

## УСПЕХ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА СТАЛИ В ИСПОЛЬЗОВАНИИ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ КОНСТРУКЦИЙ УСТАНОВОК ЦИКЛИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Многие металлургические заводы в настоящее время достигли такого положения, что для необходимых мероприятий по всеобъемлющей модернизации и капитальным ремонтам требуются денежные средства в таком объеме, который экономически уже неприемлем. Также и сооружение нового металлургического завода с полным циклом для вкладчиков капитала вообще и для частных фирм в особенности по финансовым причинам едва ли осуществимо. Такая ситуация открывает перед машиностроением и металлургией широкие возможности по созданию и внедрению новых агрегатов и инновационных технологий получения металлопродукции.

Современные технологии производства металлопродукции включают сталеплавильные цеха, участок разливки с машиной непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) и прокатные цеха. Совершенствование машин и технологий непрерывного литейно-прокатного комплекса для получения готовой продукции в одной непрерывной линии – была концепцией развития последних лет в металлургическом производстве.

Однако, современные прокатные станы не позволяют совместить процессы непрерывной разливки и прокатки по скоростям, т.е. создать непрерывные литейно-прокатные комплексы. В настоящее время для деформации непрерывнолитых заготовок, а также в составе черновых групп непрерывных станов все более широкое применение находят различные конструкции ковочных агрегатов. Первым в ряду агрегатов для деформации с большими обжатиями, колебательно-ковочный агрегат типа Кокс для производства сортового проката был разработан еще в 1954 г. Преимущества этого агрегата заключается в малой потребности в площади и большой степени обжатия, которая для легированных и конструкционных сталей достигает 8. Установленный на заводе фирмы «Лэклид стил» (США), выполняет роль черновой линии мелкосортно-проволочного стана, обжимая непрерывнолитую заготовку сечением 178×178 мм, длиной 9,14 м. и весом 2250 кг. Заготовки обжимаются до сечения 82×82 или 100×100 мм. со степенью вытяжки  $\lambda$  соответственно 4,7 или 3,17. Эти квадратные заготовки подаются через петлеобразователь на непрерывный стан и прокатываются. На заводе фирмы Метас (Турция), при использовании колебательно-ковочный агрегат типа Кокс в черновой линии мелкосортно-проволочного стана с вытяжкой 4,76 и сечением на выходе

80×80 при длине прокатной части стана 50 м. максимальная общая вытяжка  $\lambda$  составляет 1280. В сортамент прокатки входит круг диаметром 5,5-90 мм. и арматурная сталь. На стане прокатывают непрерывнолитые заготовки восьмигранного сечения со стороной 195 мм. Характерной особенностью стана является поддержание постоянной температуры прокатки и низкий расход энергии (130 кВт·ч/т проката).

В состав литейно-прокатных модулей для получения листа в основном используются полосовые планетарные станы конструкции Круппа – Платцера или фирмы “Сендзимир”. При прокатке нагретых полос степень деформации на этих станах за один проход составляет 90 – 98%. На стане Круппа – Платцера непрерывнолитой сляб толщиной 80 – 90 мм за один пропуск обжимается в полосу толщиной 2 – 6 мм, причем ширина полосы 150 – 1250 мм. Максимальная скорость полосы составляет 2,4 м/с. Поскольку скорость на входе этого стана можно привести в соответствие со скоростью на выходе сляба из МНЛЗ, в будущем представляется возможным создание комбинированной установки из МНЛЗ и планетарного стана. Преимущества такой установки состоят в значительно лучшем использовании энергии и возможности получения рулонов любой массы.

Одним из перспективных направлений совершенствования агрегатов этой группы является создание ковочных машин проходного типа.

Радиальная – обжимная машина (РОМ) проходного типа, предназначена для выполнения операций протяжки и калибровки. Бойки в таких машинах одновременно с движением перпендикулярно оси заготовки перемещаются вдоль ее оси на обжимаемом участке. Это позволяет осуществлять подачу заготовки бойками без использования манипулятора, причем скорость подачи может достигать 0,5 м/с. Машина состоит из эксцентриковых валов установленного в станине, шатуна с рабочим инструментом и направляющего подшипника. РОМ позволяют обрабатывать заготовки такой же длины как при прокатке, но обеспечивают большую, чем при прокатке, точность получаемых изделий и особенно эффективны в металлургическом производстве мелкосортных заготовок.

Перечисленные технологии и используемые агрегаты ориентированы на переработку заготовок полученных на УНРС или после слитковой прокатки, причем толстые и широкие слябы толщиной более 100 мм в потоке по данным технологиям не обрабатываются.

Производство близких к конечным размерам непрерывнолитых заготовок для получения разнообразной длинномерной продукции и толстого листа существует уже давно. Следующим шагом в этом направлении было создание

литейно-прокатных модулей для производства листа и сортового проката в составе литейно-прокатных комплексов. Получила развитие концепция компактного производства полосы (CSP), позволившая впервые получить готовую продукцию в единой технологической линии от разливки до прокатки. Активно развивается идея создания сталеплавильного мини-завода управляемого от единой ЭВМ и ориентированного на вторичное сырье непосредственно в местах его сбора.

Разливка с обжатием тонких слябов с еще жидкой или уже затвердевшей сердцевиной в кристаллизаторе в области роликовой проводки ручья было следующим шагом в создании компактного производства металлопродукции. На заводе фирмы «Маннесманререн-верке» в Дуйсбурге-Хугингене еще в 1987 г. получили из непрерывнолитых тонких листов горячекатаную полосу и толстый лист. Уменьшение толщины заготовки после ее формирования в кристаллизаторе осуществляется в области роликовой проводки ручья в результате сочетания разливки с обжатием с толщины 60 мм. до 22 мм. Общая деформация заготовки с жидкой сердцевиной составила 70% . Непосредственно после затвердевания начинается обжатие заготовки с уже затвердевшей сердцевиной. Небольшое сопротивление деформации только что затвердевшего тонкого сляба позволяет достичь обжатие по толщине 60%, причем с помощью всего нескольких пар роликов диаметром 310 мм.

Не менее важным и более перспективным является деформация непрерывнолитых заготовок в период их кристаллизации, что позволяет добиться исключительных экономических показателей и качества изделий. Работы в этом направлении ведутся по всему миру с различными подходами к этой проблеме и различной продвинутостью в результатах.

Наглядная тенденция развития технологии сталеплавильного и прокатного производства – создание компактных литейно-деформационных комплексов на основе новых технологий. МНЛЗ с кристаллизатором, предназначенная для охлаждения и продвижения жидкого металла с одной стороны и прокатная часть комплекса, включающая черновую и чистовую группу клетей с другой стороны предназначенных для деформации непрерывнолитой заготовки с целью придания ей заданного поперечного сечения и качества металла. Во всех этих переделах все большее применение находят агрегаты циклической деформации с большими обжатиями различной конструкции. Становиться очевидным и технически осуществимым создание одного агрегата включающего в себя все эти переделы.

Существенная задача металлургического машиностроения заключается в том, чтобы предоставить в распоряжение металлургии такие агрегаты, кото-

рые в соответствии с тенденцией технического развития обеспечивали бы возможность гибкого, компактного и экономичного производства.

Наибольший интерес представляет конструкции агрегатов циклического действия для деформации с большими обжатиями, выполненных в виде ковочных блоков с возможностью установки их в рабочую клеть прокатного стана с сохранением главной линии. Такое техническое решение значительно снижает затраты на создание нового оборудования и позволяет быстро внедрять инновационные технологии производства стали.

Наибольший экономический эффект скрывается в развитии отдельных элементов существующих металлургических цехов и реконструкции существующего оборудования, при этом максимально используется концепция мини-завады с МНЛЗ и литейно-деформационного участка на основе агрегатов с большими обжатиями циклического действия, а в перспективе, литейно-ковочного модуля (ЛКМ).

Литейно-ковочный модуль предназначен для получения непрерывной сортовой продукции из жидкого металла. Металл, попадая через разливочный стакан в ЛКМ, охлаждается, деформируется с обжатием  $\epsilon=60-80\%$  и выходит в виде непрерывной полосы простого или сложного профиля в поперечном сечении. Кристаллизатор является одновременно инструментом деформации и устройством для перемещения формирующейся в процессе кристаллизации заготовки. Применение ЛКМ позволяет исключить обжимные и сортовые станы, операции передачи заготовок на следующий передел и их промежуточного нагрева, что существенно экономит площади цеховых помещений, энергию и водоресурсы.

Широкий сортамент получаемых металлоизделий, низкая себестоимость и быстрая окупаемость проекта обеспечит широкое внедрение предлагаемой технологии.

В работе В. И. Одинокова, В.В. Стулова отмечается, что повышение эффективности производства непрерывнолитых заготовок достигается разработкой новых приемов воздействия на жидкий и кристаллизирующийся металл. Разборный кристаллизатор выполнен в виде обжимных плит, образует замкнутый калибр и устанавливается в агрегат циклической деформации различных конструкций.

Наряду с проблемами свойственными для процессов совмещения процессов литья и деформации которые удалось решить, остается одна требующая решения - обеспечение стойкости инструмента. Передовые результаты получены на литейно-ковочном модуле экспериментального участка, созданном на базе агрегата циклической деформации в институте Машиноведения Дальнево-

сточного отделения РАН в городе Комсомольске на Амуре под руководством Одинокова В. И. при участии автора данной статьи. Технология включает эндогенное суспензионное литье с помощью различных технологических приемов внешнего воздействия, оказывающего зародышеобразующее действие на затвердевание металла.

Создание таких комплексов позволит сократить производственные площади, удельные капитальные и эксплуатационные расходы, существенно снизить расход металла, энергии, топлива, повысить производительность труда, значительно уменьшить количество необходимого технологического оборудования и обеспечить непрерывность процесса.

Общими чертами для всех агрегатов с высокими обжатиями являются: циклическое действие на заготовку; малые единичные обжатия при больших суммарных деформациях; движение инструмента по замкнутым траекториям; шаговая подача заготовки в очаге деформации; наличие конуса деформации. Важным условием является создание благоприятной схемы напряженного состояния в очаге деформации, особенно при деформации непрерывнолитого металла непосредственно при выходе из МНЛЗ. Не менее важным является простота и надежность самой конструкции.

В связи с вышеизложенным, для дальнейшего развития литейно-прокатного производства стали особенно актуальными являются работы по созданию новых агрегатов циклической деформации с высокими обжатиями, отличающихся высокой жесткостью и прочностью с заданной кинематикой движения инструментов. Такие агрегаты предназначены для циклической деформации непрерывнолитых заготовок в узком температурном интервале, в условиях близких к всестороннему сжатию, со степенью деформации за один проход до 80% и со скоростью равной или выше скорости выхода заготовки из кристаллизатора МНЛЗ. Агрегаты и процессы циклической деформации так же находят применение в процессах сочетания разливки с обжатием в качестве привода подвижных стенок разъемного кристаллизатора в литейно-ковочных модулях, являющихся наиболее передовой технологией в развитии производства стали.

#### **Библиографический список**

1. Пат. № 2063275 РФ, Прокатно-ковочный стан /М. Ю. Туев, О. С. Лехов, А.В. Малахов. Оpubл. 10. 07. 96. Бюл. № 19.
2. Лехов О.С., Киршин И.В., Туев М.Ю. Использование агрегатов циклической деформации в линиях литейно-прокатных комплексов – будущая альтернатива производства стали//Сб. науч. тр./ Под ред. Г.К. Смолина. Екате-

- ринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ин-та, 2005, Вып.1. //Проблемы электроэнергетики, машиностроения и образования: с.158—163
3. Лехов О.С. Оптимизация машин для деформации непрерывнолитых заготовок: УИФ "Наука", 1995. 184с
  4. Эренберг Х.-Ю. Литье и обжатие с разливки тонких слябов на заводе фирмы «Маннесман ререн-верке АГ»//Металлург. пр-во и технология металлург, процессов. М., 1990. С. 46—56.
  5. Хойяс Г., Хайн О. Конструкции и применение ковочно-прокатных агрегатов//Чер. металлы. 1980. № 25 – 26. С. 15 – 21.
  6. Состояние исследовательских и проектных работ в Европе по технологии непрерывной разливки заготовок почти готовых сечений//Металлургическое оборудование и технология. 1991. № 3. С. 44-57.
  7. Прокатка полос, изготовленных методом непрерывной разливки металла, и технические возможности конструкций установок для изготовления горячих полос/Г. Флемминг, П. Каннес, В. Роде//Металлург. пр-во и технология металлург, процессов. М., 1988. С. 90—111.
  8. Печке Ю., Ноймнетц Д. Способы непрерывного литья, совмещенного с прокаткой//Чер. металлы. 1981. № 22. С. 9-13.
  9. Никитин Г.С., Седов Л. А., Сазов В. П. Конструкции обжимных станов в линиях литейно-прокатных агрегатов//Металлург. оборудование (ЦНИИТЭИ-тяжмаш). М., 1982. № 182. 34 с.,
  10. Лехов О.С., Одинокое В.И., Чуков И.Я., Песков А.В., Гуселетов Б.П., Малахов А.В., Туев М.Ю. Исследование процесса получения заготовок простой и сложной формы на агрегате циклической деформации Тез. докл. Всес. конф. “Металл и технический прогресс” Москва, 1987, с.78
  11. Лехов О.С., Гуселетов Б.П., Туев М.Ю., Малахов А.В., Волосков А.Д. Экспериментальное исследование формоизменения энергосиловых параметров при циклической деформации полосы прямоугольного сечения Теория машин металлург. и горного оборудования. Межвуз. сб. науч. трудов. Свердловск, 1989
  12. Лехов О.С., Одинокое В.И., Гуселетов Б.П., Чуков И.Я., Туев М.Ю., Малахов А.В. Разработка технологии производства простых и сложных профилей из непрерывнолитой заготовки на агрегате циклической деформации с целью улучшения их качества Тез. докл. Всес. конф. “Металл” Абакан, 1988, с. 162-164
  13. Кох Г., Копп Р. Прогресс в области деформаций с большими обжатиями//Чер. металлы. 1979. № 21. С. 3—11.
  14. Агрегаты высоких обжатий в современном прокатном производст-

ве/Л. К. Нестеров, Г. А. Сагитов, Н. Ф. Грицук и др.// Чер. металлургия. 1989. № 6. С. 28-46.

## **МЕТОДИКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**В.Ф. Журавлев, Г.К. Смолин,  
Е.Д. Шабалдин**

### **СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ<sup>2</sup>**

В образовании лидируют эмпирические методы обучения, основанные на восприятии и усвоении учебного материала в виде готовых знаний. Для преодоления кризиса необходимы критический анализ сложившейся дидактической теории, переориентация целей образования, переустройство всей системы обучения с целью формирования научного мышления обучающихся, разработка модели обучения с новыми принципами усвоения учебного материала.

Творческие поиски преподавателей, методистов и руководящих работников образования должны опираться на научные теории и широкую систему знаний о закономерностях развития природы и общества: философию науки и образования, кибернетику, биологию, нейрофизиологию, биологическую кибернетику, психологию, науковедение и др. При этом нужно исходить из того, что основа всестороннего развития личности заключается не только в овладении ею широкой номенклатурой разносторонних знаний, но и в способах их усвоения и функционирования, в уровне развития мышления, его принципах, которые позволяют личности творчески на научной основе управлять своей деятельностью в освоении и преобразовании мира.

Активное внедрение результатов научных исследований в практику, оснащение различных сфер производства и управления современными техническими средствами предъявляют новые требования и к подготовке педагогов профессионального обучения. Способность быстро и самостоятельно осваивать новые технические объекты без специального дополнительного обучения будет характеризовать их профессиональную мобильность – возможности к профессиональному росту и широкой ориентировке в быстро меняющейся технике и технологии производства, способности вести преподавание смежных дисциплин. Однако сложившаяся практика подготовки педагогов профессионального

---

<sup>2</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке РФГФ, проект №04-06-00464а.