

УДК 621.771

РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНОГО БАЛАНСА ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ АЛЮМИНИЕВОЙ ПОЛОСЫ НА ЛИТЕЙНО-ПРОКАТНОМ АГРЕГАТЕ

Игорь Александрович Лысина⁽¹⁾

Студент 4 курса⁽¹⁾, специалитет

кафедра «Оборудование и технологии прокатки»

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель: С.Б. Арюлин,

старший преподаватель кафедры «Оборудование и технологии прокатки»

Температурный режим прокатки является важным технологическим параметром, определяющим условия реализации процесса горячей обработки металлов давлением. Во многом он определяется конструктивными особенностями стана – расположением основного технологического оборудования, техническими характеристиками его основных агрегатов и вспомогательного оборудования. Вместе с тем, температурный режим прокатки оказывает существенное влияние на механические свойства, сопротивление деформации, структуру и качество проката. Особое значение ему придают в литейно-прокатных агрегатах (ЛПА), в которых получение непрерывно литой заготовки и ее прокатки совмещены в едином непрерывном процессе. В этом случае горячая прокатка ведется за счет использования тепла металла, непрерывно выходящего из кристаллизатора машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) обычно без дополнительного его нагрева. Учитывая, что при совмещенном процессе скорость входа заготовки в прокатный стан определяется скоростью литья, которая в большинстве случаев не превышает нескольких метров в минуту, а также принимая во внимание необходимость размещения между МНЛЗ и станом вспомогательного оборудования, обеспечивающего технологический процесс, задача определения температуры начала прокатки металла является важной составляющей температурного баланса производства продукции на ЛПА.

В рамках научного направления, сложившегося на кафедре «Оборудование и технологии прокатки» МГТУ им. Н.Э. Баумана, ведутся работы по созданию совмещенных литейно-прокатных агрегатов для производства полосы из цветных металлов. В качестве прокатного оборудования, учитывая ранее указанные преимущества, выбран стан периодического действия, который по кинематике своей работы относится к станам шаговой прокатки или маятниковый прокатный стан. Разработаны конструкции лабораторных и промышленных маятниковых станов. Следует отметить, что, как и любой стан периодического действия, маятниковый стан имеет размещенную в общей с ним станине задающую клеть, представляющую из себя обычную клеть дуо. Задающая клеть сообщает слитку небольшое предварительное обжатие (10-15%) и при этом обеспечивает необходимую величину подачи в зону деформации маятниковой клетки, а также удерживает заготовку от произвольного перемещения в процессе обжатия рабочими вальками.

Рассматриваемый ЛПА предназначен для получения алюминиевой полосы толщиной до 4 мм в виде листов или рулонов из непрерывно литого сляба размерами $H_0=35$ мм, $B_0=230$ мм.

Расплав алюминия через миксер по системе металлопроводов подается в приемную ванну литейной машины роторного типа, где кристаллизуется в слиток и выдается в виде непрерывной заготовки. Скорость вращения литейного колеса может плавно изменяться от нуля до 1,6 об/мин. Температура алюминиевого сляба на выходе

из кристаллизатора $T_{cl}=500^{\circ}\text{C}$ (773,2 К). Скорость литья (скорость выхода слитка из кристаллизатора) $v_{cl}=5$ м/мин (0,083 м/с). Расстояние от кристаллизатора до задающей клетки $L=6,9$ м.

В задающих валках с диаметром $d_6=324$ мм слиток, получив предварительное обжатие порядка 14%, с необходимым осевым усилием через промежуточную проводку задается в маятниковую клетку, где производится окончательное обжатие заготовки в полосу необходимой толщины в 4 мм, при этом суммарная логарифмическая деформация достигает значения $\ln\left(\frac{H_0}{H_1}\right)=2$. Прокатка в маятниковой клетке производится за счет периодического обжатия заготовки парой рабочих валков.

Для определения изменения температуры алюминиевой полосы в процессе прокатки в маятниковой клетке с учетом того факта, что все параметры деформации по длине пробега рабочим валком зоны обжатия переменны, в том числе и сопротивление деформации, которое к тому же само зависит от изменения температуры, необходимо знать температуру полосы, с которой она входит в маятниковую клетку. В данной работе предложена первая часть расчета температурного баланса получения алюминиевой полосы на ЛПА, а именно, расчет изменения температуры полосы на участке от кристаллизатора до маятникового стана.

Существующие методы исследования температурного поля металла при обработке давлением базируются на экспериментальном исследовании процесса с последующей статистической обработкой результатов, при этом получают эмпирические зависимости температуры металла от ряда технологических факторов. В специальной литературе предложены различные методики определения составляющих температурного баланса металла при горячей прокатке, но применимость их ограничена тем фактом, что входящие в них расчётные выражения получены, как правило, либо для условий конкретного прокатного стана, либо конкретного типа станов. На основе анализа известных методик из них были выбраны зависимости наиболее близко отражающие условия процесса, описываемого в работе.

Температура сляба при его перемещении от кристаллизатора до входа в маятниковую клетку снижается вследствие теплоотдачи за счет лучеиспускания и конвекции, отдачи тепла валкам задающей клетки при контакте с ними, а также увеличивается вследствие разогрева, вызванного работой деформации в задающей клетке. Расчеты показывают, что потерей температуры от контакта сляба с роликами вспомогательных механизмов (синхронизирующего моста, тянущего устройства, промежуточного рольганга перед станом) можно пренебречь. Также минимальны потери температуры между задающей и маятниковой клеткой прокатного стана, расстояние между которыми всего 0,55 м. Вследствие этого температура на входе в маятниковую клетку находится из выражения:

$$T_{вх} = T_{cl} - \Delta T_{л} - \Delta T_{к} - \Delta T_{в} + \Delta T_{д} \quad (1),$$

где T_{cl} – температура сляба на выходе из кристаллизатора МНЛЗ,

$\Delta T_{л}$ – потери температуры сляба за счет лучеиспускания,

$\Delta T_{к}$ – потери температуры сляба за счет конвекции,

$\Delta T_{в}$ – потери температуры сляба за счет отдачи тепла валкам задающей клетки,

$\Delta T_{д}$ – повышение температуры сляба вследствие разогрева, вызванного работой деформации в задающей клетке.

По выбранным зависимостям были рассчитан температурный баланс алюминиевой полосы. Расчеты показывают, что при существующем скоростном и температурном режиме непрерывного литья на МНЛЗ алюминиевого сляба указанного сечения и компоновке вспомогательного оборудования ЛПА, обеспечивающего

технологический процесс не происходит неприемлемого охлаждения металла и в маятниковую клеть он поступает с температурой достаточной для последующей высокой деформации.

Литература

1. *В.М. Салганик, И.Г. Гун, А.С. Карандаев, А.А. Радионов.* Тонкослябовые литейно-прокатные агрегаты для производства стальных полос: Учебное пособие/ - М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. -506с.
 2. Теория непрерывной продольной прокатки: Учебное пособие/ *Г.С. Никитин.* - М.: Издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2009.- 399с
 3. *Арюлин С.Б., Халипов И.В.* Определение величины и направления сил, действующих на рабочий валок маятниковой прокатной клетки// Заготовительные производства в машиностроении. 2014. №5.с.23-26.
 4. *Арюлин С.Б., Халипов И.В.* Определение профиля опорного вала маятникового прокатного стана// Заготовительные производства в машиностроении. 2014.№8.с.31-35.
 5. *М.И. Румянцев, И.Г. Шубин, О.Ю. Носенко.* Конструирование модели для расчета температуры низколегированных сталей при прокатке на ШСГП// Вестник МГТУ им. Г.И. Носова, 2007. №1.
-