

В.М. Проценко, доцент, к.т.н.

Н.И. Прищип, доцент, к.т.н.

Т.В. Критская, профессор, д.т.н.

В.Н. Михайлин, профессор, д.т.н.

В.И. Иващенко, доцент, к.т.н.

## **СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НЕКОТОРЫХ СПЕЦИАЛЬНЫХ ВИДОВ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ**

*Запорожская государственная инженерная академия*

Наведено аналіз деяких спеціальних видів обробки металів тиском та розглянуто перспективи їх застосування. Зокрема розглянуто окремі проблеми, які виникають при повздовжній прокатці у циліндричних валках і перспективи застосування технології прокатки у схрещених валках, яка частково вирішує такі проблеми. Розглянуто модульний принцип проектування ливарно-прокатних агрегатів, які включають до себе наряду з традиційними, також спеціальні прокатні стани.

Приведен анализ некоторых специальных видов обработки металлов давлением и рассмотрены перспективы их применения. В частности рассмотрены отдельные проблемы, возникающие при продольной прокатке в цилиндрических валках и перспективы применения технологии прокатки в скрещенных валках, которая частично решает эти проблемы. Рассмотрен модульный принцип проектирования литейно-прокатных агрегатов, которые включают в себя наряду с традиционными, также специальные прокатные станы.

It is considered an analysis of some special types of treatment of metals pressure and it is brought the prospects of their application. In particular, separate problems, arising up at the longitudinal rolling in the cylindrical felling and perspectives of application of rolling technology in the crossed felling, which partly works out these problems, are considered. Module principle of planning of casting-renal aggregates which plug in itself along with traditional is exmined, as well as also the special flattings mills.

Процесс продольной прокатки в цилиндрических валках – основа пластической деформации металла при производстве плоского проката. При этом пластическая деформация металла осуществляется между приводными рабочими валками, установленными непосредственно в осевом направлении, перпендикулярном направлению прокатки. Для повышения жесткости валкового узла применяют опорные валки, на подшипники которых передается усилие прокатки [1-3].

Указанные положения процесса продольной прокатки зачастую входят в противоречия с требованиями современной металлургии.

Во-первых, основная масса металла поступает на прокатные станы с машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) и существует проблема гибкой стыковки данных машин и широкополосного стана (ШПС) горячей прокатки по ширине прокатываемой полосы. Регулирование ширины отливаемых слябов непосредственно в кристаллизаторе, установка «легкого» слябинга, применение прессы в начале ШПС горячей прокатки частично снимает остроту данной проблемы, но не позволяет решить ее полностью. Циклическое осевое сдвижение рабочих валков в чистовых клетях расширяет возможность применения беспрограммной прокатки, но также является частным решением рассматриваемой проблемы.

Во-вторых, разливка тонких слябов на МНЛЗ совмещается с их прокаткой. Металл деформируется в двухфазной и однофазной областях непосредственно на МНЛЗ. В этом случае актуальной задачей становится использование наряду с продольными деформациями сдвиговых деформаций металла для лучшего разрушения литой структуры. Кроме того, низкая скорость разливки металла на МНЛЗ существенно удлиняют время контакта горячего металла с валками, тем самым ухудшая тепловые условия их работы.

В-третьих, ужесточаются требования к поперечной разнотолщинности плоского проката. Из известных методов воздействия на поперечный профиль полосы наиболее известны: гидроизгиб валков, *НС*-клетки (шестивалковые клетки, в которых промежуточные валки могут перемещаться в осевом направлении), *С/С*-метод (прокатка в валках, имеющих выпукло-вогнутую профилировку), *УС*-метод (осевое перемещение валков), *РС*-метод (прокатка в скрещенных попарно рабочих и опорных валках), их разновидности и комбинации. Тем не менее, следует отметить, что само многообразие этих методов свидетельствует об отсутствии доминирующего достоинства одного перед другим. В то же время *РС*-метод имеет наибольший диапазон воздействия на поперечный профиль полосы.

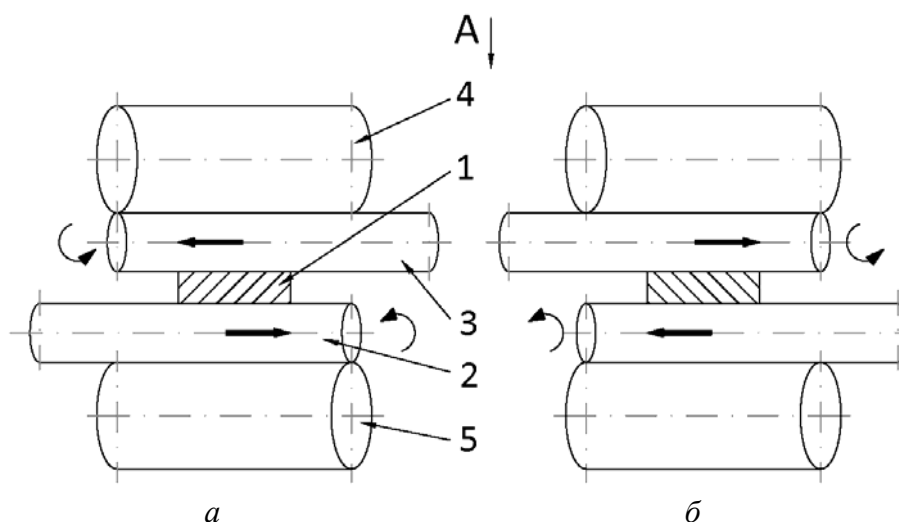
В-четвертых, перевалка рабочих валков при листовой прокатке часто бывает обусловлена не столько состоянием их поверхности, сколько износом бочки валка в пределах ширины прокатываемой полосы. Имеются основания считать, что причина сложившегося положения заключается в самой сущности реализации процесса продольной прокатки, когда при деформации металла периодически обновляется поверхность рабочего валка только по периметру его поперечного сечения. Становится очевидной необходимость непрерывного обновления поверхности валка по длине бочки. Это возможно, если в процессе деформации металла нижнему и верхнему рабочим валкам наряду с вращением придать встречное или челночно-встречное осевое перемещение.

Однако на пути реализации такого перемещения рабочих валков имеются технические трудности, которые во многом устранимы, если использовать следующий подход: рабочие валки освободить от жесткого крепления в осевом направлении, расположить скрещенными друг относительно друга в горизонтальной плоскости и с перекосом в этой же плоскости относительно контактирующих с ними опорных валков. Опорные же валки будут закреплены в осевом направлении и, в зависимости от решаемой задачи, могут быть также скрещенными друг относительно друга или параллельными.

В этом случае в контактах каждого рабочего валка с полосой и рабочим валком возникают осевые по отношению к рабочему валку нагрузки, под действием которых создаются нагрузки, под действием которых обеспечиваются условия для перемещения вращающегося рабочего валка в осевом направлении при наличии металла в очаге деформации. Причем указанное осевое перемещение верхнего и нижнего рабочих валков противоположно по направлению и тем самым реализуется их встречное осевое движение. При необходимости челночно-встречного осевого перемещения рабочих валков (такая необходимость возникает по мере удлинения прокатываемой заготовки) достаточно изменить направление скрещивания рабочих валков или их перекосов относительно опорных валков или и того и другого вместе (рис. 1).

Таким образом, в процессе продольной прокатки в цилиндрических валках реализуется челночно-встречное осевое перемещение рабочих валков непосредственно при деформации металла. Тем самым, одновременно с обновлением контакта поверх-

ности рабочего валка с металлом по периметру его поперечного сечения, происходит его обновление по периметру продольного сечения валка. Скорость осевого движения рабочих валков, прежде всего, зависит от скорости их вращения, угла перекоса между рабочими и опорными валками, а также угла скрещивания рабочих валков.



**Рисунок 1** – Исходное расположение валков в клетке кварто при встречном (а или б) или челночно-встречном (а и б) осевом перемещении рабочих валков при продольной прокатке: 1 - прокатываемый металл; 2 и 3 - рабочие валки; 4 и 5 - опорные валки; горизонтальные стрелки указывают направления осевого движения рабочих валков; стрелкой А показан вид на рис. 2

Если же к рабочим валкам приложить дополнительную осевую нагрузку торможения (тяги), указанное осевое челночно-встречное перемещение рабочих валков становится управляемым. Управления скоростью осевого движения рабочих валков можно также добиться созданием на опорном валке дополнительного момента сопротивления его вращению.

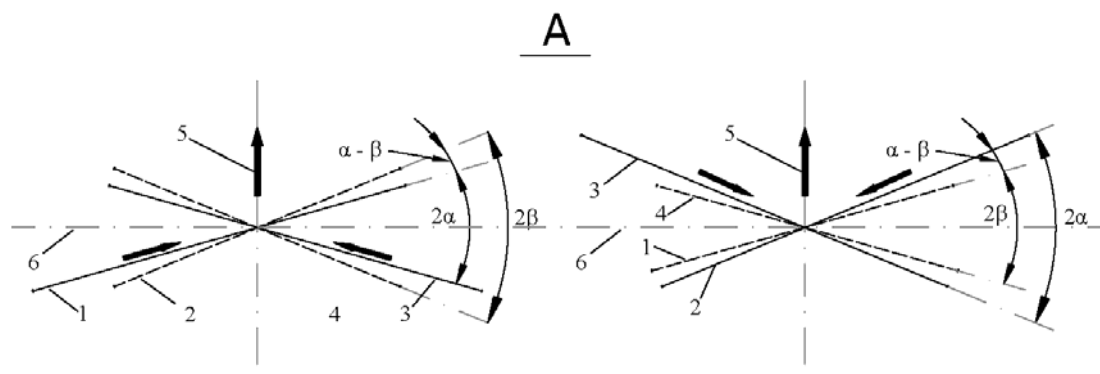
На рис. 2 показано взаимное расположение осей рабочих и опорных валков, при реализации новых положений процесса продольной прокатки. Рабочие валки скрещены на угол  $2\alpha$ , опорные – на угол  $2\beta$ , причем направление поворота каждого рабочего валка и контактирующего с ним опорного валка одинаковое. В общих случаях прокатки между этими углами устанавливаются соотношения:  $2\alpha < 2\beta$  и (или)  $2\alpha > 2\beta$ .

Направление осевого перемещения рабочего валка меняется при изменении неравенства  $2\alpha < 2\beta$  на  $2\alpha > 2\beta$ , а также при изменении направления углов разворота рабочих и опорных валков. Скорость этого перемещения пропорциональна модулю разности  $|\alpha - \beta|$ .

Значения углов  $2\alpha$  и  $2\beta$  определяются решаемыми в процессе продольной прокатки задачами, однако предполагается, что углы  $2\beta$  не превышают  $3^\circ$  и что модуль углов  $|\alpha - \beta|$  на порядок меньше значений угла  $2\beta$ .

В процессе продольной прокатки возможно частичное и комплексное решение указанных задач и соответственно частная или комплексная реализация отмеченных новых положений. Естественно, что задачи, решаемые при холодной полосовой прокатке, отличаются от задач, решаемых при широкополосной горячей прокатке. Но общие вопросы: воздействие на поперечный профиль полосы, обеспечение равномерного износа поверхности валков по длине их бочки [4], уменьшение негативного

влияния неравномерного распределения температуры в теле рабочих валков на профиль полосы и другие, технически могут решаться одинаково.



**Рисунок 2** – Схема взаимного расположения осей рабочих и опорных валков в клети кварто в процессе продольной прокатки (вид А на рис. 1): а)  $2\alpha_1 < \beta$ ;  $2\alpha_2 > \beta$  ( $2\beta = \text{const}$ );  $2\alpha_i$  – угол скрещивания осей рабочих валков;  $2\beta$  – угол скрещивания опорных валков;  $\alpha_i - \beta$  – угол между рабочим и контактирующим с ним опорным валком; 1, 3 – рабочие валки; 2, 4 – опорные валки; 5 – направление прокатки; 6 – вертикальная плоскость, перпендикулярная направлению прокатки

Реализация рассмотренного процесса продольной прокатки, предусматривающего непрерывное обновление контакта поверхности бочки рабочего валка с прокатываемым металлом по периметру продольного сечения валка, в перспективе позволяет:

- на листопрокатных комплексах «МНЛЗ-ШПС» горячей прокатки осуществлять беспрограммную прокатку;
- на МНЛЗ тонких слябов усилить разрушение литой структуры;
- в черновых клетях ШПС горячей прокатки и на станах холодной прокатки управлять поперечным профилем полос в широких пределах, а также повысить срок службы рабочих валков и уменьшить число перевалок;
- использовать рабочие и опорные валки с цилиндрической бочкой, что позволяет упростить шлифовку валков перед эксплуатацией;
- на сортовых станах при прокатке в валках с гладкой бочкой, за счет деформаций сдвига и кручения улучшить разрушение литой структуры.

При проектировании литейно-прокатных агрегатов широко используется модульный принцип, который заключается в создании объектов (машин, агрегатов, процессов и т.д.) из специализированных взаимозаменяемых блоков (модулей), набор которых определяется конкретными технологическими задачами и производственными условиями. С одной стороны, литейно-прокатные агрегаты представляют собой наборы взаимозаменяемых функциональных модулей (МНЛЗ, режущие устройства, рольганги, нагревательные устройства, черновые и чистовые прокатные клети, холодильники, моталки и т.д.). С другой стороны, литейно-прокатные агрегаты являются законченными модулями различного назначения и производительности, которые могут применяться в различных сочетаниях в составе литейно-прокатных комплексов и мини-заводов, в том числе и для производства специальных видов проката [5].

Преимущества такого подхода к проектированию и изготовлению любых технологических объектов обусловлены высокой технологичностью изделий, значительным повышением их работоспособности и ремонтпригодности, расширением функциональных возможностей, существенным уменьшением сроков и стоимости изго-

товления, технологической гибкостью, возможностью быстрого расширения и пере- профилирования производства, модернизации и приспособления к изменяющимся условиям [6-9]. Основные технологические модули, используемые при создании литейно-прокатных комплексов и мини-заводов, как освоенные промышленностью, так и обладающие хорошими перспективами в будущем, приведены на рис. 3.

*Заключение.* В настоящее время не существует какого-либо универсального метода обработки металлов давлением, обеспечивающего одинаково эффективное решение конкретных технологических задач. Достигнуть максимального эффекта можно сочетанием различных объектов (машин, агрегатов, процессов и т.п.) из специализированных взаимозаменяемых блоков (модулей), набор которых определяется конкретными технологическими задачами и производственными условиями.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Хлопонин, В. Н.* Расчет упругого взаимодействия рабочих и опорных валков при малых углах их перекося / В. Н. Хлопонин, М. В. Овчинникова // *Сталь*. – 1990. – № 12. – С. 58-61.
2. *Хлопонин, В. Н.* Силовое и кинематическое взаимодействие рабочих и опорных валков при перекося их осей / В. Н. Хлопонин // *Сталь*. – 1995. – № 5. – С. 54-57.
3. *Хлопонин, В. Н.* Особенности силового и кинематического взаимодействия прокатываемой полосы и валков с перекошенными осями / В. Н. Хлопонин // *Сталь*. – 1995. – № 3. – С. 37-41.
4. *Горбатьюк, С. М.* Повышение стойкости прокатных валков / С. М. Горбатьюк, Л. В. Седых // *Металлург*. – 2010. – № 5. – С. 54-56.
5. *Специальные прокатные станы / А. И. Целиков, М. В. Барбарич, М. В. Васильчиков и др.* – М. : *Металлургия*, 1971. – 333 с. – Библиогр. : с.
6. *Протасов, А. В.* Применение модульных технологий в металлургическом машиностроении / А. В. Протасов // *Тяжелое машиностроение*. – 1999. – № 5. – С. 7-8.
7. *Сивак, Б. А.* Модульный принцип – основа современной металлургии / Б. А. Сивак, А. В. Протасов // *Тяжелое машиностроение*. – 2000. – № 5. – С. 2-6.
8. *Сивак, Б. А.* Развитие отечественного металлургического машиностроения на основе модульных технологий / Б. А. Сивак, А. В. Протасов // *Сталь*. – 2000. – № 8. – С. 54-57.
9. *Сивак, Б. А.* Применение модульных технологий в металлургии / Б. А. Сивак, А. В. Протасов // *Черные металлы*. – 2000. – № 11. – С. 13-167.

Стаття надійшла до редакції 16.12.2012 р.  
Рецензент, проф. В.У. Григоренко