

УДК 621.07

## НОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПЛАСТИЧЕСКОЙ ПРОКАТКИ НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ

© С.К. Ким, Э.И. Анисимов, А.В. Дрожжин, С.А. Куценко, В.А. Мартынов  
Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского,  
Россия, Москва

***Аннотация.** Приведены результаты работ по созданию опытного образца прокатного стана для получения тонкой ленты из нержавеющей стали с использованием электропластического эффекта, включая технологическое оборудование, системы энергообеспечения, управления и измерения параметров режимов испытаний, гидравлическое оборудование.*

***Ключевые слова:** электропластический эффект, прокатка металлов.*

Явление электропластического эффекта, открытое российскими учеными [1], нашло практическое использование при обработке труднодеформируемых металлов (вольфрам, молибден), однако этот эффект может быть использован и при обработке традиционных материалов (стали, медь, алюминиевые сплавы и др.). Энергосберегающие технологии электропластической обработки позволяют обеспечить новое качество получаемых с их помощью изделий, в частности, уменьшение дефектов кристаллической структуры материала.

Использование технологии электропластической прокатки металлов, в частности, нержавеющей стали, может иметь большое народно-хозяйственное значение. Однако при переходе от лабораторных исследований к практическому созданию промышленных установок необходимо решить ряд научно-технических проблем, среди которых ключевыми являются следующие:

- создание надежных источников тока для обеспечения электропластического эффекта;
- разработка методики и создание технических средств подвода энергии к локальной зоне деформирования металла.

В качестве основного технологического оборудования для деформирования (прокатки) представляется привлекательным использование имеющихся прокатных станов. Однако при этом необходимо решить ряд существенных электротехнических задач:

- организация электрической изоляции элементов стана по конкретной схеме;
- доводка элементов стана для обеспечения совместимости с техническими средствами электропластической обработки металла (электроконтактными устройствами, проводами) и охлаждения оборудования стана.

Возможен принципиально другой путь – создание специального прокатного оборудования, учитывающего в полной мере особенности технологии электропластического деформирования металла.

Именно этот подход был выбран авторами при создании прокатного оборудования, предназначенного для изучения и демонстрации электропластической прокатки.

Одним из самых массовых производств в машиностроении является получение полуфабрикатов (проката, проволоки, плит и др.) из сталей. Традиционная технология холодной прокатки сталей от исходной толщины до конечной предусматривает проведение промежуточных отжигов стальной ленты. Это связано с тем, что по мере уменьшения толщины ленты в результате пластической деформации происходит упрочнение материала

(повышение его твердости). Это связано с физическими процессами, происходящими в стали при ее обработке давлением:

- фазовые превращения в стали (нарастание альфа-фазы – переход пластичного аустенита в более твердый мартенсит);
- деформационная нагартовка.

Электропластический эффект тормозит процесс фазовых превращений в нержавеющей стали, а также снижает сопротивление металла пластическому деформированию. Это позволяет отказаться от проведения промежуточных отжигов при прокатке и, тем самым, существенно сократить цикл производства продукции, снизить в конечном итоге ее себестоимость.

В ЦАГИ разработан и создан опытный образец прокатного стана для реализации и отработки технологии получения тонкой металлической ленты из нержавеющей стали, использующей эффект электрической пластификации металлов при воздействии на них импульсного тока высокой плотности (стан ECRM – Electrocontacted Rolling Mill).

В настоящей статье приведены результаты работ по созданию опытного образца прокатного стана для получения тонкой ленты из нержавеющей стали с использованием электропластического эффекта, включая технологическое оборудование, системы энергообеспечения, управления и измерения параметров режимов испытаний, гидравлическое оборудование.

Общая схема прокатного стана приведена на рис.1.

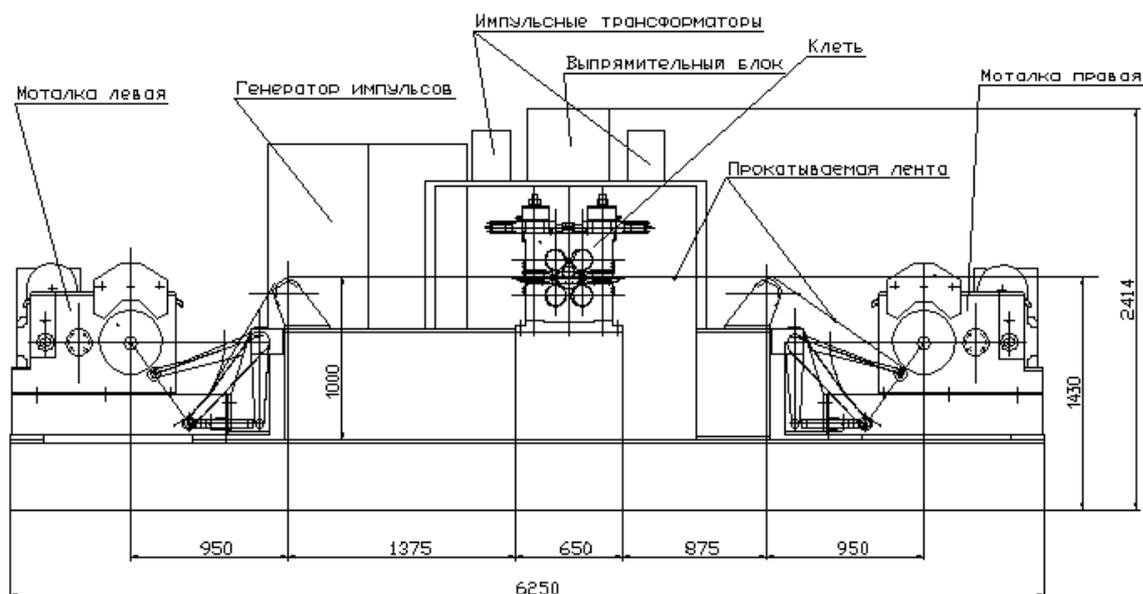
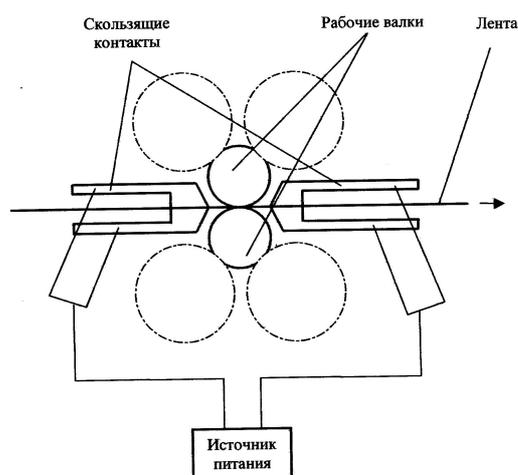


Рис.1. Схема прокатного стана ECRM

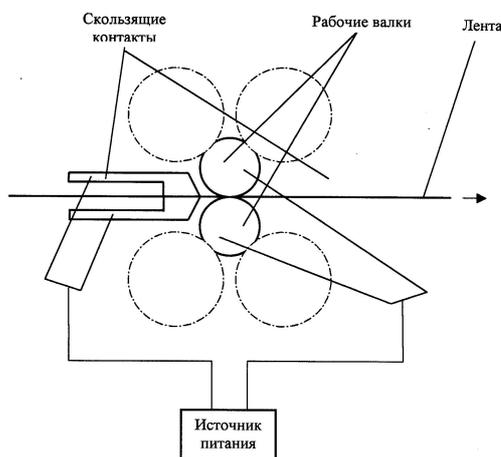
Разработано несколько вариантов конструкции скользящих контактных устройств для подведения тока к прокатываемой ленте (рис.2).

Схема (а) предусматривает использование двух скользящих контактных устройств, установленных перед и после рабочих валков.

Схема (б) предусматривает использование одного скользящего контакта, а в качестве второго контакта использованы рабочие валки.



а) Подведение тока с использованием двух скользящих контактов



б) Подведение тока с использованием одного скользящего контакта и рабочих валков

**Рис. 2.** Схемы подведения тока к прокатываемой ленте

Разработана гидравлическая система прокатного стана, обеспечивающая работу гидроприводов прокатной клетки, устройств подачи и приема, а также смазку и охлаждение подшипников опорных валков.

Одним из наиболее ответственных элементов стана ECRM является источник питания для электрической обработки прокатываемой ленты – генератор импульсного тока (ГИТ). ГИТ основан на преобразовании электрической энергии со стандартным напряжением и частотой тока 50-60 Гц с помощью статического тиристорного управляемого выпрямителя в постоянный ток, который после прохождения через сглаживающей реактор накапливается батареей конденсаторов.

Технические данные генератора:

- напряжение питания 380/220 В, 50 (60) Гц;
- максимальная амплитуда тока при номинальной нагрузке – 45,0 кА;

- длительность импульса по основанию, при номинальной нагрузке – 200 мкс;
- частота повторения импульсов – 0...1000 Гц;
- охлаждение – воздушное принудительное.

В процессе испытаний стана проведена отработка режимов, обеспечивающих прокатку ленты из нержавеющей стали в соответствии с заданными требованиями.

На рис.3 приведены результаты испытаний по прокатке нержавеющей стали 12Х18Н9 толщиной 2 мм с различной шириной от 30 до 100 мм.

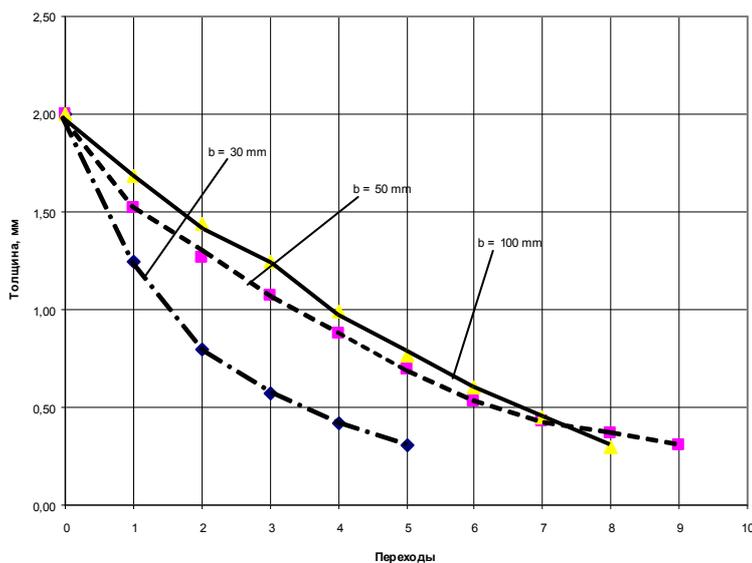


Рис. 3. - Изменение толщины ленты в процессе электропластической прокатки

Из рисунка 3 видно, что благодаря электропластическому эффекту для всех образцов деформирование ленты (прокатка) от начальной толщины до конечной достигается без промежуточных отжигов.

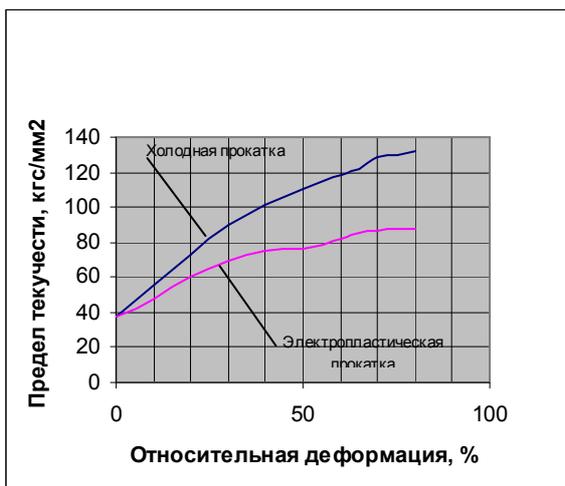


Рис.4. - Зависимость предела текучести ленты из нержавеющей стали 12Х18Н9 от степени деформации

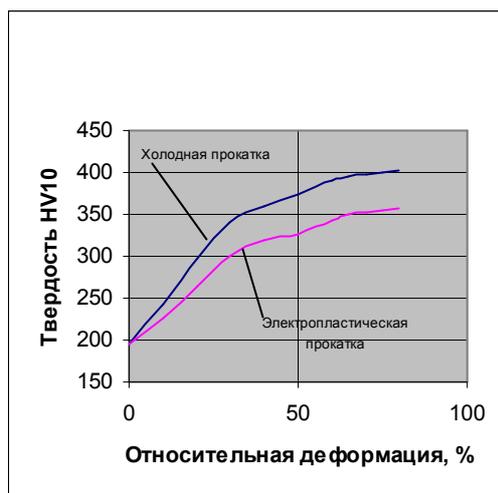


Рис. 5. - Зависимость твердости ленты из нержавеющей стали 12Х18Н9 от степени деформации

В процессе испытаний проведена прокатка ленты из нержавеющей стали типа 12X18Н9, 12X18Н10Т от начальной толщины 2 мм до конечной толщины 0,3 мм без промежуточных отжигов. За счет рационального выбора параметров электрического воздействия на прокатываемую ленту удалось предотвратить появление окисной пленки.

Возрастание значения твердости по Викерсу после электропластической прокатки по сравнению с холодной прокаткой для нержавеющей стали примерно на 25 % меньше (рисунок 5).

Испытания показали, что при электропластической прокатке тормозится процесс фазовых превращений в нержавеющей стали, т.е. переход пластичного аустенита в фазу «жесткого» мартенсита, что также способствует улучшению пластических свойств материала по сравнению с холодной прокаткой.

### Литература

1 Баранов Ю.В., Троицкий О.А., Аврамов Ю.С., Шляпин А.Д. Физические основы электроимпульсной и электропластической обработок и новые материалы. – М.: МГИУ, 2001. – 843 с.

*Поступила: 17.06.10.*