

УДК 621.74.06+621.771.06

Роганов М. Л.
Роганов Л. Л.
Пыц В. Я.

НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В РАЗВИТИИ ПРОФИЛИРОВАННЫХ ЛИТЕЙНО-ПРОКАТНЫХ АГРЕГАТОВ

Литейно-прокатные агрегаты для получения тонколистовых заготовок из стали в настоящее время бурно развиваются в металлургическом производстве всего мира. На установках непрерывного литья получают заготовки сравнительно простого профиля в виде квадрата, прямоугольника иногда круга [1–6]. На профилированном литейно-прокатном агрегате получают непрерывным литьем заготовку определенного профиля, который получил общее название «гофрированный» профиль. Следует особо подчеркнуть, что гофрированный профиль, получаемый непрерывным литьем, имеет толщину профиля в пределах существующих литейно-прокатных агрегатов (ЛПА), а именно, толщину от 1 мм до 3 мм с отклонениями в ту или иную стороны. На выходе из литейной машины гофрированный профиль обжимается в прокатных валках, спрофилированных вдоль своей длины аналогичным профилем. На прокатных спрофилированных валках происходит обжатие профиля, уменьшение его толщины с последующим удлинением. После чистовой группы прокатных спрофилированных валков обжатый лист попадает между дополнительными обычными цилиндрическими валками увеличенной длины. Деформируясь между цилиндрическими валками, гофрированный лист выпрямляется и превращается в прямоугольный лист, ширина которого максимально приближается к выпрямленной гофре, а толщина приближается к толщине листа, обжатого на гофрированных валках. Происходит процесс правки листа, после чего лист сматывается в рулон. При этом следует особо подчеркнуть, что при обжатии «гофрированного» листа в гофрированных валках происходит процесс осадки (уменьшение толщины листа), при выпрямлении профиля листа между цилиндрическими валками происходит процесс изгиба (выпрямление) листа. Сила изгиба листа намного меньше (более чем на порядок), чем сила его осадки.

Целью данной статьи является описание нового направления в создании спрофилированных литейно-прокатных агрегатов, которые созданы в Украине. Суть этого направления – отливка и обжатие на прокатных валках «гофрированного» профиля с последующим выпрямлением гофры в тонкий лист.

Термин «гофрированный» профиль является условным, который отражает профиль поперечного сечения полосы, отличающийся от прямоугольного профиля. Были рассмотрены некоторые виды профиля полосы в сечении, перпендикулярном ее продольной оси (оси отливки и прокатки). Определились следующие основные требования к профилю:

- сравнительная технологичность выполнения тянущих и прокатных валков (желательно на токарных станках);
- удлинение профиля при его разгибании в прямоугольное сечение;
- минимальная погрешность толщины зазора между профилями верхнего и нижнего (противоположных) валков;
- минимальное колебание толщины расправленной и прокатанной полосы из профиля в плоскую, прямоугольную полосу.

На основе этих требований были выбраны в качестве исходных 2 вида профиля (рис. 1, 2).

Традиционные литейно-прокатные агрегаты подробно описаны в технической литературе [1–6]. На традиционных установках непрерывной разливки стали получают слябы толщиной до 250 мм, которые прокатывают в горячем состоянии до толщины 1,5–20 мм. Это требует использования мощного прокатного оборудования и больших производственных расходов.

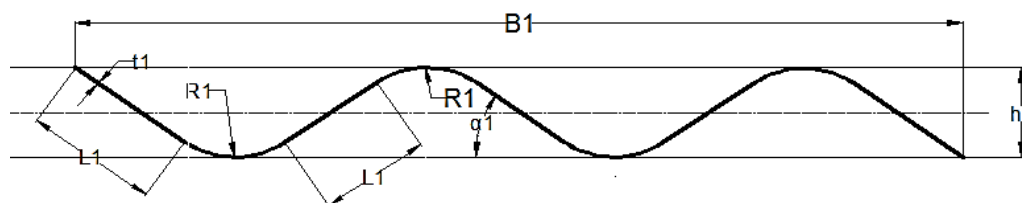


Рис. 1. Профиль в виде чередующихся дуг окружностей и прямолинейных поверхностей

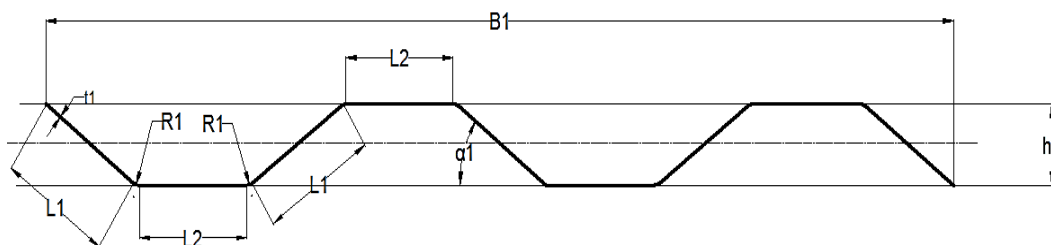


Рис. 2. Профиль в виде чередующихся по ширине полосы и трапецидальных переходов

Рис. 1 и 2 содержат: h_1 – высота прямоугольника $B_1 h_1$, в который вписаны профили; L_1 – прямолинейный участки профилей; R_1 – радиусы закруглений наклонных профилей; L_2 – горизонтальные участки профиля № 2; t_1 – толщина профильной полосы.

Профили № 1 и № 2 могут трансформироваться за счет таких параметров:

– угол α_1 – изменяется в пределах от 0 до 45°;

– радиусы R_1 переходов частей профилей изменяются в пределах 0 (минимум) до $n_1 t_1$, где n_1 целое число;

– прямолинейные участки L_1 могут изменяться в пределах 0 (минимум) до B_1/Z_1 , где Z_1 число гофр в поперечном сечении B_1 полосы. Для упрощения расчетов можно принять $L_2 = L_1$.

Следующим этапом производства стальной полосы стало литье тонкого сляба толщиной до 50 мм. Первый завод по изготовлению тонкого сляба построен в 1989 г. в г. Кроу Форд (США). Технология отливки заготовок совершенствовалась в направлении уменьшения толщины. Основной целью уменьшения толщины заготовки является снижение, вплоть до исключения, из общего технологического процесса таких энергоемких процессов, как прокатка и нагрев заготовки. Совмещение литья и прокатки происходит в тонкослябовых литейно-прокатных агрегатах, что позволяет получить значительные экономические преимущества. К началу этого века в эксплуатации находилось более 20 тонкослябовых литейно-прокатных агрегатов с общей производительностью более 30 млн т [6], горячекатаные полосы с конечной толщиной менее 2 мм относятся к тонким горячекатаным полосам и их доля до 1995 г. составляла всего 0,3 % общего объема производства полосы, а доля горячекатаных полос с толщиной 1,5–2 мм составляла около 10 % [1].

Многие специалисты считают, что в диапазоне толщин 1,0–1,5 мм некоторые виды холоднокатаной продукции в настоящее время могут быть заменены горячекатаной сталью. В ближайшие 5–10 лет до 50 % холоднокатаной полосы будет заменено на горячекатаную. Рост потребления горячекатаной полосы достигает более 5 % в год [1]. Установлено, что производственные затраты на изготовление горячекатаной полосы на 110–130 дол./т ниже затрат на изготовление холоднокатаной полосы такого же сортамента.

Развивающаяся тенденция замены холоднокатаной полосы на горячекатаную способствует развитию мини-заводов. Горячекатаная полоса на подобных заводах будет дешевле на 40–90 дол./т холоднокатаной полосы аналогичного качества и сортамента. По мнению Н. Weiss (президента компании SMSAG) в ближайшее время горячекатаная полоса толщиной до 1,5 мм, а затем и полоса толщиной менее 1,0 мм будут активно вытеснять холоднокатаный прокат, при этом увеличение продажи составит в США 8 %, в Европе и Японии – 6 %.

Многие зарубежные фирмы активно инвестируют строительство новых и реконструкцию существующих мощностей по производству горячекатаного оцинкованного стального листа.

По виду расположения кристаллизатора существующие ЛПА можно разделить на:

- вертикально размещенный кристаллизатор;
- наклонно расположенный кристаллизатор;
- горизонтально расположенный кристаллизатор.

По расположению отлитой полосы после кристаллизатора ЛПА делятся:

- с вертикальным расположением полосы;
- с переходом от вертикального в горизонтальное с изгибом полосы на угол меньше или равный 90° ;
- с наклоном выходящей полосы под углом в пределах от 0° до угла 45° ;
- с горизонтальным выходом отлитой полосы.

Такое же расположение можно принять и для профилированных литейно-прокатных агрегатов.

На рис. 3 показана схема горизонтальной спрофилированной установки с двухсторонним выходом спрофилированного слитка.

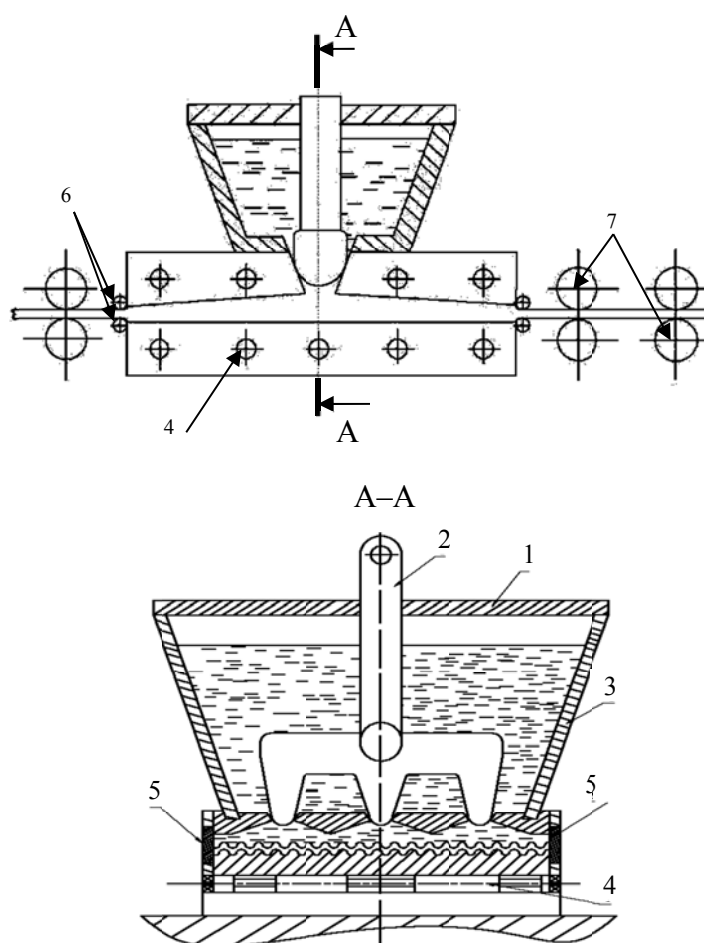


Рис. 3. Схема горизонтальной спрофилированной установки с двухсторонним выходом спрофилированного слитка:

1 – крышка; 2 – пробка сифона; 3 – корпус; 4 – ролики; 5 – щеки; 6 – валки направляющие; 7 – прокатные валки

Промежуточный ковш прямоугольной формы установлен на платформе, к которой припрессованы профилированные кристаллизаторы, имеющие выход в противоположные стороны. Кристаллизаторы соединены с ковшом рядом каналов, по которым металл поступает из ковша в кристаллизатор. Платформы с кристаллизатором и ковшом могут совершать возвратно-поступательное движение вдоль кристаллизирующегося слитка, что предотвращает прилипание металла к стенкам кристаллизатора. Боковые стенки кристаллизатора

прикрыты щеками, которые предупреждают вытекание жидкого металла в поперечном направлении. Кристаллизаторы, боковые щеки опираются на катки, которые снижают трение при движении кристаллизаторов с промежуточным ковшем вдоль оси кристаллизирующейся отлитой заготовки и оперты на дорожки, размещенные в основании. Выйдя из кристаллизатора, спрофилированный слиток попадает в спрофилированные тянущие ролики, затем поступает в спрофилированные обжимные ролики черновой клетки прокатного стана, в котором полоса обжимается по толщине до необходимого размера. Затем полоса поступает в клетки, оборудованные гладкими цилиндрическими валками, где происходит выпрямление полосы, т. е. ее правка. После выпрямления полоса попадает в первую моталку, где сматывается в рулон, отрезается от основной полосы, которая попадает во вторую моталку, где происходит смотка уже выпрямленной полосы в новый рулон и процесс продолжается. Во время всей цепочки технологического процесса происходит доливка промежуточного ковша расплавленным металлом, колебания кристаллизаторов на опорных роликах, непрерывное охлаждение водой кристаллизаторов и вышедшей из них спрофилированной полосы, чистка поверхности полосы известными способами. При необходимости полоса может подогреваться перед прокаткой, правкой и смоткой для снижения сил пластической деформации полосы. Создание метода непрерывного литья с двухсторонним вытягиванием слитков, несомненно, является крупным достижением, которое в ближайшие годы должно найти широкое применение. Ввиду простоты устройства непрерывнолитейной машины, не требующей специальных высоких зданий, она может быть с успехом применена не только на металлургических предприятиях, но и на машиностроительных. Это открывает широкие возможности совмещения процессов непрерывного литья с прокаткой, а также непрерывными процессами изготовления деталей машин давлением.

ЛПА других конструкций по технологическому процессу мало отличается от описанного выше. Их конструктивные особенности подробно рассмотрены в технической литературе [1–6].

ВЫВОДЫ

Предложено применение спрофилированных литейно-прокатных агрегатов взамен существующих. Профилирование полосы и получение профиля на установках непрерывной разливки стали с последующим разгибом профиля в плоскую заготовку позволяет: увеличить производительность агрегатов, за счет увеличения площади поверхности охлаждения профиля; снизить сопротивление деформированию при обжиге профиля на профильных валках при прокатке профиля.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Steel Times Int.* / A. Flick Flick A. et al. – 2000. – № 5. – P. 17–20.
2. Wigman S. L. 6th Intern. Conf. on Refining Processes / S. L. Wigman, M. D. Millett, V. I. Scanijet. – 1992. Lulea. Sweden. – P. 1–17.
3. Bald W. *Steel Times Int.* / W. Bald, G. Keppe, D. Rosental. – 2000. – № 9. – P. 16–19.
4. CRU Int. Ltd. *Thin-Gauge hot-rolled versus cold-rolled. Special Report, September.* – 1998. – P. 180.
5. Barret R. *Metall Bull / R. Barret // Monthly.* – 1999. – № 4. – P. 25–29.
6. *Thin gauge hot strip // Steel Times Int.* – 2000. – № 7. – P. 30–34.

Роганов М. Л. – канд. техн. наук, доц., директор ИПКПК;

Роганов Л. Л. – д-р техн. наук, проф. кафедры МТО ДГМА;

Пыц В. Я. – аспирант ДГМА.

ИПКПК – Институт повышения квалификации и переподготовки кадров, г. Краматорск.
ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

E-mail: vlad1m1rpyts@gmail.com

Статья поступила в редакцию 19.03.2013 г.