

ДУБОДЕЛОВ

Виктор Иванович — академик НАН Украины, доктор технических наук, профессор, заведующий отделом магнитной гидродинамики Физико-технологического института металлов и сплавов НАН Украины

СМИРНОВ

Алексей Николаевич — доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела магнитной гидродинамики Физико-технологического института металлов и сплавов НАН Украины

КУБЕРСКИЙ

Сергей Владимирович — кандидат технических наук, профессор, докторант кафедры прикладной механики и материаловедения Донецкого национального технического университета МОН Украины

ГОРЮК

Максим Степанович — кандидат технических наук, заместитель заведующего отделом магнитной гидродинамики Физико-технологического института металлов и сплавов НАН Украины

УДК 669.18.013:512.004.15

ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ МАЛЫХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ЗАВОДОВ КАК КЛЮЧЕВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ МОДЕРНИЗАЦИИ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО КОМПЛЕКСА УКРАИНЫ

В статье приведен краткий обзор истории развития в мире концепции малых металлургических заводов, рассмотрены основные типы таких предприятий, их технологические схемы и используемое оборудование, проанализированы преимущества мини-заводов по сравнению с крупными металлургическими комбинатами полного цикла. Оценена целесообразность внедрения концепции малых металлургических заводов в процессе модернизации сталеплавильного комплекса Украины и возрождения отечественного машиностроения, предложены пути решения поставленных задач.

Ключевые слова: металлургический мини-завод, машины непрерывного литья заготовок, конкурентоспособность металлопродукции.

За все годы независимости Украина стабильно входила в десятку стран — крупнейших мировых производителей стали. Это вполне объяснимо, учитывая, с одной стороны, доставшееся после распада СССР наследство в виде металлургических предприятий, оборудования, квалифицированного персонала, сформированного потребительского спроса, налаженной логистики и пр., а с другой — масштабы страны с территорией свыше 600 тыс. км², населением более 45 млн человек и достаточно большими потребностями в качественной металлопродукции для машиностроения, строительства, транспорта, энергетики, производства бытовой техники и т.д., которые в принципе невозможно удовлетворить только за счет импорта.

При этом вклад металлургов в экономику и наполнение государственного бюджета неоспорим. Так, по итогам 2014 г. только крупнейшие компании черной металлургии заплатили около 10 млрд грн налогов. В текущем году, несмотря и даже вопреки крайне неблагоприятному фону (военные действия на востоке

страны, экономический кризис, существенно снизившиеся объемы производства), горно-металлургический комплекс, тем не менее, генерирует около 10% ВВП Украины, а с учетом поставок металлопродукции для отраслей, зависящих от металлургии, эта цифра составляет около 40%. Непосредственно в металлургической отрасли задействовано 157 тыс. человек, вместе со смежными производствами — более 286 тыс., что составляет почти 11% всех работающих в промышленности Украины [1].

Таким образом, вопрос о необходимости дальнейшего качественного развития отечественной металлургии не подвергается сомнению. Естественно, такое развитие должно основываться на систематических глубоких фундаментальных исследованиях, их внедрении в виде прикладных разработок, на современных технико-экономических и управленческих подходах как со стороны государства и его субъектов, так и со стороны собственников предприятий, их руководителей и главных специалистов.

Следует также отметить, что в последние два десятилетия большая часть выпускаемой в Украине металлопродукции (заготовка и прокат) экспортируется на мировой рынок. Именно поэтому для повышения эффективности работы отечественных металлургических предприятий прежде всего нужны новые научно-технические решения, основанные на результатах фундаментальных и прикладных исследовательских работ, выполненных учеными НАН Украины, профильных научно-исследовательских и проектных институтов, а также университетов, применительно к конкретным производственным условиям. Внедрение таких решений позволит преодолеть технологическое отставание, сформировавшееся в отрасли по ряду объективных и субъективных причин, и придаст гибкость новым технологическим построениям.

Современные рыночные условия достаточно ярко выявили неэффективность производства отдельных видов продукции на крупных отечественных интегрированных предприятиях. Большинство таких металлургических комбинатов было построено в период плановой экономи-

ки и централизованного распределения ресурсов. Номенклатура проката была ориентирована на общесоюзные нужды, а не на спрос внутри региона, что теперь негативно отражается на рентабельности производства и, соответственно, на конкурентоспособности продукции.

В целом производство металлопродукции как система совмещенных технологий, включающая подготовку и восстановление руды, выплавку, внепечную обработку, непрерывную разливку стали и прокатку заготовки, непрерывно претерпевает определенную системную трансформацию, которая обеспечивает значительный энерго- и ресурсосберегающий эффект в совокупности с повышением конкурентоспособности изделий. Характерными чертами такой трансформации являются [2, 3]:

- развитие технологий и увеличение объемов продукции, производимой на основе сырья, полученного методами прямого восстановления железа;
- повышение удельной производительности сталеплавильных агрегатов при условии выплавки в них железоуглеродистого полупродукта с низким содержанием углерода и примесей;
- комплексная доводка стали в ковше, включая ее рафинирование, корректировку химического состава и температуры;
- разливка стали на высокопроизводительных машинах непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) нового поколения, которые обеспечивают высокое качество заготовки при увеличении производительности и приближении сечения заготовки к конфигурации готовой продукции;
- повышение требований к качеству непрерывнолитого слитка вследствие увеличения доли заготовки, отправляемой на экспорт;
- ужесточение требований к выполнению международных обязательств по энергосбережению и экологической безопасности технологий.

Для Украины важнейшим фактором развития металлургии является экологическая составляющая функционирования металлургических предприятий, которые располагаются преимущественно вблизи крупных насе-

ленных пунктов и соседствуют с обширными сельскохозяйственными угодьями. Необходимость трансформации металлургических предприятий в условиях промышленного комплекса Украины усиливается еще и тем, что уже в самое ближайшее время потребуется восстановление функционирования машиностроительных предприятий, расположенных на востоке страны.

Современные тенденции реструктуризации черной металлургии в постиндустриальных странах свидетельствуют о том, что эффективность мероприятий по оптимизации объемов производства и видов металлопродукции во многом определяется внутренними условиями, сформировавшимися в данной конкретной стране, а также ситуацией на мировых рынках сырья, энергии и металлопродукции. Среди доминирующих факторов развития современных металлургических заводов полного цикла можно выделить следующие:

- снижение затрат при производстве и реализации металлопродукции, позволяющее компании занимать конкурентную позицию на внутреннем и мировом рынке (как правило, лидерами продаж являются заводы, расположенные в местах с дешевыми энергетическими, трудовыми и сырьевыми ресурсами);
- обострение международной конкуренции, которая наблюдается среди производителей не только стали, но и различных конструкционных материалов, рассматриваемых в качестве заменителей стальной продукции;
- развитие процессов слияния и поглощения металлургических компаний, что может заметно влиять на ситуацию на мировом рынке (в мире по-прежнему сохраняется тенденция к укрупнению металлургических компаний, в том числе и за счет их вертикальной интеграции);
- бурный рост объемов производства стали в Китае и стремление китайских компаний занять доминирующее положение по экспорту стали в мире (в настоящее время металлургия КНР производит без малого половину всего мирового объема стали).

Наблюдавшаяся в 70–80-е годы прошлого столетия тенденция строительства сверх-

крупных (7–8 млн т стали в год и более) металлургических комбинатов полного цикла в нынешнем веке перерастает в стремление металлургических компаний к уменьшению производственных площадей, сокращению финансовых и энергетических затрат, минимизации необходимого технологического оборудования при параллельном повышении качества продукции. Эта концепция может быть успешно реализована применительно к технологическому построению *металлургического мини-завода*, получившему за последние 40 лет широкое распространение в большинстве стран мира [4–6]. В основу стратегии развития таких предприятий закладываются новейшие проектные и технические решения, которые позволяют производить заготовку и прокат путем переплава в дуговых сталеплавильных печах металлолома и разливки стали на МНЛЗ. В настоящее время примерно треть всей стали в мире выплавляется в дуговых печах мини-заводов.

Основная причина роста количества металлургических мини-заводов кроется в их высокой конкурентоспособности по сравнению с заводами полного цикла, что достигается благодаря минимизации издержек в условиях применения наиболее совершенных методов производства и разливки стали с высоким уровнем автоматизации, а также снижению затрат на транспортировку сырья и продукции. Как правило, металлургический мини-завод ориентируется на потребление сырья данного региона. В отдельных случаях его размещают вблизи крупного потребителя металлопродукции. Например, при организации производства строительной арматуры завод целесообразно располагать вблизи больших мегаполисов.

Не менее важной мотивацией строительства металлургических мини-заводов является необходимость соблюдения экологических требований, которые год от года ужесточаются. Мероприятия по защите окружающей среды требуют значительных финансовых затрат. Поэтому многие металлургические предприятия прошлых лет постройки заинтересованы в создании в своей структуре современных элек-

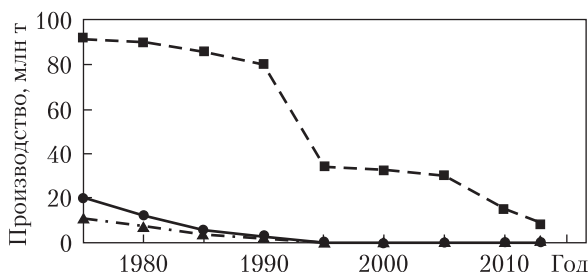


Рис. 1. Динаміка зменшення об'ємів виробництва маргеновської сталі в США (●), Німеччині (▲) та СРСР/СНГ (■)

тросталеплавильних виробств на основі екологічно чистих і енергозберігаючих технологій, без застосування таких дуже «брудних» і енергоємних процесів, як обогачення і агломерація руди, а також виплавка чугуна в доменних печах.

К початку третього тисячоліття в світі накоплено величезний металлофонд, оцінюваний на рівні 33–35 млрд т, що вимагає постійного вдосконалення технологічних варіантів утилізації потенціальних джерел амортизаційного лому і створення відповідної заготівельної мережі [7]. Зростання об'ємів виробництва на металургічних міні-заводах, використовують як сировину металлолом і його заміники, обумовлено також тим, що на таких підприємствах здійснюється ефективна комерціалізація переробки металлолому, яка суттєво змінює конкурентну ситуацію в галузі. Крім того, привабливості цього сегмента металургії сприяють низькі удільні капіталовкладення, короткий будівельний цикл, проста і компактна технологія, високий рівень автоматизації, спеціалізований асортимент продукції, орієнтований на конкретного споживача, висока продуктивність праці при оптимізації виробничих витрат і т.п.

Вважають, що перший повноцінний міні- завод з об'ємом виробництва близько 200 тис. т арматури в рік був запущений в експлуатацію в 1964 р. компанією LASCO (Lake Ontario Steel Company) біля Торонто. Її характерною особливістю було те, що вся про-

изводима в дугових сталеплавильних печах сталь розливалася на сортових МНЛЗ, а потім прокатувалася на сортовому прокатному стані. Саме на цьому заводі вдалося сформувати нову філософію управління, що полягає в обмеженні кількості керівних менеджерів і постійному вдосконаленні всіх видів діяльності, починаючи з технології і обладнання і закінчуючи навчанням персоналу, забезпеченням його безпеки і стимулюванням праці. Такий підхід отримав широке поширення в північноамериканській металургійній промисловості і мав суттєвий вплив на її подальше розвиток.

Період 1960–1970-х років характеризувався появою багатьох інноваційних технічних рішень. Зокрема це стосується технологічних операцій, спрямованих на покращення якості сталі: продувка сталі в ковше інертним газом через пористу пробку, вакуумування сталі в ковше, електромагнітне перемішування сталі в ковше і при розливці на МНЛЗ, підігрів сталі в ковше за допомогою електричної дуги і пр. В сукупності з низькою ринковою ціною металлолому (порядка 30 \$/т) і витратами на будівництво міні-завода (50 \$ на тону річного виробництва металу) це сприяло швидкому поширенню концепції міні- заводів в світі.

В 70–80-х роках міні-заводи успішно конкурували з заводами повного циклу, обладнаними переважно маргеновськими печами, технологічний процес в яких практично не дозволяв здійснювати доводку сталі в ковше і розливку на МНЛЗ. Вартість виробництва арматури на міні-заводах, орієнтованих на регіонального споживача, становила приблизно на 20% нижче, ніж у великих комбінатів [8]. Подальше зростання кількості підприємств такого типу було обумовлено невеликою часткою ринку будівельної арматури в США (менше 4%), тому її виробництво не приносило комбінатам повного циклу значущої прибутку. Крім того, будівельна арматура вимагалася в основному малими і середніми

строительными компаниями в разных уголках страны, что требует дополнительных логистических решений.

Период 1970–1980-х годов отличался также быстрым сокращением доли выплавки стали в мартеновских печах (рис. 1) и заменой их на крупные конвертерные цеха и мини-заводы. Дольше всего мартеновские цеха эксплуатировались в России и Украине, что значительно задержало процесс распространения мини-заводов в этих странах.

При замене мартеновских печей на конвертеры на рынке образовался избыток металлолома, обусловленный тем, что в шихте конвертера металлолом может составлять только 15–30%, тогда как в мартеновских печах – 50% и более. Соответственно, цена на металлолом в этот период была весьма низкой. Исключение из технологической цепочки операций, связанных с подготовкой и восстановлением железной руды, низкая стоимость металлолома и удачное размещение обеспечивали первым металлургическим мини-заводам конкурентное преимущество, особенно по отношению к оснащенным мартеновскими печами комбинатам полного цикла. Так, в 1975 г. в США и Канаде насчитывалось уже более 40 мини-заводов. В начале 1980-х годов в Западной Европе и Азии их количество также начало стремительно расти. Этому в немалой степени способствовало оснащение мини-заводов высокоэффективными дуговыми сталеплавильными печами и агрегатами типа «ковш-печь», которые исполняли роль буферной единицы между дискретно работающей дуговой сталеплавильной печью и непрерывно работающей МНЛЗ. К концу 80-х годов удалось в 1,5–2 раза повысить производительность сортовых МНЛЗ за счет применения параболических кристаллизаторов с переменной конусностью. В результате нормальной практикой стали предприятия с годовым объемом производства 0,7–1,1 млн т.

Примерно в это же время на мировом рынке исчез избыток металлолома, что было связано, с одной стороны, с бурным развитием мини-заводов, а с другой – с увеличением доли

стали, разливаемой непрерывным способом. Именно замена разливки стали в слитки на непрерывную разливку кардинально снизила количество оборотного металлолома и привела к повышению спроса на амортизационный металлический лом.

Таким образом, пока металлургические мини-заводы конкурировали с металлургическими комбинатами полного цикла в условиях дешевого металлолома, они имели высокую прибыль (до 27%). С уменьшением на рынке предложения длинномерной продукции комбинатов полного цикла эта нишу заполняли мини-заводы, и постепенно между ними началась жесткая конкуренция, а доходы упали практически до начального уровня (7%). Сложившаяся ситуация стимулировала бурное развитие высокоэффективного оборудования и новых технологий для металлургических мини-заводов. Выигрывали те предприятия, которые шли на оправданный риск, внедряя современные технологии, и тем самым значительно увеличивали прибыль [9].

Для повышения эффективности и увеличения прибыли владельцы различных мини-заводов успешно реализовали ряд организационных и технологических мероприятий (рис. 2):

- использование высокопроизводительных дуговых печей с большой массой плавки [5];
- применение агрегатов для комплексной доводки стали в ковше (типа «ковш-печь»), которые обеспечивают доводку стали по химическому составу и температуре, а также согласовывают работу плавильной печи и машины непрерывной разливки как единого модуля;
 - совершенствование технологий;
 - освоение выпуска более прибыльных видов продукции (полоса, в т.ч. с покрытием, проволока, строительная арматура, трубы, балка, уголок, швеллер, металлочерепица и пр.);
 - приобретение местных и создание собственных компаний, специализирующихся на заготовке лома;
 - открытие офисов и складов в крупных близлежащих городах для расширения сбыта металлопродукции и улучшения сервиса.

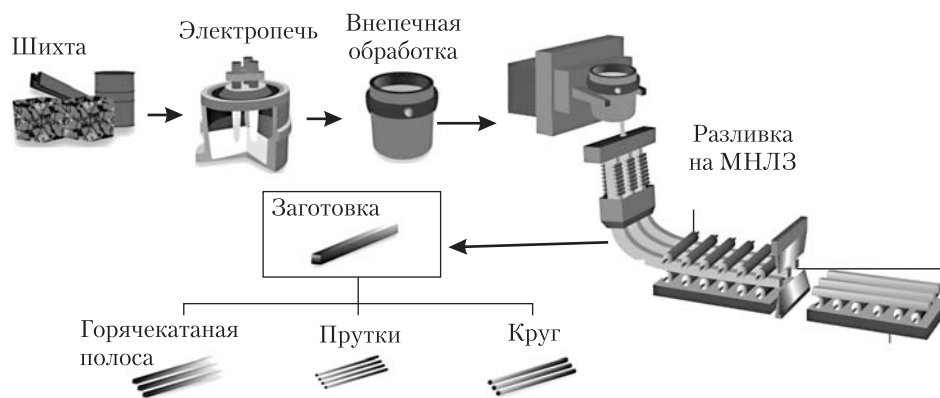


Рис. 2. Общая схема построения металлургического мини-завода

Как правило, переход от одной группы металлопродукции к другой сопровождался кратковременным периодом получения высокой прибыли, до тех пор, пока на рынке не появлялись конкуренты.

Кардинально новым шагом в развитии мини-заводов стало появление предприятий для производства тонкого плоского проката на основе концепции литейно-прокатных модулей (ЛПМ) [10], в которых органично совместились процессы разливки стали на тонкий сляб и его последующая горячая прокатка без охлаждения (рис. 3). Для литейно-прокатных модулей характерны высокие скорости литья (свыше 7 м/мин), что соответствует производительности по формообразованию заготовки более 5 т/мин. При этом получаемая заготовка представляет собой тонкий сляб толщиной 50–80 мм. Производительность ЛПМ может составлять 1–2 млн т стали в год в зависимости от сечения тонкого сляба, марок разливаемых сталей и конструкции МНЛЗ.

Первые промышленные мини-заводы, оснащенные ЛПМ, появились в конце 80-х годов. В настоящее время в мире насчитывается свыше 60 цехов с ЛПМ, которые производят более 80 млн т тонкого листа в год. Большинство таких цехов в качестве металлической части шихты использует прямовосстановленное железо DRI (процессы Midrex, Corex, Finex и т.п.). Литейно-прокатные модули успешно функционируют на металлургических мини-заводах в США (около 40%), Западной Евро-

пе (более 20%) и в развивающихся странах, включая Китай и Индию (35%). Лидером в развитии концепции мини-заводов с ЛПМ для тонкого листа является фирма SMS-Demag (Германия), которая успешно эксплуатирует 45 таких модулей. В последние годы заводы с ЛПМ становятся особо актуальными, поскольку потребители предъявляют все более жесткие требования к техническим свойствам металлопродукции, а у производителей металла возрастает потребность в экономии материальных и энергетических ресурсов, а также в их оборотном использовании для решения экологических проблем.

На территории бывшего СССР имеется лишь один металлургический мини-завод в России, в г. Выкса, на котором в 2008 г. генеральный подрядчик фирма Danieli (Италия) реализовала технологию ЛПМ.

Таким образом, появление мини-заводов различной мощности в сегментах как длинномерного, так и плоского проката свидетельствует об устойчивом тренде их высокой конкурентоспособности и гибкости.

Следует ожидать, что металлургическое мини-производство как технологическая система будет развиваться по пути большей фрагментации рынка за счет строительства более компактных предприятий с ограниченной мощностью. При этом фрагментация рынка на еще более мелкие сегменты позволяет мини-заводам снизить, прежде всего, финансовые риски. Известно, что небольшой локальный

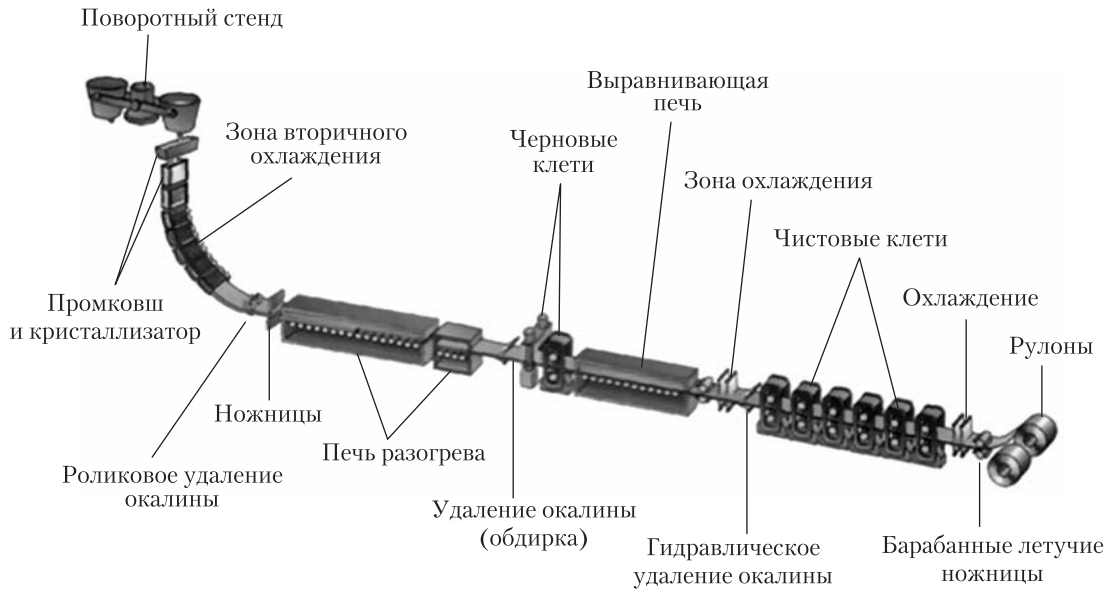


Рис. 3. Схема литейно-прокатного модуля для получения тонкого листа

рынок достаточно прогнозируем, и на нем всегда проще найти сбыт для небольших партий продукции. Компактность и высокий уровень экологичности новых предприятий значительно усиливают все преимущества мини-заводов. В этом случае появляется возможность размещения заводов в непосредственной близости к месту потребления продукции. Для таких предприятий небольшие по объемам заказы становятся достаточно важными, поскольку их выполнение осуществляется очень быстро, а транспортные и складские расходы оказываются минимальными.

За последние 25 лет благодаря существенному прогрессу в технологии электродуговой плавки, комплексной доводке стали в ковше и совершенствованию процессов непрерывной разливки, которые учитывают специфику производства конкретных видов продукции, полностью сформировалась экономическая концепция металлургических мини-заводов с объемом годового производства от нескольких десятков тысяч до 2–3 млн т металлопродукции в год. Такая ситуация стимулирует дальнейшую интенсивную структурную перестройку отрасли как в определенных регионах, так и для отдельных металлургических пред-

приятий и цехов. В этом случае основной упор делается на повышение функциональной гибкости и экономической эффективности производства при условии обеспечения необходимого качества готовой продукции.

Едва ли не важнейшей задачей при принятии решения о строительстве или модернизации мини-завода является определение оптимальных объемов производства в привязке к конкретным видам металлопродукции [5, 6, 11, 12]. Эта задача представляется достаточно сложной и требует комплексного анализа многих факторов, в том числе региональных особенностей, финансовых возможностей инвестора, обеспеченности металлоломом, электроэнергией, емкости локального рынка и т.п.

В конструктивном плане характерной особенностью современной концепции мини-завода является широкий перечень новых технологических процессов и агрегатов, впервые освоенных и адаптированных непосредственно для развития такого рода предприятий, а также высокая степень их функциональной совместимости между собой в едином технологическом цикле [13–15]. Анализируя стратегии развития и показатели работы наиболее эффективных малых металлургических

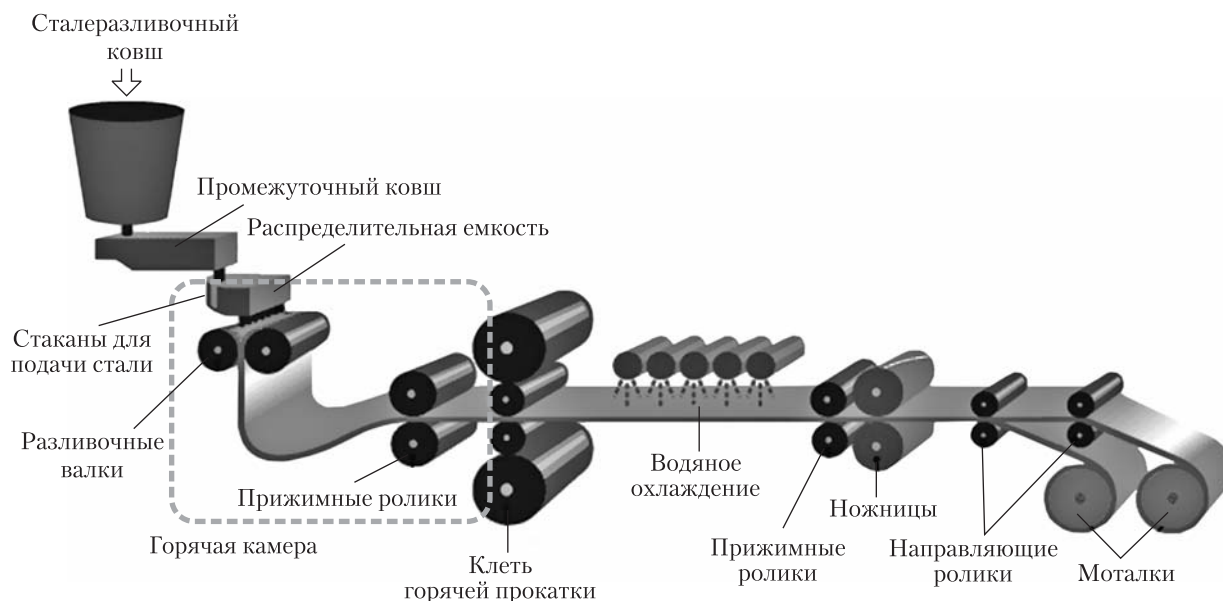


Рис. 4. Технологическая схема разливки стали для получения тонкого листа на двухвалковой МНЛЗ

заводов, следует отметить, что предприятия с объемами производства 200–300 тыс. т металлопродукции в год и более, как правило, используют стратегию минимизации издержек производства, предполагающую ритмичную работу завода с обеспечением номинальной производительности.

Так, для заводов, производящих квадратную заготовку и длинномерный прокат, технологическое построение завода предполагает разливку стали на МНЛЗ длинными и сверхдлинными сериями (несколько десятков плавок). Еще в большей степени удается совместить технологические операции выплавки, разливки и прокатки металла при получении плоской продукции. Предприятия такого типа собственно и называют мини-заводами.

Малые металлургические предприятия с меньшими объемами производства, так называемые *микро-заводы*, требуют принципиально других подходов к бизнесу, стратегии развития, обеспечению сырьем, логистике, основным технологическим операциям и пр. Быстрому распространению таких заводов в различных странах мира способствовал научно-технический прогресс, который обе-

спечил повышение эффективности выплавки стали в дуговых печах, ее доводки в ковше, разливки на МНЛЗ. На наш взгляд, на сегодня возможности повышения эффективности доводки и разливки стали для микро-заводов еще далеко не исчерпаны. Это прежде всего относится к малым (несколько тонн) массам плавки, для которых достаточно перспективным представляется совмещение операции доводки и разливки стали непосредственно в промежуточном ковше разливочного агрегата.

Металлургические микро-заводы условно можно разделить на несколько функционально-технологических групп.

Группа А. Заводы, специализирующиеся на производстве квадратной или круглой заготовки, получаемой при разливке на одно- или двухручьева сортовой МНЛЗ. В принципе такие заводы имеют классическое технологическое построение (рис. 2). Как правило, номинальный объем производства на них составляет 100–200 тыс. т в год и определяется нижней границей рентабельности. Характерной особенностью конструктивного построения такого микро-завода является компактная радиальная МНЛЗ, имеющая один или два ручья. При

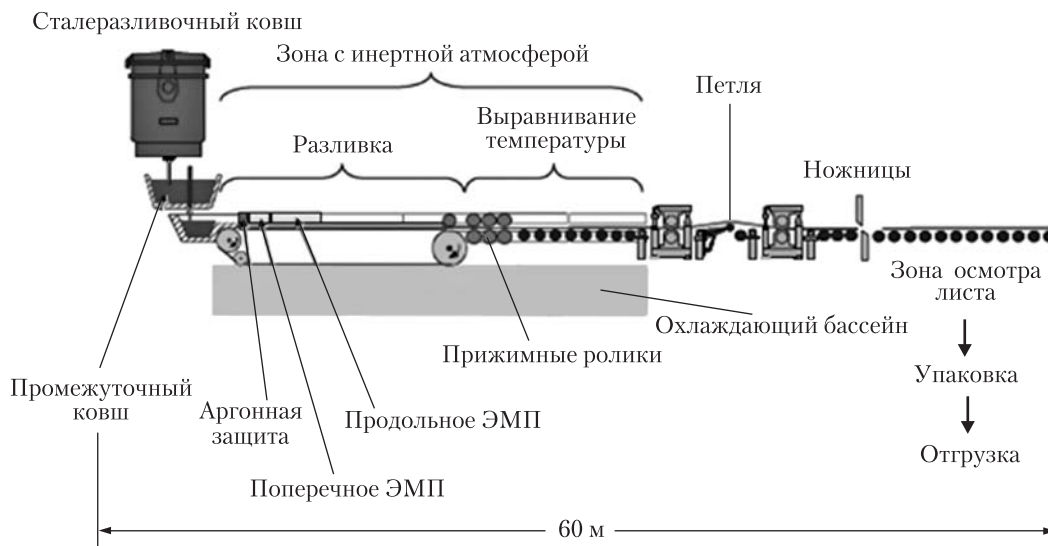


Рис. 5. Схема горизонтальной разливки стали для получения тонкого листа по технологии Belt Casting Technology

этом радиус машины составляет 3–4 м при сечении заготовки 70–100 мм [15–18]. На практике на таких предприятиях реальное производство ниже номинального, что позволяет им использовать экономные схемы работы, в том числе в две или даже в одну смену. При этом выплавка стали осуществляется в ночное время, что снижает затраты на электроэнергию.

Группа Б. Заводы, специализирующиеся на производстве тонкого горячекатаного листа, получаемого путем разливки стали непосредственно на лист толщиной 6–12 мм. Целесообразность создания агрегатов для прямого литья тонкого листа и полосы обусловлена достаточно высокими показателями энергосбережения, низким уровнем капитальных вложений и возможностью организации производства различных объемов стали. В настоящее время в США на заводе фирмы NUCOR Steel в Кроуфордсвилле уже используется агрегат для разливки стали на двухвалковых МНЛЗ Castrip (рис. 4) [19].

Технологическая схема получения тонкого листа с применением двухвалковых МНЛЗ имеет огромный потенциал в части экономии энергетических ресурсов (8–10 раз), снижения потерь с окалиной (40–50 раз), повышения производительности работы персонала (5–10 раз), снижения выбросов парникового

газа (10–20 раз) при существенном уменьшении затрат на капитальное строительство, что обеспечивает экономическую мотивацию.

Достаточно перспективной представляется также разработка компании SMS Siemag AG, в которой сталь разливается на лист толщиной 10–30 мм. Однако эта технология (Belt Casting Technology) предполагает подачу стали на горизонтально движущуюся ленту (рис. 5) [20]. Формирование листа по ширине осуществляют посредством специального электромагнитного перемешивателя с направлением поля, перпендикулярным вектору движения листа.

Группа В. Заводы, специализирующиеся на производстве заготовки для специальных видов металлопродукции из качественных марок стали. Такие заводы обычно ориентированы на производство заготовок небольшими (до десятков тонн) партиями, что обеспечивает им конкурентное преимущество по срокам выполнения заказов. Как правило, такие микрозаводы используют дуговые сталеплавильные и индукционные печи небольшого объема (5–15 т). При этом разливка стали осуществляется либо на машинах полунепрерывной разливки стали (МПНЛЗ), позволяющих разливать 1–2 плавки, либо на горизонтальных машинах непрерывного литья (ГМНЛЗ). Та-

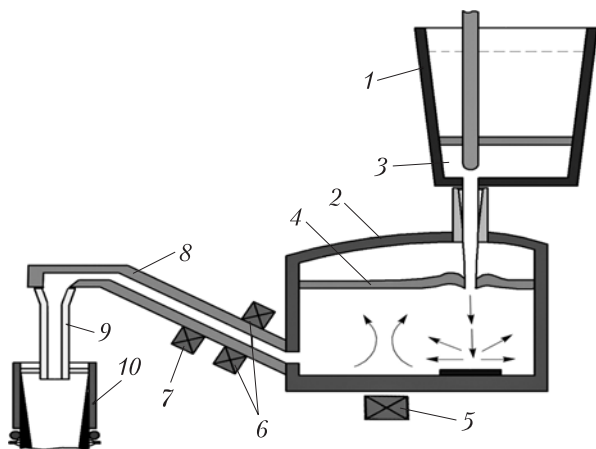


Рис. 6. Общий вид промежуточного ковша для микро-МНЛЗ с применением устройств, реализующих комплекс электромагнитных воздействий: 1 – сталеразливочный ковш; 2 – промежуточный ковш; 3 – жидкая сталь; 4 – покровный шлак; 5 – электромагнитный перемешиватель; 6 – электромагнитный индуктор для подогрева стали; 7 – электромагнитное устройство для дозирования стали при разливке; 8 – огнеупорный канал для транспортировки стали; 9 – погружной стакан; 10 – кристаллизатор МНЛЗ

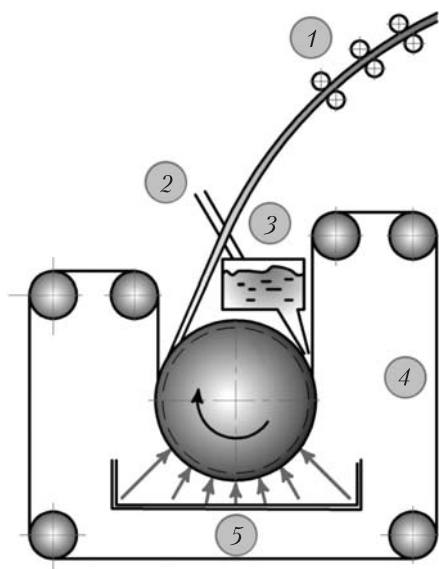


Рис. 7. Схема непрерывной разливки меди на колесо: 1 – получаемая заготовка; 2 – подача меди от ковша; 3 – промежуточный ковш; 4 – стальная лента; 5 – зона водяного охлаждения

кие машины для непрерывной разливки позволяют существенно снизить отходы стали при разливке, а также максимально приблизить профиль заготовки к требуемому с точки зрения получения конечной продукции.

Производство и разливка стали небольшими партиями позволяет скорректировать систему технологических операций применительно к конкретному микро-заводу. Например, при определенных условиях доводку стали по температуре, химическому составу и качеству можно осуществлять в промежуточном ковше. Поскольку объемы металла небольшие, промежуточный ковш может быть оборудован дополнительными электромагнитными устройствами (рис. 6) [21, 22], причем не только для интенсивного перемешивания металла, но и для его подогрева и дозирования при подаче в кристаллизатор.

По сути, предложенный магнитодинамический промежуточный ковш, который обеспечивает комплексные электромагнитные воздействия на расплав, приближается по своей функциональности к классическому агрегату «ковш-печь», совмещенному с литейным агрегатом. Такой промежуточный ковш создает дополнительные возможности для организации разливки стали с высоким выходом годной заготовки, снижает расход материалов, обеспечивает высокое качество заготовки. Благодаря небольшим объемам производства расширяются возможности по применению оригинальных машин для разливки стали, использованию специальных устройств, например центробежного литья колец с последующим их разрезанием и прокаткой на пруток или арматуру [23].

Возможны и другие технологические решения непрерывной разливки стали, которые в случае необходимости позволяют совместить процесс разливки и прокатки. Так, в цветной металлургии получил широкое распространение способ разливки на вращающееся колесо (рис. 7) [24]. Основные характеристики такой МНЛЗ, установленной на ПАО «Артемовский завод по обработке цветных металлов», следующие:

- диаметр литейного колеса с бандажом – 2000 мм;

- производительность — 6,0–14,5 т/ч (662–1580 об/ч);
- конфигурация поперечного сечения заготовки — трапеция;
- высота заготовки — 35 ± 10 мм;
- ширина заготовки — $65/55 \pm 10$ мм;
- площадь сечения отливаемой заготовки — $2100 \text{ мм}^2 \pm 10\%$;
- материал бандажа литейного колеса — хромовая бронза с добавкой циркония.

На наш взгляд, такая схема вполне может найти применение и при разливке стали. Однако при этом понадобятся новые технические решения в части организации подвода стали (дозированная, непрерывная или полунепрерывная разливка) и поддержания стабильной температуры разливки.

Таким образом, учитывая масштабы металлургического комплекса, можно констатировать, что в Украине существуют определенные условия для перестройки убыточных крупных предприятий за счет выделения из их структуры наиболее конкурентоспособных подразделений. Поэтому одним из путей повышения эффективности металлургического комплекса Украины является реструктуризация, обусловленная расширением сети предприятий с небольшими объемами производства, которые смогут обеспечивать производство малотоннажных разовых партий металлопродукции. Это особенно актуально с учетом различных возможностей доступа предприятий к рынку сырья, финансовых ресурсов, наличия локальных потребителей проката, ситуации на рынке труда, специфики местных условий и т.д. Малые металлургические заводы будут способствовать развитию региональной инфраструктуры, создавать дополнительные рабочие места, обеспечивать финансовые поступления в местный бюджет.

В каждом конкретном случае для принятия решения о выделении из структуры крупного производственного предприятия отдельной структурной единицы типа *микро-завод* необходимо учитывать достаточно много факторов. Для ответа на общую постановку вопроса, видимо, можно ограничиться такими понятиями,

как повышение конкурентоспособности, создание благоприятного климата для быстрой и поэтапной трансформации технологического производства, повышение инвестиционной привлекательности, создание гибких энерго-сберегающих комплексов, повышение эффективности управления предприятием и т.д.

В конструктивном плане характерной особенностью современной концепции микро-завода является широкий перечень новых технологических процессов и агрегатов, впервые освоенных и адаптированных непосредственно для развития такого рода предприятий, высокая степень их функциональной совместимости между собой в едином технологическом цикле. Анализируя опыт наиболее эффективных малых металлургических заводов, следует отметить, что их высокие показатели и конкурентоспособность достигаются благодаря применению разных стратегий развития для различных объемов производства и видов продукции.

При организации микро-заводов не следует ставить задачу обязательного выпуска проката, если только не планируется потребление продукции в непосредственной близости от производства и при условии полного отсутствия производителей проката в регионе. Выбор вида и сортамента конечной продукции, марок сталей должен быть строго обоснован экономическими расчетами и оценками возможных изменений на рынке металлургической продукции.

В последние два десятилетия быстрому распространению в мире малых заводов с объемами производства менее 200 тыс. т в год способствовал научно-технический прогресс, и, на наш взгляд, возможности повышения эффективности доводки и разливки стали для микро-заводов еще далеко не исчерпаны.

Современные научные разработки и новые технические решения позволяют создать компактные металлургические агрегаты и их отдельные узлы, объединенные в самостоятельные, легко заменяемые блоки-модули. Возможными заказчиками для микро-заводов являются машиностроительные предприятия,

желающие перерабатывать лом черных металлов и отходы производства для собственных нужд, а также предприниматели, занимающиеся сбором, переработкой и реализацией металлолома. Использование таких подходов

является особенно важным с учетом задач по восстановлению функционирования машиностроительного комплекса и реанимации инфраструктуры восточных областей Украины, пострадавших во время военных действий.

REFERENCES

1. Forbes Ukraine. <http://forbes.net.ua/business/1397249-vlomit-i-splavit-8-krupnejshih-igrokov-na-rynke-metalloma>.
2. Zaruskalov N.M. *Stal'*. 2013. (9): 84. [in Russian].
[Запускалов Н.М. Мини металлургические заводы: основы успеха. *Сталь*. 2013. № 9. С. 84–92].
3. Smirnov A.N. *Chernaya metallurgiya*. 2011. (6): 10. [in Russian].
[Смирнов А.Н. Развитие электрометаллургических мини-заводов в структуре сталеплавильного комплекса Украины. *Черная металлургия: бюллетень научно-технической и экономической информации*. 2011. № 6. С. 10–12].
4. Lyakishev N.P., Nikolayev A.V. *Elektrometallurgiya*. 2002.(1): 3. [in Russian].
[Лякишев Н.П., Николаев А.В. Металлургия стали на пороге третьего тысячелетия. *Электрометаллургия*. 2002. № 1. С. 3–13].
5. Smirnov A.N., Safonov V.M., Dorokhova L.V., Tsuprun A.Yu. *Mini-Steel Mill*. (Donetsk: Nord-Press, 2005). [in Russian].
[Смирнов А.Н., Сафонов В.М., Дорохова Л.В., Цупрун А.Ю. *Металлургические мини-заводы*. Донецк: Норд-Пресс, 2005].
6. Protasov A.V., Pasechnik N.V., Sivak B.A. *Electrometallurgical Mini-Plants*. (Moscow: Metallurgizdat, 2013). [in Russian].
[Протасов А.В., Пасечник Н.В., Сивак Б.А. *Электрометаллургические мини-заводы*. М.: Металлургиздат, 2013].
7. Dahlmann P., Fandrich R., Lungen H.B. The steel industry in Europe – innovation and efficient. In: *Proc. 6th European Oxygen Steelmaking Conference*. (Sept. 7–9, 2011, Stockholm). P. 1–14.
8. Zaruskalov N.M. *Metallosnabzheniye i sbyt*. 2013. (9): 80. [in Russian].
[Запускалов Н. Мини металлургический завод: международный опыт. *Металлоснабжение и сбыт*. 2013. № 9. С. 80–92].
9. Ameling D. Steel – Innovative solutions for energy and resource challenges. In: *Proc. 9th European Electric Steelmaking Conference*. (May 19–20, 2008, Krakow).
10. Smirnov A.N. *Stal'*. 2014. (9): 17. [in Russian].
[Смирнов А.Н. Инновационные решения в области непрерывной разливки стали. *Сталь*. 2014. № 9. С. 17–22].
11. Steblov A.B. *Stal'*. 2010. (12): 50. [in Russian].
[Стеблов А.Б. Модульный принцип строительства металлургических мини-заводов. *Сталь*. 2010. № 12. С. 50–53].
12. Taïrbekov M., Steblov A. *Metallosnabzheniye i sbyt*. 2015. (7–8): 95. [in Russian].
[Таирбеков М., Стеблов А. Строим мини-завод. С чего начать? *Металлоснабжение и сбыт*. 2015. № 7–8. С. 95–100].
13. Stubbles J.P. The Minimill Story. *Metallurgical and Materials Transaction*. 2009. **40B**(4): 134.
14. Smirnov A.N., Tsuprun A.Yu., Shtepan Ye.V., Novikova Ye.V. *Metall i lit'ye Ukrainy*. 2009. (1–2): 15. [in Russian].
[Смирнов А.Н., Цупрун А.Ю., Штепан Е.В., Новикова Е.В. Некоторые аспекты организации производства в условиях современного микро-завода. *Металл и литье Украины*. 2009. № 1–2. С. 15–19].
15. Cabai G. Micro steel mill project implemented in Iceland. *MPT International*. 2014. (3): 48.
16. Stalinskiy D.V., Rudyuk A.S., Medvedev S.G., Kryukov Yu.B. *Shtrips. Metall. Tekhnologii. Biznes*. 2007–2008. (20–21): 15. [in Russian].
[Сталинский Д.В., Рудюк А.С., Медведев С.Г., Крюков Ю.Б. Металлургические микро-заводы. *Штрипс. Металл. Технологии. Бизнес*. 2007–2008. № 20–21. С. 15–19].
17. Kostin V.N., Popkov M.N., Reshetov V.V., Trushin A.I. *Chernaya metallurgiya*. 2008. (3): 51. [in Russian].
[Костин В.Н., Попков М.Н., Решетов В.В., Трушин А.И. Анализ технических и технологических особенностей микрометаллургических модулей и оценка возможных вариантов их внедрения. *Черная металлургия: бюллетень научно-технической и экономической информации*. 2008. № 3. С. 51–58].

18. Steblov A., Berezov S., Kozlov A. *Metallosnabzheniye i sbyt.* 2013. (4): 68. [in Russian].
[Стеблов А., Березов С., Козлов А. Мини-модули: современные решения для модернизации устаревших производств. *Металлоснабжение и сбыт.* 2013. № 4. С. 68–72].
19. Sharen V., Kempbell P., Bleyd V. *Novosti chernoy metallurgii za rubezhom.* 2009. (4): 49. [in Russian].
[Щарен В., Кемпбелл П., Блейд В. Castrip – совершенствование процесса на первом промышленном агрегате для отливки полос на фирме NUCOR Steel. *Новости черной металлургии за рубежом.* 2009. № 4. С. 49–52].
20. Schlueter J., Wans J., Bausch J., Hecken H.-J. Near-net-shape Casting of Steel – Belt Casting Technology. *AISTech 2010 Proc.* 2010. 1: 1303.
21. Dubodelov V.I., Smirnov A.N., Pogorsky V.K., Goryuk M.S. *Protsessy lit'ya.* 2006. (1): 7. [in Russian].
[Дубоделов В.И., Смирнов А.Н., Погорский В.К., Горюк М.С. Усовершенствование технологии непрерывной разливки стали за счет применения оригинального магнитодинамического оборудования. *Процессы литья.* 2006. № 1. С. 7–15].
22. Dubodelov V., Smirnov A., Pogorsky V., Goryuk M. The magnetodynamic tundish for continuous casting of steel. In: *EPM 2006: Proc. 5th Int. Symp. on Electromagnetic Processing of Materials.* (October 23–27, 2006, Sendai, Japan). P. 114–119.
23. Zlobin A., Zlobin S. *Metallosnabzheniye i sbyt.* 2012. (11): 112. [in Russian].
[Злобин А., Злобин С. Судовой мобильный металлургический комплекс. *Металлоснабжение и сбыт.* 2012. № 11. С. 112–119].
24. Shutov I.V., Smirnov A.N., Kuberskiy S.V. Casting and rolling module for obtaining rolled wire from refined copper. *Metall. Min. Ind.* 2011. 3(6): 269.
[Шутов И.В., Смирнов А.Н., Куберский С.В. Литейно-прокатный модуль для получения катанки из рафинированной меди. *Металлургическая и горнорудная промышленность.* 2011. № 6. С. 44–46].

Статья поступила 26.08.2015.

V.I. Dubodelov¹, O.M. Smirnov¹, S.V. Kuberskiy², M.S. Goryuk¹

¹ Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України (Київ)

² Донецький національний технічний університет МОН України (Красноармійськ, Донецька обл.)

ІННОВАЦІЙНИЙ РОЗВИТОК МАЛИХ МЕТАЛУРГІЙНИХ ЗАВОДІВ ЯК КЛЮЧОВИЙ НАПРЯМ МОДЕРНІЗАЦІЇ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ

У статті наведено короткий огляд історії розвитку у світі концепції малих металургійних заводів, розглянуто основні типи таких підприємств, їх технологічні схеми та використовуване обладнання, проаналізовано переваги міні-заводів порівняно з великими металургійними комбінатами повного циклу. Оцінено доцільність запровадження концепції малих металургійних заводів у процесі модернізації сталеплавильного комплексу України і відродження вітчизняного машинобудування, запропоновано шляхи вирішення поставлених завдань.

Ключові слова: металургійний міні-завод, машини безперервного лиття заготовок, конкурентоспроможність металопродукції.

V. Dubodelov¹, O. Smirnov¹, S. Kuberskiy², M. Goryuk¹

¹ Physico-Technological Institute of Metals and Alloys of National Academy of Sciences of Ukraine (Kyiv)

² Donetsk National Technical University (Krasnoarmiysk, Donetsk region)

INNOVATIVE DEVELOPMENT OF SMALL METALLURGICAL PLANTS AS KEY DIRECTION AT MODERNIZATION OF STEELMAKING IN UKRAINE

The article presents the overview of evolution of concept of small steel plants in the world. There are considered the main types of such enterprises, their technological schemes and applied equipment. Also, it is analyzed the advantages of mini-plants in comparison with large steelmaking enterprises of total manufacturing cycle. Expediency of concept of small steel plants at modernization of steelmaking in Ukraine and for revival of domestic machine-building is estimated. The ways for solving the problems are proposed.

Keywords: metallurgical mini-plant, continuous casting machine, competitiveness of metal production.