



УДК 669.187.526.001.5

## ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ УСТАНОВКА УЭ-185 ДЛЯ ОПЛАВЛЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ СЛИТКОВ

Н. П. Тригуб, Г. В. Жук, А. Н. Пикулин,  
А. Н. Калинюк, В. Д. Корнийчук

Описана установка и элементы технологии оплавления боковой поверхности слитков металлов и сплавов электронным лучом. Предлагаемая конструкция установки и механизмов позволяет осуществлять оплавление как круглых, так и плоских слитков, причем оплавление плоских слитков производится за одно вакуумирование. Приведены основные технические параметры установки.

Equipment and elements of technology of fusion of a lateral surface of ingots of metals and alloys using electron beam are described. The offered design of the equipment and mechanisms can realize fusion of both round and also slab ingots, the fusion of slab ingots being performed here for one-time evacuation. Main technical parameters of the equipment are given.

**Ключевые слова:** электронно-лучевое оплавление; слиток; механизм перемещения и вращения; электронно-лучевая пушка

По ряду причин, обусловленных металлургическими и технологическими особенностями, на поверхности слитков из сплавов на основе железа, никеля, тугоплавких металлов, получаемых вакуумно-дуговым, плазменно-дуговым, электронно-лучевым пе-

реплавками, образуются различного рода дефекты: гофры, трещины, плёны, завороты и т. п. Наиболее распространёнными способами удаления этих дефектов являлись механические способы: обдирка, абразивная зачистка, фрезерование, строгание и т. д. [1]. Эти способы характеризуются низкими производительностью и стойкостью инструмента, а также наличием отходов в виде стружки или металлоабразивной пыли, что в конечном итоге составляет 6...15 % массы зачищаемого слитка.

В 80-е годы в промышленности начали интенсивно применяться методы обработки поверхности металлических материалов концентрированными источниками энергии — лазерным и электронным лучом, а также плазменной дугой [2, 3]. Электронно-лучевая обработка поверхностного слоя слитков и заготовок имеет определенные преимущества: наличие в печном пространстве вакуума как защитной и рафинирующей среды, высокая плотность подводимой энергии, прецизионность, простота контроля и управления технологическими параметрами.

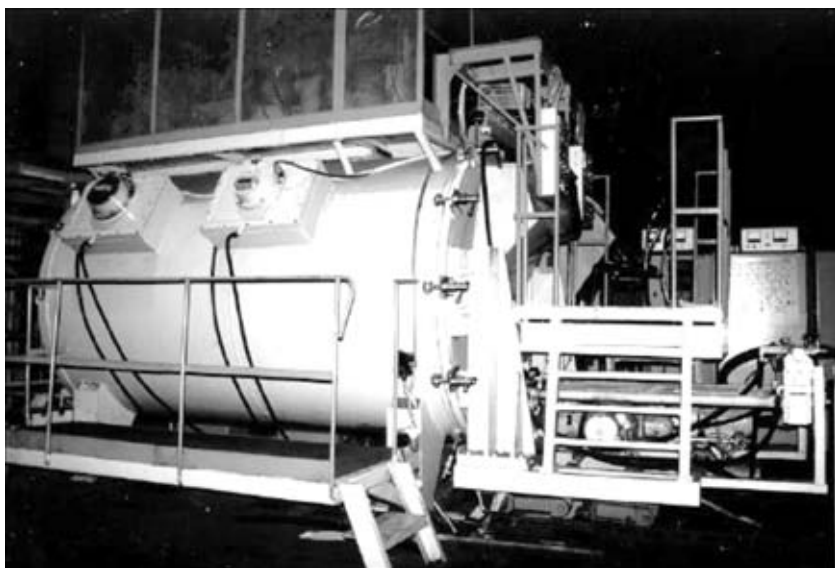


Рис. 1. Внешний вид электронно-лучевой установки УЭ-185

© Н. П. ТРИГУБ, Г. В. ЖУК, А. Н. ПИКУЛИН, А. Н. КАЛИНЮК, В. Д. КОРНИЙЧУК, 2003



В ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины разработана, изготовлена и смонтирована опытно-промышленная установка УЭ-185 для оплавления поверхностного слоя плоских и круглых слитков (рис. 1). В основе работы установки лежит принцип оплавления слитков электронным лучом [4].

**Техническая характеристика установки**

Габариты оплавляемых слитков, мм:	
круглых	
диаметр .....	100... 1100
длина .....	≤ 2000
плоских	
ширина .....	≤ 970
высота .....	≤ 165
длина .....	≤ 2000
Скорость вращения слитков, об/мин:	
рабочая .....	0,1... 0,3
маршевая .....	10
Максимальное перемещение бабки	
задней, мм .....	1200
Максимальное перемещение механизма под загрузку слитка, мм .....	
	2150
Остаточное давление, Па:	
в полости электронных пушек .....	$1,3 \cdot 10^{-2} \dots 6,6 \cdot 10^{-2}$
в камере оплавления .....	$1,3 \cdot 10^{-2} \dots 1,3 \cdot 10^{-1}$
Количество электронных пушек, шт. ....	3
Ускоряющее напряжение, кВ .....	30
Номинальный ток пушки, А .....	4

Требования, предъявляемые к энерго- и теплоносителям, следующие.

Номинальное напряжение питающей сети трехфазного переменного тока при частоте 50 Гц, В .....	380
Установленная мощность, кВт .....	900
Давление охлаждающей воды, Па .....	$(3 \dots 4) \cdot 10^5$
Расход охлаждающей оборотной воды при температуре 15 °С, м <sup>3</sup> /ч .....	50
Качество охлаждающей оборотной воды, кл. ....	6
Давление горячей воды, Па .....	$(3 \dots 4) \cdot 10^5$
Расход горячей воды при температуре 50 °С, м <sup>3</sup> /ч (подается перед вакуумированием установки на 30 мин) .....	5
Качество горячей воды, кл. ....	6
Расход воздуха при давлении $(2 \dots 6) \cdot 10^5$ Па, м <sup>3</sup> /ч .....	≤ 2
Качество воздуха, кл. ....	10



Рис. 2. Механизм вращения слитков

Установка представляет собой вакуумную камеру с механизмами, устройствами и системами, обеспечивающими проведение технологического процесса оплавления (рис. 2). Вакуумная камера оплавления — это горизонтально расположенный цилиндрический сосуд с двойными стенками, соединенными между собой фланцами, изготовленный из низкоуглеродистой стали. В зазоре между стенками циркулирует охлаждающая вода. Внутренний диаметр камеры 1800 мм, длина 3000 мм. Толщина стенок вакуумной камеры обеспечивает жесткость и надежную защиту обслуживающего персонала от рентгеновского излучения. По всей длине камеры расположены смотровые системы, позволяющие наблюдать за технологическим процессом.

К камере подводится патрубок для соединения с системой вакуумных насосов. Патрубок комплектуется предохранительным клапаном, предназначенным для стравливания газов при аварийном повышении давления в камере плавки.

Вакуумная камера герметизируется двумя вертикальными крышками, на одной из которых устанавливаются механизмы вращения и перемещения круглых или плоских слитков. Внизу камеры находятся два люка, на которые устанавливаются механизмы вертикального перемещения плоских слитков и предотвращения их прогиба в процессе оплавления.

Механизм вращения и перемещения круглых слитков состоит из крышки, которая своей боковой поверхностью стыкуется с камерой, а кронштейнами крепится к раме откатной тележки. На раме размещены четыре валька для оплавления круглых слитков. Вальки получают вращательное движение от привода, имеющего регулировку скорости вращения. Откат механизма осуществляется приводом с цепной передачей. Крышка имеет смотровую систему для наблюдения за технологическим процессом.

В механизме вращения и перемещения плоских слитков на оси боковой поверхности крышки, которая стыкуется с камерой, закреплен патрон с подвижными и неподвижными водоохлаждаемыми медными башмаками и две балки, соединенные между собой траверсой. На балках крепится и перемещается продольно бабка задняя, также имеющая установленный на оси патрон. Слиток прямоугольного сечения крепится башмаками в патронах и получает вращение от привода. В остальном конструкция механизма вращения и перемещения плоских слитков повторяет механизм для круглых слитков.

В качестве источника нагрева используются три аксиальные пушки «Патон-300», разработанные в ИЭС им. Е. О. Патона [5]. Пушки смонтированы на водоохлаждаемых фланцах в верхней части камеры.

Вакуумная система электронно-лучевой установки позволяет отдельно вакуумировать камеру оплавления и электронно-лучевые пушки. Предваритель-

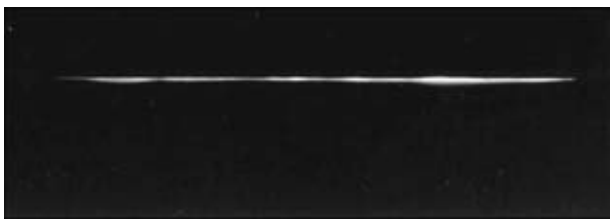


Рис. 3. Процесс оплавления

тельное разрежение в вакуумной камере создается системой механических насосов НВЗ-300 и 2ДВН-1500. Вакуумирование камеры оплавления осуществляется двумя паромасляными бустерными насосами 2НВБМ630, а внутренних полостей электронно-лучевых пушек — высоковакуумными диффузионными насосами Н160/700.

Система охлаждения состоит из комплекса гидроблоков и коллекторов, обеспечивающих подачу и слив воды, используемой для охлаждения камеры, механизмов, насосов и теплонагруженных узлов установки.

Для обеспечения режимов оплавления (стабилизации лучей пушек, скорости вращения слитков, работы вакуумных агрегатов, измерения степени разрежения и т. п.) служит система управления и контроля за технологическим процессом.

Технологию оплавления круглых слитков можно разделить на три этапа: предварительный (подготовительный); собственно оплавление слитка; заключительный.

*Предварительный этап.* Оператор цеховым краном (грузоподъемностью 10 т) укладывает оплачиваемый слиток на валки механизма вращения и перемещения круглых слитков, проверяет работу привода вращения. Затем включает привод и стыкует крышку механизма с камерой при помощи зажимов. Крышку, находящуюся с противоположной стороны камеры и перемещающуюся по балке на подвеске, оператор также стыкует с камерой при помощи зажимов. Вакуумирует установку, включает систему охлаждения установки.

*Этап оплавления слитка.* Оператор включает источник высоковольтного питания и систему управления пушками. Включает привод вращения валков, на которых лежит слиток. Затем постепенно увеличивает ток накала, фокусируя при этом лучи электронных пушек на слитке, выводит пушки на рабочий режим. Оплавляет слиток по заданной технологической схеме. Процесс оплавления слитков показан на рис. 3, а их внешний вид — на рис. 4.

*Заключительный этап.* После необходимой выдержки (остывания) слитка в вакууме оператор раз-

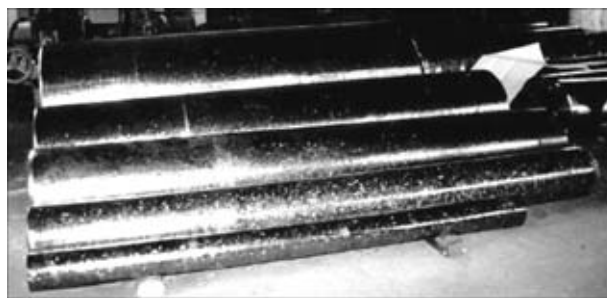


Рис. 4. Оплавленные слитки диаметром 115... 600 мм

герметизирует установку (крышка освобождается от зажимов). Расстыковывает крышку механизма вращения и перемещения круглых слитков с установкой и при помощи цехового крана вынимает оплавленный слиток.

Для оплавления плоских слитков необходимо выполнить аналогичный комплекс работ, отличающийся от предыдущего только некоторыми технологическими особенностями. При проведении предварительного и заключительного этапов эти особенности связаны с необходимостью фиксации плоского слитка в специальном устройстве, обеспечивающем его вращение при оплавлении. Это устройство смонтировано на механизме вращения и перемещения плоского слитка. Технологию оплавления в данном случае можно разделить на четыре этапа (по числу граней плоского слитка). После оплавления одной из граней слитка процесс прерывается, слиток поворачивается на 90° и затем оплавляется следующая грань. Операция поворота повторяется до оплавления всех граней слитка.

Электронно-лучевая установка УЭ-185 позволяет увеличить выход годного металла до 15 % и улучшить экологическую обстановку в производственных цехах.

1. Шуралев М. В. Методы зачистки поверхностных дефектов металла. — М.: Metallurgizdat, 1953. — 56 с.
2. К вопросу о плазменно-дуговом переплаве поверхностного слоя слитков вакуумно-дугового переплава / Ю. В. Латаш, Г. Ф. Торхов, Ю. И. Моделкин и др. // Пробл. спец. электрометаллургии. — 1983. — Вып. 18. — С. 75–79.
3. Шиллер З., Гайзик У., Панцер З. Электронно-лучевая технология. / Пер. с нем. В. П. Цишевского. — М.: Энергия, 1980. — 527 с.
4. Электронно-лучевая плавка / Б. Е. Патон, Н. П. Тригуб, Д. А. Козлитин и др. — Киев: Наук. думка, 1997. — 265 с.
5. Электронно-лучевая установка УЭ-121 / Н. П. Тригуб, Г. В. Жук, П. А. Пап и др. // Современная электрометаллургия. — 2003. — № 2. — С. 17–20.

Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, Киев

Поступила 20.04.2003