

Т.М. Титова

ПРОБЛЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ НЕПРЕРЫВНОЛИТЫХ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЗАГОТОВОК

Показана актуальность проблем экологии, ресурсосбережения и рециклинга металлических отходов и лома в металлургии. Рассмотрены пути решения этих проблем при создании эффективных технологий производства конкурентоспособной биметаллической металлопродукции и, в частности, при разработке технологической схемы получения сталемедных непрерывнолитых заготовок с использованием в качестве шихты медного лома.

В последние годы в черной металлургии Украины наблюдается устойчивая тенденция к наращиванию объемов производства. Однако, сегодня степень развития и эффективность производства определяются не общим объемом произведенной продукции, а энерго– и ресурсозатратами на единицу выпускаемой продукции. Поэтому в современных условиях рыночной экономики при создании эффективных технологий производства конкурентоспособной продукции, особую актуальность приобретает экология, ресурсосбережение и вовлечение во вторичный цикл производства металлических лома и отходов. От решения этих важных проблем зависит возможность украинской металлургии удерживать престижные позиции на мировом и внутреннем рынке металла.

Постоянное увеличение выбросов вредных веществ и газов в атмосферу, нарушение экологической обстановки на планете, связанное, главным образом, с техногенной деятельностью человека и ведущее к изменению климата, росту числа тяжелых заболеваний и сокращению продолжительности жизни людей вынуждает человечество все активнее проявлять тревогу о чистоте среды своего обитания, рассматривая ее как проблему №1. Согласно подсчетам [1] затраты на ликвидацию последствий экологических катастроф в 30...35 раз больше, в сравнении с затратами на мероприятия, направленными на защиту окружающей среды. Настало время, когда предельно ясно, что экология – это именно та сфера жизнедеятельности человека, которая затрагивает одновременно всех и непосредственно каждого жителя нашей планеты. В попытке противодействия негативным факторам глобального загрязнения окружающей среды и истощения ресурсов постоянно появляются различные межгосударственные законы, договоры и соглашения (например, Международная декларация по экологически чистому производству и устойчивому развитию, Киотский договор и пр.). Надо надеяться, что в современных условиях направление развития мирового сообщества, позволяющее ему выжить, в значительной мере будет определяться выполнением решений этих документов и, прежде всего,

Концепцией устойчивого развития общества, принятой ООН в конце прошлого тысячелетия (1992г.), а создание экологически чистых процессов и технологий станет определяющим направлением дальнейшего развития цивилизации.

По мнению ряда ученых [2] антропогенные изменения на нашей планете непосредственно связаны с двумя факторами: увеличением содержания в атмосфере вредных газов и исчерпанием запасов сырьевых ресурсов. Киотским договором о защите климата Земли установлены пределы вредных выбросов для мирового климата [3]. Особую обеспокоенность вызывает загрязнение атмосферы Земли двуокисью углерода, которая, создавая «парниковый эффект», способствует глобальному потеплению на планете. Так, периодическое колебание температуры поверхности, обычно вызванное непостоянством солнечной активности, начиная с 60–х годов прошлого века значительно отличается от наблюдаемого в сторону стабильного повышения температуры, что вполне объяснимо активными выбросами в атмосферу парниковых газов и аэрозолей [4].

Между тем, металлургия Украины, используя устаревшее оборудование (износ основных производственных фондов в среднем по отрасли превышает 61%, а на ОАО «ЭМЗ Днепропеталь» и ОАО «Енакиевский металлургический завод» достигает, соответственно, 82,6% и 70,0%) и технологии (почти половина стали выплавляется в мартенах, а непрерывным способом разливается четверть общего объема выплавляемой стали), имея низкую оснащенность очистительными сооружениями, недостаточный государственный контроль и финансирование природоохранной деятельности предприятий, потребляя около 20% всех углеводородных энергоресурсов (превращая их в углекислый газ) и занимая второе после энергетики место в загрязнении окружающей среды, в настоящее время переместилась на первое [5,6,7]. Это обусловлено не только общим спадом производства, постигшим энергетическую отрасль, а также в значительной мере, связано с увеличением объемов производства металлургических предприятий. После периода спада производства, имеющего место в 1991–1999гг., повсеместно отмечается постоянное наращивание темпов и объемов производства, в частности, уровень выплавки стали по сравнению с 1999г. вырос в 1,4 раза и достиг более 36 млн. т [8]. Подъем производства сопровождался значительным ухудшением экологической обстановки в отрасли. По данным УкрГНТЦ – головной в Украине организации в области охраны окружающей среды и использования вторичных ресурсов [9], за последние 2–3 года наблюдается устойчивый рост выбросов, как по отдельным предприятиям, так и по отрасли в целом, превысивший вдвое уровень аналогичных показателей развитых стран. Так, в 2002г. выбросы загрязняющих веществ в атмосферу металлургическими предприятиями составили 1100 тыс.т из 2000 тыс.т всех выбросов ГМК Украины. В то же

время известно, что в странах, использующих высокие технологии, таких как США, Япония, Великобритания, Китай, наблюдается тенденция к снижению вредных выбросов.

Увеличение объемов производства металлопродукции предприятиями ГМК Украины, привело к росту выбросов диоксида углерода в атмосферу и обусловило крайне сложную экологическую ситуацию в левобережной части страны. Согласно сведениям, полученным на основании анализа статистических данных [10], в 2000г. выбросы предприятий Луганской обл. составили 450 тыс. т, Днепропетровской – 800 тыс. т, Донецкой – 1,6 млн.т. По данным Министерства экологии и природных ресурсов предприятия Донецко–Приднепровского региона ГМК вносят 86,3% всех выбросов в атмосферу [11]. Причем из общего объема выбросов всех промышленных предприятий, составляющих 4,1 млн. т, только на долю предприятий ГМК приходится 2,5 млн.т. (Внутри подотрасли лидирующее положение занимает Кривой Рог – 435 тыс.т выбросов в год [12]) к тому же, в последние 2–3 года наметился рост выбросов на всех металлургических переделах, в том числе, сталеплавильном, и, в частности, мартеновского и конвертерного цехов. Следует учесть, что приводимые данные по выбросам вредных веществ значительно занижены, поскольку приводятся по данным статистической отчетности предприятий [8], т.к. в постсоветской Украине независимые замеры по предприятиям отрасли не производятся. Отметим значительное (в десятки раз) превышение удельных выбросов на тонну производимой продукции отечественных предприятий по сравнению с аналогичными предприятиями стран Евросоюза. (Для сравнения: удельные выбросы на заводах Фест–Альпине (непрерывная разливки) и КГГМК «Криворожсталь» (разливка в изложницы) составляют, соответственно, 0,4–0,5 и 5,0–7,0 кг/т.)

Несмотря на то, что в настоящее время отсутствует оценка влияния экологического фактора на конкурентоспособность металлопродукции, выпускаемой предприятиями Украины, несомненно, неудовлетворительные экологические показатели ведут к ее существенному снижению, что особенно актуально в период подготовки страны стать ассоциативным членом Совета Европы и к вступлению в ВТО.

В последние годы в Украине отмечается усиление внимания со стороны государственных органов к проблемам экологии. Так, Закон Украины «Про охрану окружающей среды», специальный раздел Национальной программы развития и реформирования горно–металлургического комплекса (ГМК) Украины до 2010г. и пр. [13,14] содержат стратегию защиты окружающей среды и нацелены на ограничение вредных выбросов в атмосферу и плановую работу по улучшению экологической ситуации. Исключительную важность представляет создание ассоциации предприятий ГМК Украины

«ЭКОМЕТ» и проведение в Днепропетровске совещания экологов [11,15]. Необходимым шагом в решении проблемы экологической безопасности Украины может быть также внедрение системы управления качеством окружающей среды [16] и, в частности, системы экологического менеджмента EMAS и ISO-14000.

Не менее сложная ситуация наблюдается и в **сфере минеральных ресурсов**, являющейся одним из определяющих факторов существования и развития цивилизации. В Украине отсутствуют запасы или не налажена разработка ряда важнейших полезных ископаемых, постоянно используемых в производстве стали, таких как вольфрам, молибден, ниобий, медь и др. Мировые же запасы сырья постоянно и истощаются, и дорожают. По имеющимся данным [17] уже к концу прошлого тысячелетия человечество освоило от 20 до 70% всех металлоресурсов (до 1995г. на 40–70% исчерпаны запасы свинца, олова, серебра, золота, на 20–40% меди, никеля, цинка, марганца и пр.). Разработка же запасов полиметаллических конкреций морского дна Мирового океана, которые находятся в настоящее время в зачаточном состоянии, не смогут полностью удовлетворить мировой спрос на такие важные химические элементы, как медь, ванадий и редкоземельные металлы. Поэтому ресурсосбережение представляет одну из важнейших проблем в металлургии Украины, мощным инструментом для решения которой является применение слоистых композиционных металлов и, в том числе, биметаллов.

Изучение сложившейся ситуации на мировом рынке свидетельствует о возросшем интересе к слоистой (биметаллической) металлопродукции как со стороны производителей, так и потребителей. Проблема создания эффективных технологий получения слоистых сталей определена Президентом АН Украины, как одна из важнейших, на которой следует сосредоточить усилия научного потенциала страны [18]. Актуальность проведения разработок в указанном направлении подтверждается также соответствием их ряду статей Закона «О приоритетных направлениях инновационной деятельности в Украине» как стратегическим, касающихся развития высококачественной металлургии, новейших ресурсосберегающих технологий и новых материалов, строительству и реконструкции транспортных систем, так и рассчитанных на среднесрочную перспективу и относящихся к материалам и новейшим технологиям для антикоррозионной защиты, оборудованию и специальным технологиям металлургического производства, а также технологиям переработки вторичного сырья цветных металлов.

Появившиеся в мировой научно-технической литературе сообщения о создании новых видов двухслойного листового и сортового металлопроката, а также арматуры, свидетельствует о сравнительно близкой перспективе использования подобных разработок в различных отраслях хозяйства. Так, особую актуальность проблема создания

отечественной технологии и оборудования для получения сталемедной проволоки приобретает в связи с намеченным в стране строительством высокоскоростных железнодорожных магистралей, для реализации которого требуется использование медных проводов сечением 150–200мм². Однако низкая механическая прочность меди не позволяет использовать ее в конструкциях, подвергающихся большим нагрузкам.

Решением указанной проблемы может быть использование сталемедного биметалла, позволяющего повысить прочность медных контактных проводов за счет армирования их стальной вставкой–проволокой, что также позволяет осуществить экономию меди и способствует предотвращению имеющего место хищения медных проводов [19].

Постоянно увеличивающийся спрос на медь, медьсодержащие сплавы и биметаллическую продукцию, ограниченные мировые запасы меди и отсутствие их в Украине, а также неуклонно возрастающая, в этой связи, цена, которая в марте нынешнего года достигла предельного за последние 8 лет значения – 1, 40 долл. за фунт [20,21] стимулируют экономное использование меди, которое может быть достигнуто за счет создания эффективных ресурсосберегающих технологий ее производства, а также переработки отходов и лома. Актуальность поиска технологии получения именно сталемедной композиции, используемой в качестве исходной для получения двухслойной непрерывнолитой заготовки, предназначенной для изготовления проволоки, обусловлены также необходимостью обеспечения высокого качества и комплекса физико–механических свойств композиции. В создавшихся условиях практически по такому же пути идут и перерабатывающие заводы стран Западной Европы, вынужденные активно заниматься переработкой собственных отходов производства и не вывезенного медного лома.

Медь считается настолько выгодным для рециркуляции материалом, что считается выгодным даже рециркуляция воды после мокрой очистки электролитического медного покрытия. Так, скорость рециркуляции меди постоянно растет, например, в Германии она составляет 46% и ожидается, что в ближайшие 2 года будет доведена до 90–95% [22].

По имеющимся данным [23] именно за счет использования вторичных отходов покрывается половина потребности Украины в медном сырье. Концептуальные подходы к решению приоритетных проблем в рамках трехуровневых задач изложены в Программе «Медь Украины», среди которых особое место занимает развитие производства полуфабрикатов из меди и ее сплавов, составляющих основу дальнейшего развития приоритетных отраслей промышленности Украины, которые напрямую зависят от стабильности поставок этой высококачественной продукции. Между тем, в Украине отсутствуют оборудование и технологии для получения исходных заготовок из бескислородной меди [24].

Поэтому в современных условиях вступления Украины в период рыночных отношений существенное значение имеет проблема как создания технологий производства конкурентоспособной сталемедной металлопродукции, важнейшими составляющими которых являются экология и ресурсосбережение, так и разработка технологий переработки биметаллического лома и отходов с целью вовлечения их в повторный цикл производства.

Известны два пути создания эффективных конкурентоспособных технологий: оптимизация старых технологических схем, например, за счет полноты протекания физико-химических процессов [25] и разработка принципиально новых «прорывных» технологий, что всегда связано с определенным риском. По мнению Ж. Бира и Ж. Данлуа [4] все то, что можно было получить за счет улучшения технологических схем, уже получено, и пока нет предложений, реализация которых способствовала бы повышению эффективности технологии более чем на 10–15%, поэтому будущее за «прорывными» технологиями. Согласно [26] современная технологическая модель любого производства может быть описана на основании 9-ти критериев «С» (в соответствии с латинской аббревиатурой), в число которых входят экология, рациональное использование природных ресурсов и утилизация отходов. Решение этих тесно связанных между собой проблем определяет необходимость оптимизации «старых» и создания принципиально «новых» технологий, базирующихся на результатах фундаментальных и экспериментальных исследований.

Кратко остановимся и проанализируем некоторые эффективные пути и средства достижения каждого из трех рассмотренных факторов, характеризующих современную технологическую схему производства.

Так, практически полная **экологическая безопасность** любой промышленной технологии может быть достигнута в случае заключения всего технологического цикла в герметически замкнутую оболочку с установкой на входе и выходе улавливающих и очистительных установок. Одним из самых эффективных решений экологической защиты может быть использования **вакуумных технологий** при производстве небольших партий металлов и сплавов, потребность в которых со стороны металлопотребляющих сфер постоянно растет [27], и которые, в случае использования крупных сталеплавильных разливочных и прокатных модулей, осуществимы только на отдельных участках технологической цепи. Такой подход к решению проблемы, помимо экологического аспекта, имеет и другой, тоже очень важный – технологический, это – использование вакуума для оптимизации процессов плавки и получения высококачественных материалов. Именно вакуумирование позволяет обеспечить полноту реализации физико-химических процессов и протекания химических реакций, что, в целом, способствует оптимизации технологического процесса и снижению выбросов [12,25].

Вакуумирование технологических процессов тесно связано с **ведением плавки средствами электрометаллургии**, использующих единственный вид энергии – электричество, что уже само по себе является наиболее экологически чистым способом из всех известных металлургических процессов производства металлов и стали. Однако, при среднем мировом объеме производства электростали, составляющем по разным данным от 34 до 47% [27,28] в Украине в электропечах выплавляется только 2,0...2,9% стали [27,29] (в США – 42,6%).

Внедрение электрометаллургических процессов выплавки стали (в 2000г. в Испании–74%, Италии–60%, США–49% [30]), непрерывной разливки, вакуумных установок, увеличение использования доли металлолома в процессе выплавки стали (в конверторном процессе США – 275кг/т, что на 44 кг/т больше, по сравнению с Украиной [31], а во Франции более половины выплавляемой стали получают с применением лома) способствуют значительному ресурсосбережению и улучшению экологической ситуации. Одним из сдерживающих факторов темпов развития производства электростали в настоящее время является отсутствие в должных объемах качественного металлолома. Поэтому в мировой сталеплавильной практике существенное значение уделяют качеству лома. Несомненно, рациональное использование постоянно увеличивающихся запасов лома позволит сократить выбросы углекислого газа в атмосферу. Поэтому поиск эффективных технологий переработки лома представляет актуальную проблему металлургии.

Непрерывность процесса разливки обеспечивает современная технология непрерывного литья заготовок, экономические и экологические преимущества которой достаточно хорошо известны, что и позволило ей в мировом масштабе вытеснить порционную разливку в изложницы и формы. В настоящее время непрерывная разливка стала основным способом литья в Африке (99%). Ближней Азии (100%). Северной Америке (98,7%). Западной Европе (96,2%) [30] и др.

При выборе экологически безопасной технологии предпочтение следует отдать электрометаллургическим средствам ведения плавки и непрерывному процессу разливки в условиях вакуума. В то же время, базируясь на современных промышленных экологически чистых технологиях плавки и разливки металла, новая разрабатываемая технология должна представлять не только сплав лучших решений, но и позволять сделать качественный скачок в решении проблемы получения высококачественных биметаллических непрерывнолитых заготовок.

Решение проблемы ресурсосбережения может быть достигнуто различными путями как опосредованными (к примеру, использование вибрационного или электромагнитного воздействия на затвердевающий расплав улучшает качество осевой зоны слитка и непрерывнолитой заготовки, что ведет к уменьшению головной обрезки и, в конечном счете, экономии металла), так и прямыми, позволяющими сразу же ощутить

экономические резервы (экономное использование дорогих и дефицитных легирующих материалов, вовлечение в производственный цикл отходов и металлолома, создание композитов, в том числе, получение слоистой, биметаллической металлопродукции). Одним из наиболее эффективных и рациональных вариантов ресурсосбережения, несомненно, является создание слоистых композиционных материалов, позволяющим заменить часть изделия менее дефицитным и значимым в стоимостном выражении материалом без потери физико-механических свойств всего изделия, либо с улучшением или даже достижением качественно новых свойств получаемого при использовании композиции материала. При этом двойное ресурсосбережение может быть достигнуто за счет использования в качестве исходного сырья металлических отходов и лома.

Актуальность проблемы бережного отношения к сохранению ресурсов и целесообразность поиска технологий производства биметаллической сталемедной продукции очевидны, поскольку обусловлены: необходимостью экономии меди в связи с отсутствием залежей медных ископаемых в Украине, высокими и постоянно растущими ценами на медь и ее сплавы; отсутствием технологии получения биметаллической сталемедной проволоки в Украине; сложностью большой затратностью многоступенчатой технологической схемы производства сталемедной проволоки, используемой за рубежом; необходимостью обеспечения высокого качества и комплекса физико-механических свойств композиции; потребностью народного хозяйства в сталемедной продукции и, в частности, проволоке.

Анализ существующих способов получения двухслойных материалов свидетельствует, что известные технологии получения сталемедной заготовки многостадийны и чрезвычайно трудоемки. Так, применяемая в России технологическая схема получения заготовки для сталемедной проволоки [19] включает металлургическую технологию получения биметаллической проволоки, предполагающую отливку двухслойного слитка со стальной вставкой с последующей термической обработкой, прокаткой и волочением заготовок. Такая схема, к тому же не обеспечивает требований зарубежных стандартов. Экологически вредные методы изготовления омедненной проволоки, предусматривающие подготовку поверхности, волочение, термообработку, как и нанесение медного покрытия, повторное волочение, калибровку и пр., как и гальванические способы [32], – не обеспечивают сплошность покрытия. Известные многостадийные технологические схемы получения сталемедной проволоки в процессе деформации из стальной ленты и медной проволоки или из стальной проволоки и медной катанки [33] также не являются гарантией надежности соединения слоев.

Выполненные нами ранее исследования свидетельствуют, что бездефектность зоны контакта слоев можно обеспечить при осуществлении процесса в вакууме при условии использования в качестве раскислителя графита [34]. Разработанные затем физические и математические модели процесса отливки и формирования непрерывнолитых биметаллических заготовок позволили предложить технологическую схему получения непрерывнолитой сталемедной заготовки, предназначенной для получения проволоки, с использованием средств электрометаллургии и вакуумирование на базе промышленных отходов меди [35]. Согласно схеме технологического процесса (рис.1.) производят расплавление медных отходов в индукционной печи при одновременной подаче в кристаллизатор расплава и стальной армирующей вставки с последующим вытягиванием полученной биметаллической проволоки. Весь процесс осуществляют в вакуумной камере, а детали горячего тракта установки изготавливают из графита.

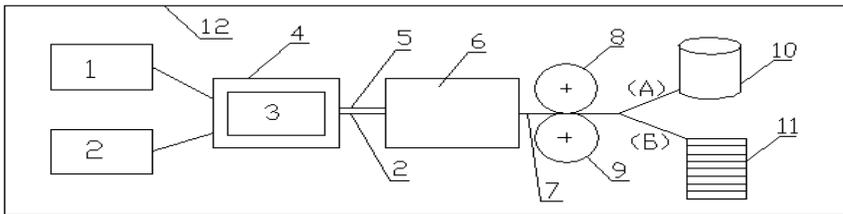


Рис.1. Схема установки для получения сталемедных непрерывнолитых заготовок малого сечения.

Стальной стержень выполняет роль армирующего элемента, обеспечивая необходимый комплекс свойств сталемедной композиции. Режим ведения плавки таков, что чистота исходных продуктов не является лимитирующим звеном процесса, это позволяет вовлечь в повторный цикл производства отходы меди в качестве исходных материалов, обеспечивающих ресурсосбережение. Разработанная нами технология получения непрерывнолитой сталемедной заготовки в условиях вакуума включает современные эффективные средства ведения процесса плавки и разлива металлов и сплавов: индукционную печь, вакуумную камеру, непрерывную разливку металла, что позволяет достичь экологической чистоты и двойного ресурсосбережения (за счет использования в качестве шихты медных отходов и получения биметалла, со стальной вставкой, заменяющей часть медной заготовки). В основу разрабатываемой нами технологической схемы производства положены принципы компактности, мобильности, непрерывности, экологической чистоты, экономичности и качества. (Рассмотрен также вариант

получения монолитных непрерывнолитых заготовок из медных сплавов [36].)

Разработанная технологическая схема получения сталемедной опробована при формировании биметаллической непрерывнолитой заготовки на полупромышленной установке в условиях опытно-промышленной базы Запорожского национального технического университета. В ходе проведения экспериментов получены биметаллические заготовки диаметром 8...13 мм со стальной основой-стержнем с качественной поверхностью, прочной и бездефектной зоной контакта слоев, ширина которой не превышает 10–15мкм. Металлографический анализ свидетельствует, что медь в виде тонких прожилок проникает по границам периферийных зерен стальной вставки на глубину 5–15мкм (рис.2а, б).

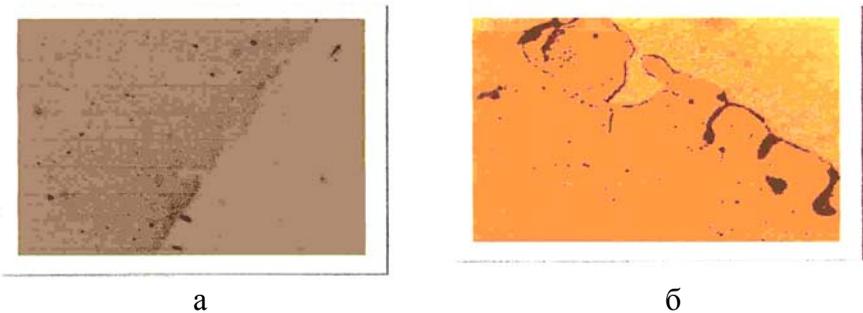


Рис.2. Зона контакта слоев сталемедной заготовки: (а) – х 250; (б) – х500 (шлиф травлен).

В настоящее время ведутся работы в направлении совершенствования технологии получения двухслойной непрерывнолитой заготовки, представляющей собой биметаллическую проволоку со стальной сердцевинной и поверхностным слоем, выполненным из меди.

Выводы. В начале нынешнего века проблема взаимодействия человека и окружающей среды приобрела решающее значение для дальнейшего социально-экономического развития и существования будущих поколений. Одновременно с возросшим пониманием обществом ситуации в области экологии и ресурсосбережения и принятием соответствующих договоров и соглашений, а также строительством дорогостоящих установок по улавливанию и очистке вредных веществ – реальный путь защиты окружающей среды состоит в создании ресурсосберегающих, экологически безопасных технологий производства металлопродукции и переработки отходов и лома.

Экологическая ситуация, сложившаяся в Украине, обусловленная отсутствием необходимого числа очистительных сооружений, большим износом основных производственных фондов, использованием

устаревших экологически небезопасных технологий, недостаточным государственным регулированием природоохранной деятельности приватизированных предприятий, свидетельствует о необходимости ускорения проведения работ по скорейшему внедрению экологического менеджмента (системы управления окружающей средой ISO14000 или EMAS), что особенно актуально в условиях широкого экспорта металлопродукции, производимой металлургическими предприятиями.

Неуклонно возрастающие объемы потребления сталемедной продукции быстро развивающимися отраслями хозяйства и транспорта страны, наряду с ростом цен на медь и в отсутствие собственного сырья в Украине определяют необходимость поиска эффективных ресурсосберегающих технологий производства сталемедной металлопродукции и переработки медного лома и отходов. Концепция технологической схемы получения металломатричных биметаллических композитов, состоящих из стального стержня – основы и медной оболочки, соответствуют современным представлениям о создании эффективных непрерывных технологических процессов, использующих современные электрометаллургические средства ведения плавки, обеспечивающих качество получаемой двухслойной заготовки, возможность получения небольших партий изделий и мобильность технологической схемы, экологическую чистоту, ресурсосбережение, повторное вовлечение в производственный цикл металлических отходов и лома.

Разработанная технологии получения сталемедной непрерывнолитой заготовки, из промышленных отходов меди, обеспечивает прочность и бездефектность границы соединения слоев, а также высокое качество поверхности заготовки. Технологическая схема получения непрерывнолитой биметаллической заготовки может найти применение в производстве небольших партий маломерных двухслойных заготовок различных композиций металлов и сплавов.

1. Яновский А.М. Экологическая безопасность новых объектов техники – требование современности. / *Металл и литье Украины*. – 1998, №11–12, с.47–49.
2. *Металлургия* стали: особенности производства в ХХ1 веке, проблемы и прогнозы дальнейшего развития / Н.П. Лякишев, А.В. Николаев // *Прогрессивные материалы и технологии*. – В 2-х т. – т.1. – К.: «Академперіодика». – 2003. – т.1. – 426с. – С.115–130.
3. *Климат* Земли – влияние диоксида углерода / У. Бернер, А. Холлербах // *Черные металлы*. – 2002. – №3. – С.46–49.
4. *Технологии* уменьшения выбросов углекислого газа черной металлургии: исследования сравнительной эффективности на основании расчетов / Ж.–П.Бира, Ф. Анро, Ж. Данлуа / *Черные металлы*. – 2004, №2. – 55–61.
5. *Перспективы* промышленно реализации технологии электроннолучевой очистки дымовых газов в агломерационном производстве Украины / А.Л.Файнштейн, В.В. Моргунов // *Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов*. // Сб. научн. статей

- XII Междунар. научно–практич. конф. УкрГНТЦ «Энергосталь». – Харьков: Райдер, 2004. – 416с. – С.39–45.
6. *О состоянии и перспективах развития сталеплавильного производства в Украине* / С.С. Бродский, В.К. Грановский // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2004, №8. – С.2–4.
 7. *Грищенко С.Г.* Горно–металлургический комплекс Украины: состояние, перспективы развития / *Сучасні проблеми металургії. Наукові праці. Т.4. Стратегія, задачі і організація науково–технічного розвитку горно–металлургического комплекса Украины*. – Дніпропетровськ. – «Системні технології». – 2003. – 431с. – с.12–23.
 8. *Анализ экологических проблем горно–металлургического комплекса и основные пути их решения* / В.Д. Мантула, Д.В. Сталинский // *Там же* – С.178–181.
 9. *Энергетические и экологические аспекты развития горно–металлургического комплекса Украины* / Д.В. Сталинский, В.А. Ботштейн, А.Г. Нотыч // *Там же*. – С.246–250.
 10. *Комплексные системы локализации, отвода и очистки технологических и неорганизованных выбросов на предприятиях Украины* / В.Д. Мантула, Д.В. Сталинский // *Сб. научн. статей XI–й Междунар. научно–техн. конфер. в 2–х т. УкрГНТЦ «Энергосталь» – Харьков: «Курсор», 2003.– т.2. – С.166 – 169.*
 11. *«ЭКОМЕТ» – экологическая ассоциация предприятий горно–металлургического комплекса Украины* / Г.Г. Шматков, В.В. Лесовой / *Экология и здоровье человека. Охрана воздушного и водного бассейнов. Утилизация отходов*. // *Сб. научн. статей к XI Междунар. научно–техн. конфер.*: С. 49–54.
 12. *Энергосбережение – как эффективный путь экологического оздоровления предприятия* / Д.В. Сталинский, В.А. Ботштейн // *Экология и здоровье человека. Охрана воздушного и водного бассейнов. Утилизация отходов*. / *Сб. научн. статей XI–й Междунар. научно–техн. конфер.*: в 2–х т. // С. 67–72.
 13. *Розвиток екологічного законодавства за роки незалежності України / Екологія та виробництво*. – 2002, №1. – С.13–15.
 14. *Кисельова Г.С.* Державна політика у сфері екології: закони, повноваження, контроль / *Екологія та виробництво*. – 2002, №2. – С.8–28.
 15. *«ЭКОМЕТ» – экологическая ассоциация предприятий горно–металлургического комплекса Украины «ЭКОМЕТ»* / Г.Г. Шматков, В.В. Лесовой / *Екологія та виробництво*. – 2002, №1. – С.8–10.
 16. *Політика якості в промисловості* / Г.О. Душенко, Л.Є. Пантюхова // *Сделано в Украине*. – 2003, №6. – С.28.
 17. *Зиборов А.П.* Морское горно–металлургическое производство – сплав новых технологий / *Сучасні проблеми металургії. Наукові праці*. – Том 4. – Стратегія, задачі і організація науково–технічного розвитку горно–металлургического комплекса Украины. – Дніпропетровськ: “Системні технології”. – 2003. – 431с. – С.328–335.
 18. *Специальная электрометаллургия в XXI веке* / Б.Е. Патон, Л.Б. Медовар // *Проблемы специальной электрометаллургии*. – 2002, №4 – с.33–36.
 19. *Андреев А.В.* Применение биметаллов на железнодорожном транспорте / *Железные дороги мира*. –2000, №10.–С.17–18.
 20. *Международное обозрение* / *Металлы мира*. – 2003, №8 (56). – С.54.

21. *Цены на медь растут.* (Новости) / МеталИнформ. – 2004. – №13 (44). – С.9.
22. *Рециркуляция* материалов – ресурсы для будущего / Б.М. Бойченко, А.Г. Величко // Металл и литье Украины. – 1998, №5–6. – С.3–7.
23. *Состояние* цветной металлургии Украины и проблемы ее развития / И.В. Забелин, В.М. Проценко // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2003, №4. – С.75–78.
24. *Стасовский Ю.Н.* Стратегия перспективного развития в Украине: мини производство прецизионных труб из черных и цветных металлов / Сучасні проблеми металургії. Наукові праці. – Том 4. / Стратегія, задачі і організація науко–технічного розвитку горно–металургічного комплексу України/Дніпропетровськ: «Системні технології».–2003, с.285.
25. *Новые* пути повышения экологической эффективности действующих производств / М.Д. Кац, Д.В. Сталинский, С.П. Диденко и др. / Екологія та виробництво. – 2002, №1. – С. 22– 24.
26. *Технологические* модульные узлы для высокоэффективного литья слябов / Б. Линдорфер, Х. Хедль, К. Мервальд // Металлургическое производство и технология металлургических процессов (МРТ). – 1999. – С.32–41.
27. *Создание* специализированного мини–завода из ломоотходов высококачественной металлопродукции малотоннажными партиями – перспективный путь утилизации лома черных металлов / С.П. Диденко, А.Ю. Пирогов, Ю.Б. Крюков и др. / Екологія та виробництво.–2002, №1. – С. 28–30.
28. *Бира Ж.–П.* Лом – устойчивое сырье для производства стали в будущем / Черные металлы. – 2003, №10. – С.32–38.
29. *Металлургия* стали: особенности производства в XXI веке, проблемы и прогнозы дальнейшего развития / Н.П. Лякишев, А.В. Николаев / Автоматическая сварка. – 2003, №10–11. – С.40–50.
30. *Сталь* и алюминий – основные конструкционные материалы сварочного производства / В.Н. Бернацкий, О.К. Маковецкая / Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2004, №2. – С.6–18.
31. *О рациональном* направлении перевооружения сталеплавильного производства Украины. / Ю.А. Нефедов, А.В. Рабинович, Ю.В. Садовник и др. // Сучасні проблеми металургії. Наукові праці. – Том 4. Стратегія, задачі і організація науко–технічного розвитку горно–металургічного комплексу України. – Дніпропетровськ: “Системні технології”. – 2003. – 431с. – С.320–327.
32. *Родичкин И.А.* Нетрадиционный способ изготовления омедненной сварочной проволоки / Сталь.–2003, № 11. – С.73–75.
33. *Андреев А.В.* Новая технология изготовления проволоки с оболочкой из медной ленты и катанки / Сталь. – 2004, №1. – С.54–56.
34. *Литейные* технологии получения биметаллических слитков / Т.М. Титова, В.В. Лунев, Г.А. Бялик и др. / Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2002, спец.вып. №5. – С.206–209–
35. *Перспективная* ресурсосберегающая технология получения непрерывнолитых биметаллических заготовок / Т.М. Титова, А.П. Огурцов, И.А. Павлюченков и др. / «Актуальные проблемы развития отечественной космонавтики». – Тр. XXVIII академических чтений по космонавтике. – М.: 2004. – С.249–250.
36. *Безперервне лиття в вакуумі прецизійних заготовок з міді та сплавів* / В.В. Луньов, Г.А. Бялік, А.В. Пархоменко, В.В. Наумчик / Теорія і практика металургії. – 2003, №4. – С. 26–29.

Статья рекомендована к печати к.т.н. Л.Г.Тубольцев