

УДК 550.34.03.25

Ю.П.Таран, інженер

ПАО «Запорожский алюминиевый комбинат»

А.Н.Николаенко, проф., канд. тех. наук

Запорожская государственная инженерная академия

Способ управления формированием алюминиевой заготовки

Процесс формирования заготовки при непрерывном литье алюминия на машине роторного типа с последующей прокаткой полученного слитка, характеризуется нестабильностью. Она вносится как работой прокатного стана, так литейной машины. Разработка способа управления формированием алюминиевой заготовки является актуальной задачей при совершенствовании системы управления этими металлургическими агрегатами.

алюминиевая катанка, система управления литейно-прокатным модулем

Производство алюминиевой катанки методом непрерывного литья и проката металла является одним из самых эффективных способов получения данной продукции. Процесс непрерывного литья алюминия характеризуется получением заготовки неограниченной длины. Благодаря непрерывности литья при кристаллизации алюминия достигается полная равномерность структуры слитка по его длине, повышается качество металла. Однако эти показатели хуже, чем у металла, подвергнутого последующей обработке давлением, т.е. прокатке. Возникла реальная необходимость объединить процессы непрерывного литья и прокатки в одном агрегате – литейно-прокатном модуле, ЛПМ.

Литейно-прокатный модуль – это технологический агрегат, объединяющий в себе два независимых устройства. Первое – это литейная машина роторного типа 1, на которой реализуется направленный процесс слиткообразования, а второе – прокатный стан 3, где из полученной заготовки 2 вытягивается алюминиевая катанка. После прокатки, катанка попадает на автоматизированное наматывающее устройство 4, где формируются бунты заданного веса, рис.1.

Непременным условием процесса непрерывного литья и проката алюминия является соблюдение закона постоянства секундных объёмов металла, проходящего через литейное колесо и клетки прокатного стана. Поэтому скорости движения отлитой заготовки после литья V_l и до проката V_{ex} должны быть одинаковы

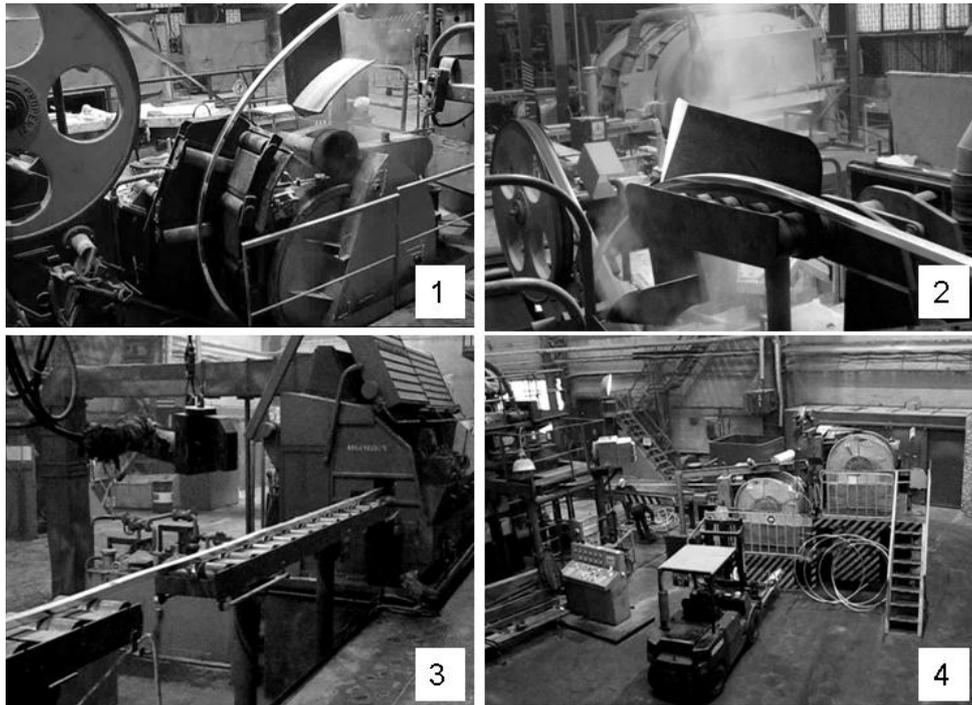
$$V_l = V_{ex} . \quad (1)$$

Однако воздействие возмущающих факторов литья и проката на формирование отлитой заготовки нарушает это правило и средняя длина заготовки изменяется на величину отклонения длины заготовки Δl_n :

$$\Delta l_n = (V_l - V_{ex})t_z , \quad (2)$$

где t_z - время прохождения металлом участка от литейной машины до

прокатного стана.



1 – литейная машина; 2 – полученная заготовка; 3 – прокатный стан;
4 – устройство для намотки катанки

Рисунок 1 – Технологическая линия по производству алюминиевой катанки компании «Continuous Properzi S.P.A.»

При отклонении длины заготовки от базового значения, существующие одноконтурные системы управления ЛПМ автоматически осуществляют управляющие воздействия на электропривод прокатного стана. В результате скорость проката изменяется пропорционально отклонению длины заготовки, без учета параметров возмущений. Возникают ускорения привода стана. Ускорения привода стана приводят к сбоям в работе устройства для намотки катанки и значительной потере производительности линии в целом [1, 2].

Проведены исследования: влияния теплообменных процессов в литейной машине на формирование длины получаемого слитка; влияния работы прокатного стана на отклонение длины заготовки; взаимного влияния литейной машины и прокатного стана при непрерывном литье и прокате алюминия. Цель изысканий – формализация возмущающих воздействий литья и проката на отклонение длины заготовки в виде математического описания.

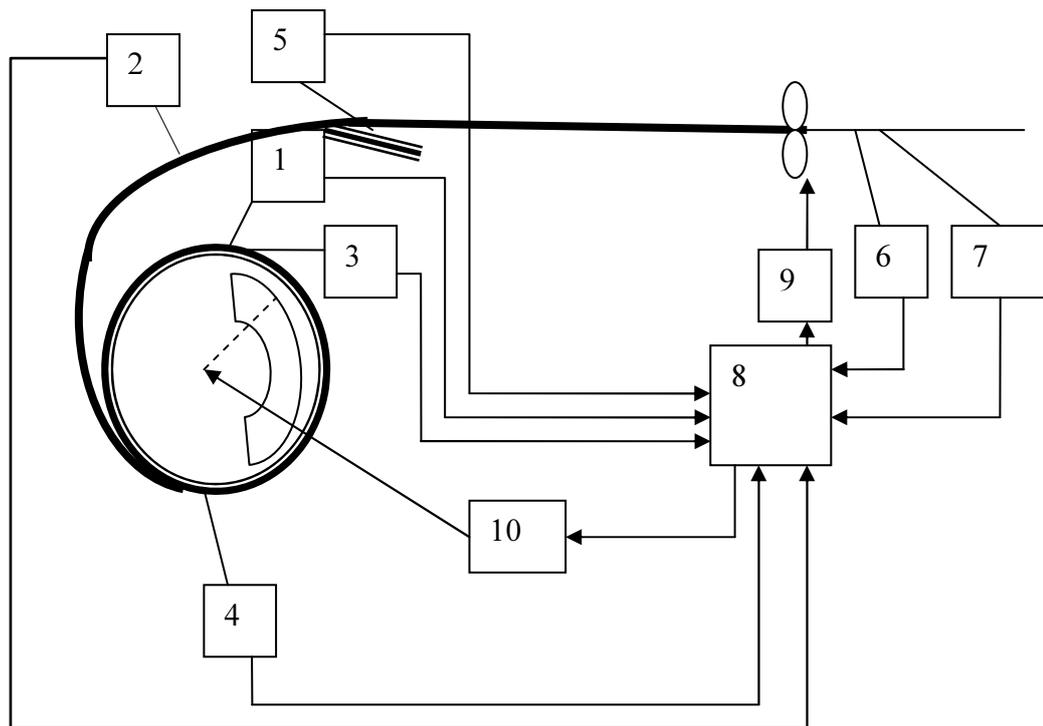
По результатам исследований созданы математическое описание и компьютерная модель, которые имитируют процесс формирования заготовки. Обобщёнными параметрами возмущений приняты линейная усадка для процесса литья и коэффициент вытяжки для процесса прокатки [3, 4]. Линейная усадка определяется скоростью изменения избыточной температуры слитка по его длине. Коэффициент вытяжки вычисляется как отношение площади сечения катанки на выходе прокатного стана к сечению отлитой заготовки. Учтено влияние изменений площади сечения катанки на обороты электропривода прокатного стана.

С помощью модели проведены измерения отклонения длины при изменении рабочих температур литейной машины и диаметра катанки в рамках технологического

допуска. Результаты моделирования сравнивались с измерениями линейной усадки и отклонением длины заготовки на ЛПМ компании «Continuous Properzi S.P.A.» и показали полную идентичность.

Для решения задачи компенсации воздействия возмущений процесса литья и проката на работу ЛПМ разработан новый способ управления агрегатом. Длина заготовки корректируется изменением угловой скорости электропривода прокатного стана при стабильных оборотах литейного колеса. Регулирование оборотов электропривода прокатного стана происходит не только по отклонению длины заготовки от базового значения, но в зависимости от появления линейной усадки металла в изложнице и изменений общего коэффициента вытяжки всех клеток прокатного стана.

Комбинированная система автоматического регулирования, реализующая предложенный способ управления изображена на рис.3. Процесс управления по разработанному способу происходит следующим образом. При пуске ЛПМ программа логического контроллера 8 устанавливает такое соотношение угловых скоростей электроприводов литейного колеса 10 и прокатного стана 9, при котором длина заготовки приводится к базовому значению. При изменении длины заготовки, программируемый контроллер получает соответствующий сигнал рассогласования от углового датчика положения 5 и формирует управляющее воздействие на электропривод прокатного стана, который увеличивает или уменьшает скорость движения заготовки на входе в прокатный стан, пока длина ее не достигнет базового значения.



1 – термопара для измерения температуры жидкого алюминия на входе в литейное колесо; 2 – пирометр для измерения температуры отлитой заготовки; 3 – пирометр для измерения температуры изложницы в начале литья; 4 – пирометр для измерения температуры изложницы при выходе металла из изложницы; 5 – угловой датчик положения заготовки; 6 – лазерный датчик толщины катанки; 7 – датчик скорости катанки на выходе из прокатного стана; 8 – программируемый логический контроллер; 9 – электропривод прокатного стана; 10 – электропривод литейного колеса

Рисунок 2 – Комбинированная САР для управления длиной заготовки

Если условия работы литейной машины привели к появлению линейной усадки, о чем свидетельствуют показания термомпары 1 и пирометров 2, 3, 4, контроллер формирует величину корректирующего воздействия на электропривод стан, в соответствии с рассчитанным значением таким образом, чтобы длина заготовки вернулась в заданное положение.

Когда условия работы прокатного стана приведут к изменению диаметра катанки, на входе программируемого логического контроллера изменятся сигналы с датчиков толщины 6 и скорости движения катанки 7. Контроллер рассчитает скорость заготовки на входе в прокатный стан и по ее значению скорректирует сигнал управления скоростью валков таким образом, чтобы длина заготовки осталась постоянной. Все неточности в регулировании длины заготовки, которые возникнут в течение корректирующих действий контроллера, исправляются им за сигналом углового датчика положения заготовки. Приоритет использования способа защищен патентом [5].

Действующая на Запорожском алюминиевом комбинате система автоматического регулирования (САР) длины заготовки является одноконтурной и работает по ПИ-закону. В отличие от существующей, разработанная система регулирования предусматривает формирование при возникновении возмущений дополнительного сигнала в канал управления. Это возможно благодаря тому, что $\Delta l_n(2)$ является зависимой от величины управляющего воздействия – скорости электропривода прокатного стана [4].

Разработаны компьютерные модели одноконтурной САР и комбинированной системы управления. Проведено моделирование их работы в диапазоне рабочих температур заготовки от 450°C до 526°C и изложницы от 130°C до 150°C. Диаметр катанки изменялся от 9,8 мм до 9,5 мм. Сравнение качества регулирования показало, что при использовании комбинированной САР, в отличие от одноконтурной САР, время переходного процесса в 40 раз меньше и в 10 раз меньше максимальное динамическое отклонение. При этом изменение управляющего воздействия имело следующий характер, рис.3. На рисунке видно, что комбинированная САР (график 2) выходит на необходимую скорость вращения электропривода раньше, чем одноконтурная САР (график 1).

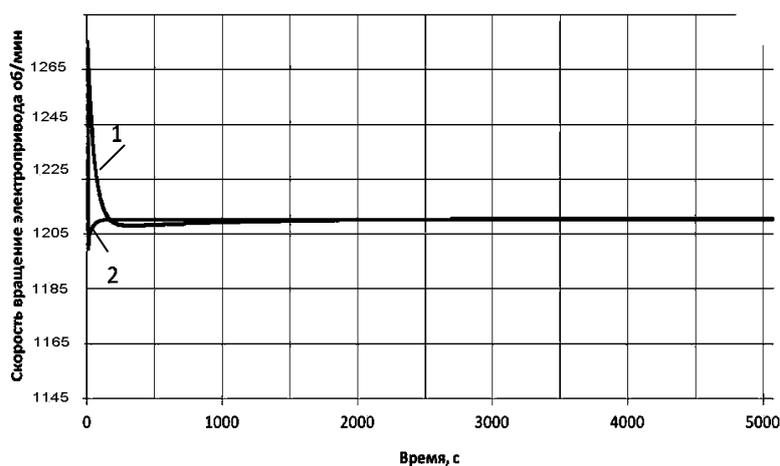
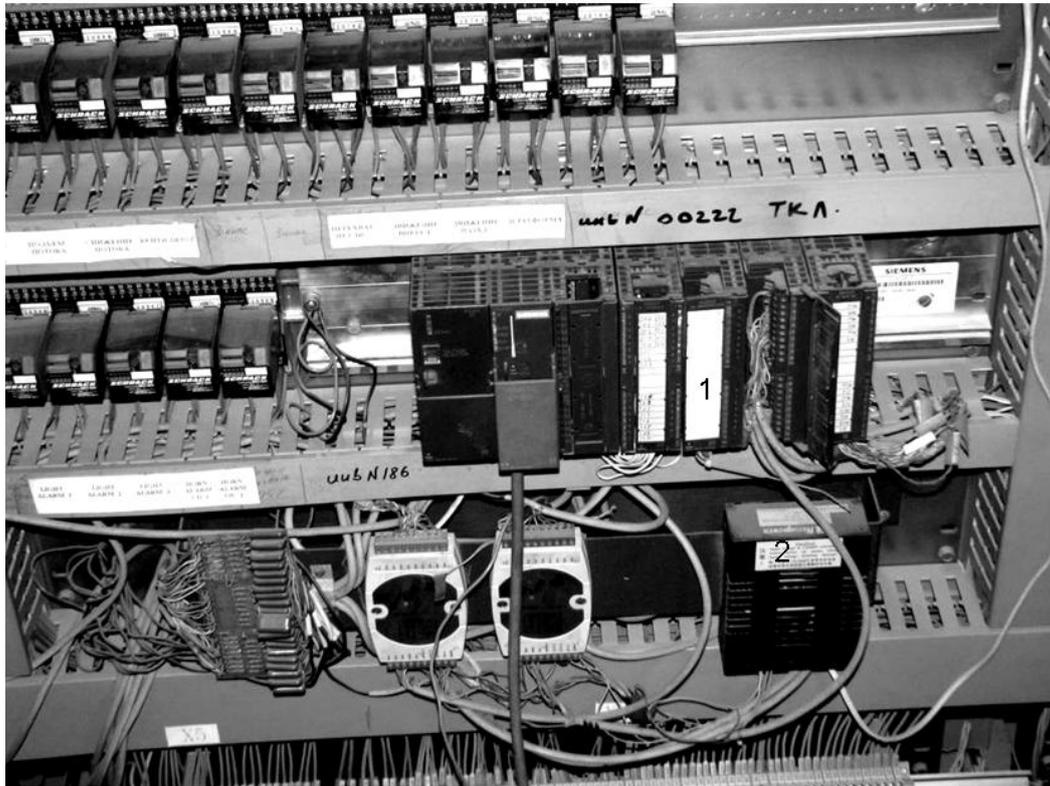


Рисунок 3 – Управляющее воздействие на привод прокатного стана одноконтурной САР – 1 и комбинированной САР – 2

Для промышленной реализации разработанного способа управления ЛПМ создан технологический контроллер линии (ТКЛ), который управляет приводами

постоянного тока литейного колеса и прокатного стана. ТКЛ собран на модулях серии S7-300 фирмы Siemens, с программным обеспечением на базе STEP7, также изготовлена и введена в эксплуатацию информационно-измерительная система «Объект», рис. 4 [6,7].



1 – контроллер ТКЛ, 2 – информационно-измерительная система «Объект»

Рисунок 4– Контроллер ТКЛ и информационно-измерительная система «Объект» в шкафу управления ЛПМ

Качество регулирования системы управления литейно-прокатным модулем в первую очередь определяется производительностью технологической линии в целом. Эффективность разработанного способа управления определялась сравнением стандартных отклонений длины заготовки и оборотов привода стана при использовании как одноконтурной САР, так и комбинированной системы управления. По полученным результатам измерений установлено, что применение разработанного способа обеспечивает уменьшение стандартного отклонения длины заготовки в 1,57 раза, а стандартного отклонения оборотов привода прокатного стана в 5 раз.

Снижение ускорений привода прокатного стана положительно сказывается на производительности линии в целом, что подтверждает статистический анализ сбоев в работе наматывающего устройства. После внедрения контроллера ТКЛ, при производстве катанки диаметром 9,8 мм, за период с 01.12.2012 по 23.01.2012, получены следующие результаты: откатано и намотано 1368 бунт, зафиксировано 9 сбоев, коэффициент сбойности $K_{сб} = 152$ (1 сбой на 152 бунты). При старом способе управления, $K_{сб} = 24$.

Теоретические и экспериментальные исследования показывают, что качество управления литейно-прокатным модулем значительно улучшается при использовании разработанной комбинированной САР. Применение разработанного способа управления позволило увеличить производительность технологической линии по производству алюминиевой катанки на 3 %.

Список литературы

1. Таран Ю.П. Совершенствование управления скоростными режимами работы технологической линии по производству катанки / Ю.П.Таран, А.Н Николаенко // Запорожье: Metallurgia. Научные труды ЗГИА. – 2007. – №16. – С. 139 - 144.
2. Таран Ю.П. Исследования динамических режимов процесса литья и проката на технологической линии по производству алюминиевой катанки / Ю.П.Таран, А.Н Николаенко // Одесса. Доклады 15 международной конференции по автоматическому управлению. – 2008. – С.586 – 590.
3. Таран Ю.П. Исследование температурных деформаций алюминиевой заготовки при её непрерывном литье / Ю.П.Таран, А.Н Николаенко // Запорожье: Metallurgia. Научные труды ЗГИА. – 2010. – № 22. – С. 174–181.
4. Таран Ю.П., Исследования влияния работы прокатного стана на формирование заготовки при непрерывном литье алюминия / Ю.П.Таран, А.Н Николаенко // Запорожье: Metallurgia. Сборник научных трудов. – 2011. – № 22. – С. 191–196.
5. Таран Ю.П. Способ управления формированием алюминиевой заготовки. / Ю.П.Таран, А.Н Николаенко. – Патент № 69836 на полезную модель.
6. Таран Ю.П. Локальная информационно-измерительная система для контроля параметров технологического процесса / Ю.П.Таран, А.Н Николаенко // Запорожье: Metallurgia. Сборник научных трудов. – 2007. – № 16. – С. 145–146.
7. Таран Ю.П. Информационно-измерительные системы «Объект» для мониторинга зданий и сооружений / Ю.П.Таран // Современные проблемы строительства. – Донецк: 2007. – С. 245–250.

Ю.Таран, А.Николаенко

Спосіб управління формуванням алюмінієвої заготовки

Процес формування заготовки при безперервному литті алюмінію на машині роторного типу з подальшою прокаткою отриманого злитка, характеризується нестабільністю. Вона вноситься роботою як прокатного стану, так і ливарної машини. Розробка способу управління формуванням алюмінієвої заготовки є актуальною задачею при вдосконаленні системи управління цими металургійними агрегатами.

U. Taran, A. Nikolaenko

A new way to control the formation of aluminum billet

The process of billet forming during the uninterrupted aluminum casting on a rotor-type machine with the further rolling of the obtained ingot is characterized by instability, which is introduced by the operation of the rolling mill and casting machine. Development of ways to control the formation of aluminum billet is an important task for improving the performance of these metallurgical units.

Одержано 14.09.12