

## НОВЫЕ ЛИТЕЙНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: ЛИТЬЕ, ПРИБЛИЖЕННОЕ К КОНЕЧНЫМ РАЗМЕРАМ

В представленной работе дан краткий анализ развития новых технологий приближенного к конечным размерам литья, показаны их преимущества и недостатки.

In the present work the short recherche of the development of the near net shape casting in the world, its advantages and disadvantages are shown.

Идея литья, приближенного к конечным размерам, не нова. Еще в 1856 г. Г.Бессемер запатентовал литейную машину, в которой жидкую сталь разливалась между двумя крутящимися водоохлаждаемыми валками. Однако настоящее развитие литья, приближенное к конечным размерам, получило в конце 80-х годов XX в. С развитием новых литейных технологий листовая продукция может быть разделена на пять групп в зависимости от толщины литья, мм:

>150	Сляб
50-150	Тонкий сляб
5-50	Толстая полоса
1-5	Тонкая полоса
±1	Тонкая жесткость / фольга

Тонкий сляб и толстую полосу после литья прокатывают на станах горячей прокатки. Тонкую полосу и фольгу обрабатывают без горячей прокатки прямо на станах

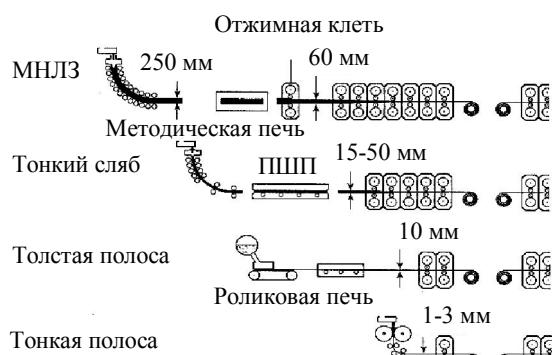


Рис.1. Схема новых литейных технологий

холодной прокатки. Преимуществом новых литейных технологий в сравнении с традиционными машинами непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) является сокращение производственной цепи (рис.1); низкие инвестиционные вложения; уменьшение себестоимости проката; снижение расходов энергии (рис.2); снижение вредных выбросов  $\text{CO}_2$  и  $\text{NO}_x$  из-за отсутствия нагревательных печей перед прокаткой.

Для производства тонкого сляба были созданы следующие технологии: CSP (Compakt-Strip-Produktion)-технология, LCR (Liquid-Core-Reduction)-метод, ISP (Inline-Strip-Production)-технология, ConRoll (Continuous Rhin Slab Casting Rolling Technology)-технология, TSP (Tippins Samsung Process)-процесс, FTSR (Flexible Thin Slab Rolling)-процесс, CPR (Casting-Pressing-Rolling)-метод. Из всех технологий разливки тонкого сляба наибольшее распространение получили CSP-установки (рис.3). Сегодня во всем мире взяты в производство примерно 25 CSP-установок с 40 литейными рукавами, из которых 71 % были произведены на «SMS Demag AG». Спектр разливаемых на CSP-установках сталей широк и включает в себя на сегодняшний день 40 % мягких (пластичные, или высокопластичные стали), 28 % высокопластичных, 2 % высокоуглеродистых, 14 % конструкционных сталей, 8 % динамосталей, 6 % углеродистых и 2 % высокопрочных микролегированных сталей.

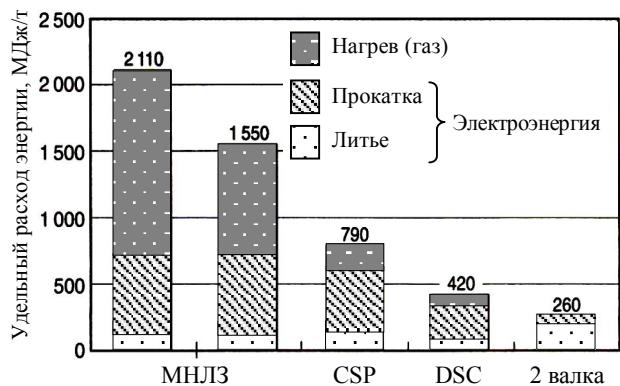


Рис.2. Расход энергии

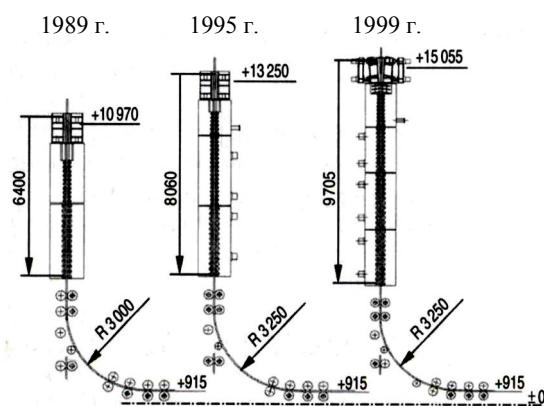


Рис.3. Схема CSP-установки

С 1989 г., года начала промышленной эксплуатации, CSP-установки претерпели некоторые конструктивные изменения. В частности, была увеличена длина зоны «направления слитка» с 6,5 до 10 м, что позволило увеличить производительность установок до 1,3 млн т/год. Также воронкообразные кокили с U-рамой были заменены кокиллями с двойной рамой. В этом году фирмой «KME Metal AG» (Osnabrueck, Германия) был разработан новый кокиль для CSP-установки из нового сплава Elbodur (CuCrZr) с улучшенными механическими свойствами. Это первый в истории металлургии кокиль с уменьшающейся толщиной по длине кокиля, что должно будет привести к равномерному охлаждению слитка.

Все литейные технологии производства толстой полосы можно разделить на технологии с ленточным или гусеничным кокилем (Hazellet-метод, KCC-технология, VBS (Vorband-Schnellgieß)-технология) и технологии литья на ленту или валок.

Из всех технологий производства тонкой ленты наибольшее распространение получила DSC-установка, где сталь разливается на вращающуюся водоохлаждаемую ленту толщиной 0,8 мм под инертной атмосферой (Ar, Ar/CO<sub>2</sub>). Установка DSC оснащена обычно тремя-четырьмя прокатными клетями. Типичная скорость литья 10-12 м/мин. На DSC-установках могут быть разлиты различные современные стали и стали с высоким содержанием Al (1-8 %), Mn (10-30 %) и Si (1-6 %).

К недостаткам DSC-установки можно отнести неоднородность, точнее, несимметричность структуры. Интенсивный отвод тепла от нижней поверхности полосы приводит к смещению оси симметрии структуры. Ось симметрии находится при этом на расстоянии 2/3 от нижней поверхности. Только применение дальнейшей трехступенчатой прокатки (обжатие 70 %) приводит к выравниванию несимметричной структуры.

Тонкую полосу и фольгу разливают на одно- и двухвалковых литьевых установках. К одновалковым относятся Metamorph-метод, OCC (Ohno-Continuous-Casting)-процесс, ITR (Inside The Ring)-метод. На сегодняшний день двухвалковые машины установлены на следующих предприятиях, в лабораториях и институтах: «Nippon Steel» (Hikari, Япония), BHP/IHI (Port Kembla, Австралия), AST (Terni, Италия), KTN (Krefeld, Германия), «Posco» (Pohang, Южная Корея), «Pacific Metals» (Япония), RWTH (Aachen, Германия), MPI (Duesseldorf, Германия), «British Steel» (Teesside, Англия), IRSID (Maizières-les-Metz, Франция), IMI (Boucherville, Канада).

Отсутствие литейного порошка между валками и сталью приводит к экстремальным тепловым нагрузкам на валки и необходимости постоянной очистки их поверхности. При этом нанесенный на поверхность валков оксидный слой (SiO<sub>2</sub> / MnO) должен оставаться неповрежденным. Сегодня на двухвалковых машинах могут быть

Таблица 1

**Сравнение производственных характеристик различных литейных технологий производства листового проката**

Параметр	МНЛЗ	Тонкий слаб	Толстая полоса	Тонкая полоса	Фольга
Толщина, мм	200-250	50-150	5-50	1-5	<<1
Время кристаллизации, с	>600	>60	1-20	<1	<1
Скорость литья, м/мин	1-2,5	5-6	30-90	20-120	—
Средний тепловой поток в кокиле, МВт/м <sup>2</sup>	1-2	2-3	—	6-10	10-20
Длина установки, м	>10	—	>5	<0,5	—
Масса жидкой стали в установке, кг	>5000	—	900	<400	—
Скорость охлаждения при кристаллизации, К/с	$10^{-2}$ - $10^0$	$10^{-1}$ -10	$10^0$ - $10^2$	$10^2$ - $10^3$	$10^3$ - $10^6$
Прокатная линия	Обжимной прокатный стан и 6-7 клетей	6 клетей	2-3 клети	Прямое литье	Прямое литье

разлиты только углеродистые стали, раскисленные Si.

К недостаткам двухвалковых установок можно отнести: узкий производственный интервал, обусловленный узкой корреляцией между диаметром валков, толщиной слитка и скоростью литья; низкая годовая производительность (0,2-0,8 млн т/установка); высокое потребление инертных газов; отсутствие возможности изменения толщины разливаемого слитка во время работы установки.

Новые технологии литья, приближенного к конечным размерам (см. таблицу), были разработаны для производства не

только листового проката, но и труб RSS (Rund-Strang-Schnellgieß) и профилей сложной геометрии СВР (Compact-Beam-Production)-способ для разливки балок.

К сегодняшнему дню удалось решить все основные конструктивные и технологические проблемы при литье, приближенном к конечным размерам. Дальнейшие исследования в этой области направлены на достижение таких же механических свойств и структуры, как и в стальях, разлитых традиционным способом на МНЛЗ. При этом в центре исследований находятся сегодня низкоуглеродистые, IF-, ULC- и TRIP-стали.