian Federation;
e-mail: kokunovka@mgri.ru

Abstract

Today, automated continuous casting (BL) control systems are rapidly developing, since the process of manufacturing products/castings of the same size from metal in a mold during mass

production has long been outdated and the “continuous casting stage” is approaching. This product/casting process is suitable for non-ferrous metals and steel. New technological techniques contribute to improving the quality of BL. In addition to developing a crystallizer mold and supporting the continuous filling process, the process of managing a continuous casting installation occupies an important place, since one of the main parameters of castings - quality - directly depends on this. That is, competent management is needed, which will allow timely and reliable detection of risk factors. First of all, it is necessary to ensure the continuity of operation of the continuous filling installation system, maintenance and adjustment of equipment. The article shows the peculiarity of obtaining non-conformity using both formal and other methods, which is expressed in the form of obtaining the difference between the shrinkage of the casting and other parameters of its production. When considering the settings that determine the possibility of producing such castings, the authors mainly talk about the taper of the mold, which is determined by the possibility of changing or the presence of certain values of the wall profile. Additionally, the authors note the role of the solution, which forms the basis of the support rollers. The article shows that this directly leads to the appearance of defects. At the same time, the predictability of the occurrence of such defects often remains unclear. Accordingly, the possibility of forming a high-quality casting during the technological production process is reduced to a significant extent and affects the economic efficiency of production and, accordingly, increases production costs aimed at correcting the resulting defects. The authors also show the need to model processes at the preparatory stage of technology development, which is distinguished by the fact that it does not allow the management of processes directly in the process of obtaining business results. This suggests that the combination of management and technological techniques creates the possibility of obtaining a casting of higher quality than the production of parts without analyzing the quality filling. The article shows that continuous casting is a complex unsteady process with many interconnected input and output parameters, a characteristic feature of which is the creation of temperature deformations of the casting. The authors show that there are a number of different methods of casting control (hereinafter - OK), if long castings are obtained during the casting process, then they are cut into blanks of the required length and various castings are obtained. The article determines that the production of finished alloys is carried out mainly from materials obtained from cast iron, copper, and aluminum alloys.

For citation

Kolosov V.A., Zeveleva E.A., Kokunov K.A. (2024) Rol' avtomatizatsii i robotizatsii v modernizatsii proizvodstvennykh predpriyatii i ikh ekonomicheskoe znachenie [The role of automation and robotization in the modernization of manufacturing enterprises and their economic significance]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 14 (5A), pp. 23-33.

Keywords

Metal products, super strength, steel development, metal smelting.

References

1. Abramov, R. A., Sokolov, M. S., & Derevianko, S. V. (2019). Research of properties of modern construction materials based on industrial waste, waste wood and metallurgical industries. *Key Engineering Materials*, 802, 113–124. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.802.113>

2. CHENG, Y.Q., CHEN, Z.H., XIA, W.J. "Drawability of AZ31 magnesium alloy sheet produced by equal channel angular rolling at room temperature", *Materials Characterization* v., n. pp.617-622, 2007.
3. Egorov V. V. Development of technologies for metal supply to a two-roll CRI-stallizer / V. V. Egorov, B. A. Korotkov, V. N. Gushchin // *Procurement in mechanical engineering*, 2003. No. 10. - Pp. 39-41.
4. Gribust, I. (2019). Environmental elements for revitalization of entomophages in the forest plantations of the arid zone. *World Ecology Journal*, 9(1), 55-69. <https://doi.org/https://doi.org/10.25726/NM.2019.86.67.004>
5. Kitaev E. M. Improvement of the direction of hardening of steel ingots weighing 1.2 tons / E. M. Kitaev, V. N. Gushchin, M. A. Larin // *Izvestiya vuzov. Ferrous metallurgy*. 1986. No. 2. - Pp. 82-85
6. Shashkova A.V. Corporations and the State: Emerging of the Problem of Corporate Liabilit. *Opción*, Año 34, Especial No.14 (2018):432-458.
7. Sivkov V. L. Extracellular treatment of metal melts in dispensing and pouring ladles: Monograph/ V. L. Sivkov, V. A. Ulyanov, V. N. GU-shchin.- N. Novgorod: NSTU, 2019. - 192 p.
8. SMERD, R., WINKLER, S., SALISBURY, C., et al. "High strain rate tensile testing of automotive aluminum alloy sheet", *International Journal of Impact Engineering*, v. 32, n. 1, pp.541-560,2005.
9. TAN, M., LIU, Z.M., QUAN, G.F. "Effects of Hot Extrusion and Heat Treatment on Mechanical Properties and Microstructures of AZ91 Magnesium Alloy", *Advanced Materials Research*, v. 562, n. pp.242-245,2017.
10. Tereshkin, A. (2018). Specificity of optimization of recreational potential Forest park (on the example of the green zone of Saratov). *World Ecology Journal*, 8(2), 60-70. <https://doi.org/https://doi.org/10.25726/NM.2018.2.2.006>
11. Ulyanov V. A. Modeling of ingot crystallization in the mill under external dynamic influences. *Izvestiya an. Metals*. No. 2. 1991. - Pp. 51-54.
12. Glushenkova S.G. Mastering the production of blanks for gas-turbine engines and power units in the 200 mm die-forging press. *Metallurgist*. 2018;61:870–872.
13. Rutsikii D.V., Zyuban N.A., Chubukov M. Yu. Features of structure and solidification of extended double ingots for hollow forgings. part 2. *Metallurgist*. 2018;60:156–163.
14. Mintz B., Crowther D.N. Hot ductility of steels and its relationship to the problem of transverse cracking in continuous casting. *Int. Mater. Rev.* 2020;55:168–196.
15. Schlesselmann D., Nikanorov A., Nacke B., Galunin S., Schon M., Yu Z. Numerical calculation and comparison of temperature profiles and martensite microstructures in induction hardening processes. *International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics*. 2017. Vol. 44. Iss. 2, p. 137-145.
16. Schulze M., Baake E. Tailored heating of billets for hot forming using induction and conduction heating approaches, *Proceedings of the International Conference on Heating by Electromagnetic Sources*. Padua, Italy. May 22-24. 2019, p. 197-202.
17. Schulze M., Nacke B., Nikanorov A. Design of a one-sided transverse flux induction coil by using a numerical optimization algorithm, 9th international conference on Electromagnetic Processing of Materials EPM 2018. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018. Vol. 424. N 012065.
18. Spitan S., Franz H., Baake E. A new technology for large scale electromagnetic levitation melting and casting of metals. Part I: Simulation. *Proceedings of the Liquid Metal Processing & Casting Conference 2017*. Philadelphia (PA), USA, September 10-13. 2017, p. 265-272.
19. Fu, J.W.; Qiu, W.X.; Nie, Q.Q.; Wu, Y.C. Precipitation of TiN during solidification of AISI 439 stainless steel. *J. Alloys Compd.* 2017, 699, 938–946.
20. Sawicki, S.; Dyja, H.; Kawalek, A.; Knapinski, M.; Kwapisz, M.; Laber, K. High-Temperature Characteristics of 20MnB4 and 30MnB4 Micro-Addition Cold Upsetting Steels and C45 and C70 High-Carbon-Steels. *Metalurgija* 2018, 55, 643–646.
21. Fujimura, T.; Takeshita, K.; Suzuki, R.O. Mathematical analysis of the solidification behavior of multi-component alloy steel based on the heat- and solute-transfer equations in the liquid–solid zone. *Int. J. Heat Mass Tran.* 2019, 130, 797–812.