

## ЛИТЕРАТУРА

1. Послання Президента України до Верховної Ради України про внутрішнє і зовнішнє становища України у 2003 р. – Київ: Інформаційно-видавничий центр Держкомстату України, 2004. – 472 с.
2. Україна у цифрах 2008: Статистичний довідник. – Київ: Консультант, 2009. – 260 с.
3. Україна у цифрах 2007: Статистичний довідник. – Київ: Консультант, 2008. – 260 с.
4. Україна у цифрах 2006: Статистичний довідник. – Київ: Консультант, 2007. – 250 с.
5. Україна у цифрах 2005: Статистичний довідник. – Київ: Консультант, 2006. – 248 с.
6. Gross domestic product 2008. World Development Indicators database, World Bank, 2009. – P. 1-4 (<http://www.worldbank.org/data/wdi>).
7. Gross domestic product 2007. World Development Indicators database, World Bank, 2008. – P. 1-4 (<http://www.worldbank.org/data/wdi>).
8. World Steel in figures 2008. Brussels: International Iron and Steel Institute (IISI), 2009. – 26 p.
9. World Steel in figures 2008, 2-nd Edition. Brussels: International Iron and Steel Institute (IISI), 2009. – 30 p.
10. Population 2008. World Development Indicators database, World Bank, 2009. – P. 1-4 (<http://www.worldbank.org/data/wdi>).
11. Steel Statistical Yearbook 2007, Brussels: IISI, Committee on Economic Studies, 2008. – 104 p.
12. Steel Statistical Yearbook 2008, Brussels: IISI, Committee on Economic Studies, 2009. – 124 p.
13. Сафонов В. Энергосберегающая металлургия // Металл. – 2005. – № 8. – С. 36-38.
14. Демидик В. Н., Колодная Т. П. Зависимость энергоемкости сталеплавильного производства от его структуры и технологии производства // Процессы литья. – 2008. – № 3. – С.14-18.

### Анотація

Єфіменко Г. Г., Самарай В. П., Нещадим В. М., Цимбал М. Й., Кліменко В. А., Павлишин Т. М.

Про термінові завдання розвитку чорної металургії як головної базової галузі економіки України. Повідомлення 1

*Проведено аналіз стану чорної металургії України та запропоновано шляхи виходу з кризи.*

### Ключові слова

*чорна металурґія, технологічна структура, базові галузі, валовий внутрішній продукт, виробництво і споживання сталі, базове машинобудування, паливно-енергетичний комплекс, державне управління, технологічний розвиток*

### Summary

Yefimenko G., Samaraj V., Neshadim V., Cimbali M., Klimenko V., Pawlishin T.

About urgent tasks of development of black metallurgy as main base industry of economy of Ukraine. Communication 1

*The analysis of position in black metallurgy of Ukraine is resulted and the ways of exit from a crisis are offered.*

### Keywords

*black metallurgy, technological structure, base industries, gross domestic product, production and consumption of steel, base mashinostroenie, fuel and energy complex, state administration, technological development*

Поступила 19.11.09

УДК 621. 774. 37

**Ю. Н. Стасовский, В. В. Страшна**

Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск

## **Исследование мирового уровня, анализ традиционных технологий и разработка концептуальных основ перспективного применения нанотехнологий и наноматериалов при изготовлении прецизионной металлопродукции**

*Проведен анализ традиционных технологий производства прецизионной металлопродукции, а также нанотехнологий. Разработаны концептуальные основы перспективного применения нанотехнологий при производстве прецизионной металлопродукции.*

В начале XXI века в мире с целью повышения конкурентоспособности и миниатюризации изделий протекают такие процессы, как активное применение инновационных технологий в производственных процессах, создание прогрессивной эколого-технологической модели производства, уменьшение цикличности производства. В соответствии с этим, и в Украине происходит дальнейшее развитие приоритетных отраслей (электроника, авиастроение, электротехника, приборостроение и другие), которое вызывает потребность в прецизионной металлопродукции (особотонкостенные трубы, микропровода, фольга) из широкого спектра цветных металлов и сплавов. Причем, наряду с миниатюризацией приборов уменьшаются и геометрические размеры используемой металлопродукции. В ряде случаев существующие массовые технологии нуждаются в кардинальном обновлении, поскольку они уже достигли своего теоретического предела и не могут дальше развиваться в направлении уменьшения размеров готовой продукции [1].

Под термином «прецизионный» понимают продукцию с повышенными требованиями к точности геометрических размеров, качеству поверхности, микроструктуре и механическим свойствам [2]. Высокие требования к готовой продукции выдвигают, в свою очередь, повышенные требования и к технологии ее изготовления на всех стадиях производства, а также к технологическому инструменту. Поэтому необходимо совершенствовать на качественно новом уровне традиционные и создавать новые технологии изготовления прецизионной металлопродукции.

В первую очередь, необходимо создавать технологические схемы изготовления продукции с минимальным количеством повторений однотипных технологических операций производственного цикла. Тем не менее, нельзя забывать о качестве продукции и реальных возможностях технологического инструмента. Поэтому необходимым является получение исходной заготовки с размерами, максимально приближенными к размерам готового изделия и микроструктурой, которая обеспечит в дальнейшем необходимый уровень свойств в готовой продукции. К тому же, современное производство должно быть достаточно мобильным, то есть переход с одного вида продукции на другой должен происходить очень быстро – это уменьшит время выполнения заказа и увеличит конкурентоспособность и производительность данного производства. На большинстве существующих в Украине металлургических предприятиях, к сожалению, это практически невозможно реализовать, поскольку технологии на них являются довольно инертными. Наиболее перспективными промышленными объектами для воплощения новых современных подходов являются современные мини-заводы, так как технологические схемы и оборудование на них более гибкие.

Сегодня особое внимание уделяется выпуску *прецизионной продукции минимального сортамента*, которая используется в приоритетных областях. Это

продукция, к которой выдвигаются высочайшие требования как по физическим свойствам, химическому составу, микроструктуре, так и по точности геометрических размеров и чистоте поверхности. Представителями такой продукции являются: особотонкостенные трубы (внешний диаметр от 20,0 до 0,1 мм; толщина стенки от 0,1 до нескольких микрометров); фольга (толщина 1,0 мкм и менее); проволока (диаметром до нескольких микрометров) [1]. Также уделяется особое внимание современным производствам сварных *труб большого и среднего диаметров*.

Весьма перспективным, с точки зрения сокращения цикличности и повышения экономичности производства, является получение исходной заготовки минимального сечения непрерывным способом по методу бесслитковой прокатки с использованием литейно-прокатных комплексов, на которых сегодня уже получают тонкие полосы и проволоку. Для изготовления прецизионных труб широко используется тонкостенная сварная заготовка размерами, максимально приближенными к размерам готового изделия, которую получают из прецизионной холоднодеформированной ленты [3].

В индустриально развитых странах мира на многих современных предприятиях используются агрегаты для получения ленты, проволоки и полых трубной заготовки непосредственно из жидкого металла. Это, прежде всего, обеспечивает плотное строение металла, отсутствие усадочной раковины, чистоту поверхности и сокращение дефектов металлургического производства (раковин, газовых включений, пузырей и т. п.), улучшение структурной однородности и получение заготовки неограниченной длины.

Процессы обработки давлением, применяемые при изготовлении труб с очень тонкими стенками (0,1 мм и меньше), имеют ряд особенностей, связанных с их малой поперечной и продольной устойчивостями; сопоставлением упругих деформаций технологического инструмента с толщиной стенки труб и т. д. [1].

Общими признаками прецизионных труб являются предельные отклонения по точности размеров (несколько микрометров) и очень высокие требования к качеству поверхности [2].

В зависимости от размеров изготавливаемой из цветных металлов проволоки используют машины многократного волочения со скольжением (диаметром меньше 2 мм) и без него (диаметром больше 1,4 мм). Также в последнее время очень распространены современные высокопроизводительные машинные линии с объединением операций непрерывного волочения и отжига [4]. Особенно интересной является технология изготовления проволоки из драгоценных металлов диаметром от нескольких (10-12 мкм) до одного микрометра, которая заключается в волочении проволоки в медной оболочке с последующим ее вытравливанием. Изготовление «голой» проволоки на данном этапе освоено только до диаметра 12 мкм [4, 5].

Современное производство проволоки минимальных размеров остается еще сложным и трудоемким

процессом. Эта сложность обусловлена возникновением значительных растягивающих напряжений во время волочения, которые могут привести к разрушению «тела» изделия при наличии наименьшего (микро-) дефекта структуры. Поскольку известно, что дефекты кристаллического строения, неметаллические включения, металлургические дефекты и т. п. являются концентраторами напряжений, то при изготовлении прецизионной микропроволоки необходимым условием является получение чрезвычайно чистого по химическому составу (прецизионного) материала исходной заготовки, что само по себе на данном этапе развития технически осуществить очень сложно.

Еще одной проблемой является физическое явление «схватывания» или «налипания» деформируемого металла на технологический инструмент. Это явление обусловлено недостаточной плотностью существующих волок (фильер), изготовленных из полукристаллического алмаза.

Также следует отметить, что современная технология изготовления проволоки нуждается, в частности, и в усовершенствовании методов контроля. Большинство существующих технологических схем предусматривает разрушающие и визуальные методы контроля качества продукции с перенесением результатов испытаний на всю партию продукции. Тем не менее, такой контроль не является достаточно эффективным.

Тончайшая фольга в мировой практике известна под названием «сусальное золото», ее толщина составляет 0,5 мкм; толщина фольги из алюминия колеблется в пределах 1,5-7,0 мкм, из меди и олова – 7,0 мкм [1]. Сейчас фольгу прокатывают в рулонах на специальных фольгопрокатных станах, которые отличаются скоростью прокатки и чистотой поверхности валков, при этом делятся на черновые, промежуточные и чистовые. Фольгу в рулонах прокатывают с одновременным передним и задним натяжениями. Натяжение при прокатке необходимо для уменьшения давления на валки, для выравнивания фольги при выходе из валков, чтобы она равномерно и правильно сматывалась. Фольгу толщиной 0,002 мм и менее прокатывают не в рулонах, а карточным способом, то есть складывают несколько слоев фольги в пачку и прокатывают ее с небольшой скоростью на двухвалковых станах [5].

Для защиты от загрязнения и окисления при нагреве перед горячей прокаткой заготовки из легкоокисляемых металлов помещают в защитную оболочку из обычной низкоуглеродистой или специальной стали.

Только правильное соединение и сочетание многих факторов, а именно: давления на валки; температуры валков и прокатываемого металла; скорости прокатки, вида и температуры применяемой смазки; качества шлифования и полирования поверхности валков, профиля валка; удельного натяжения фольги, которое найдено путем исследования для каждого металла; соотношения толщины и ширины прокатываемого изделия позволяют осуществить удовлетворительную прокатку фольги [1].

С уменьшением геометрических размеров металлопродукции в сторону миниатюризации и выдвиге-

нием более жестких требований возникла ситуация практической невозможности ее изготовления с помощью существующих (макро-) оборудования и технологий. Поэтому крайне необходимым становится создание нового прогрессивного (микро-) оборудования и соответствующих прецизионных технологий.

Сегодня в мире особое место занимают наукоемкие технологии для областей производства с высоким уровнем добавленной стоимости, к которым относятся *нанотехнологии*. Их основные преимущества состоят в том, что они требуют небольших затрат энергии, материалов, не нуждаются в значительных производственных площадях. С другой стороны, их развитие вызывает потребность в высоком уровне подготовки ученых, инженеров и технических работников, а также особой организации труда [6].\*

В нанотехнологиях управляющая информация передается нанозондом персонально к каждому атому и молекуле «силовым методом». В этом заключается принципиальное отличие нанотехнологий от традиционных, где поток управляющей информации передается исходному материалу как целому. Таким образом, нанотехнологии – это осуществление технических процессов на молекулярном уровне, то есть инженеры имеют дело со сверхмалыми частицами, размерами до 1 нм. Исследователи выяснили, что вещество на атомном уровне ведет себя совсем иначе, имеет принципиально отличные свойства. Задача нанотехнологий – найти атом с нужными свойствами и поставить его на правильное место.

Существует два пути создания наноматериалов. Один из них – «снизу-вверх». Эти методы состоят в последовательном формировании наноструктуры с заданными свойствами из атомов и молекул от наименьших объемов к большим.

Существует и второй путь – «сверху-вниз» или от объемного материала к высокодисперсным (наименьшим) частицам. Исследования в данной области ведутся в мощнейших микроскопах. В пределах развития данного направления создаются новые сверхмощные микроскопы. Наиболее функциональные из них разрешают получать снимки не только поверхности, но и воссоздавать трехмерную картину исследуемого объекта [6].

Цель авторов данной работы состоит в создании концептуальных основ перспективного применения наноматериалов и нанотехнологий при изготовлении прецизионной металлопродукции. На основе проведенного анализа можно считать, что на сегодня наиболее перспективным для изготовления современной прецизионной продукции является направление получения наноматериалов с использованием методов интенсивной пластической деформации. Метод интенсивной пластической деформации (ИПД), который состоит в деформировании с большими степенями деформации при относительно низких температурах (ниже 0,3-3,4  $T_{пл}$ ) в условиях высокого при-

\*Как известно, наноматериалы – это материалы, имеющие определенную форму микрозерна или фазовые составляющие размеры которых не превышают 200 нм хотя бы в одном направлении ( $1\text{ нм} = 1 \cdot 10^{-9}\text{ м}$ ;  $\text{Å} = 1 \cdot 10^{-10}\text{ м}$ ). Соответственно, нанотехнологии – это технологии, которые обеспечивают получение наноматериалов



ложенного давления, дает возможность получать объемные беспористые нанокристаллические материалы (сплавы). Кроме того, нетрадиционные методы обработки металлов давлением (ОМД) позволяют деформировать заготовку без изменения конечного сечения и формы и достигать значительных степеней деформации, необходимых для формирования нано- и субмикроструктурной структуры. Такая структура приводит к изменению физических и механических свойств: значительное повышение прочности при высокой пластичности, повышение износостойкости, выявление высокоскоростной и низкотемпературной сверхпластичностей и т. п. (рис. 1) [6].

Одной из разновидностей ИПД является интенсивная пластическая деформация кручением (рис. 2). Это метод, при котором образец, который обычно имеет форму диска диаметром 10-20 мм и толщиной 0,3-1,0 мм, подвергается деформации кручением в условиях высокого приложенного гидростатического давления. Диск размещается внутри полости, прикладывается гидростатическое давление и пластическая деформация достигается за счет вращения одного из бойков [5].

Наиболее широко применяемым на данном этапе методом ИПД является равноканальное угловое прессование – РКУП (рис. 3). Образец, который имеет форму прутка круглого или квадратного сечения, прессуется в матрице через соединенные под определенным углом каналы. Деформация сдвигом происходит, когда заготовка проходит через зону пересечения каналов. Поскольку размеры заготовки в поперечном сечении остаются неизменными, прессование может происходить многократно для повышения степени деформации.

В результате применения РКУП в сочетании со старением и холодной прокаткой можно получить материал, прочностные свойства которого выше на 30-50 % аналогичных свойств материалов после традиционных методов обработки. При этом пластичность остается на достаточно высоком уровне [6].

В общем, наноматериалы и нанотехнологии с каждым годом приобретают все больший вес в мире. Тем не менее, широко применяться в промышленности они пока что не могут, и это является довольно сложной проблемой. Именно поэтому основной рекомендацией на сегодня можно назвать развитие методов ИПД и порошковой металлургии – именно эти направления являются переходными, то есть такими, которые смогут максимально приблизить промышленность к изготовлению микропродукции с повышенными показателями прочности или пластичности (в зависимости от требований потребителей).

Применять методы ИПД можно в нескольких вариантах. Интересным является, например, сочетание традиционных технологических схем с вышеназванными методами. Результатами такого объединения могут стать новые схемы получения прецизионной продукции, которая будет иметь несколько непривычные свойства. Одним из вариантов такого сочетания является применение при изготовлении титановой фольги листа из наноструктурированного материала в качестве исходной заготовки (рис. 4). Таким образом,



Рис. 1. Границы зерна в наноструктурированной меди

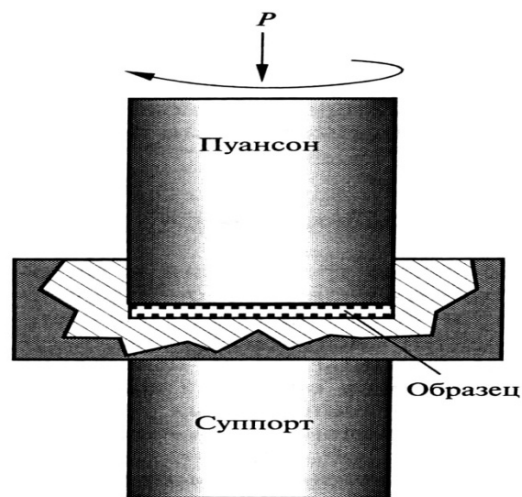


Рис. 2. Схема процесса интенсивной деформации кручением

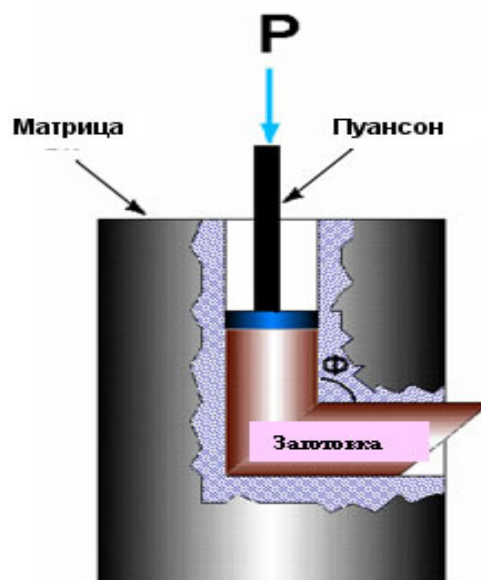


Рис. 3. Схема процесса равноканального углового прессования

объединение процесса изотермическойковки титанового листа, который послековки имеет улучшенные показатели пластичности, с его дальнейшей прокаткой на фольгопрокатном стане дает возможность получить более качественную продукцию, которая, к тому же, будет иметь повышенные прочностные показатели по сравнению с обычной металлопродукцией.



**Рис. 4.** Листовой наноструктурный полуфабрикат из титанового сплава VT6 с размерами 1500×500×2 мм

Еще одним вариантом является применение непосредственно методов ИГД для получения прецизионной продукции с повышенными показателями прочности или пластичности (в зависимости от материала). Такими методами можно получать проволоку с измельченной микроструктурой и, как следствие, повышенными прочностными показателями, а также заготовки для дисков с очень высокими показателями пластичности, что значительно облегчает дальнейшую обработку.

Отдельного внимания требует дальнейшее изучение и последующее применение разнообразного внешнего воздействия на деформируемый (соединяемый) металл или очаг деформации при традиционных технологиях изготовления прецизионной металлопродукции. Так, в случае изготовления сварных труб это проведение микролегирования зоны (участка) сварного соединения непосредственно во время расплавления металла и сварки, которое делает ее более прочной и, как следствие, способной выдерживать огромные нагрузки без разрушения. Также интересным для изучения с целью дальнейшего широкого применения является приложение внешнего влияния непосредственно на очаг деформации. Влияние, например, магнитного поля также может изменять свойства изготавливаемой металлопродукции, а именно, повышать ее прочностные показатели, не уменьшая (или даже увеличивая) ее пластических свойств.

Не все существующие виды наноматериалов возможно применять для изготовления прецизионной металлопродукции, тем не менее, некоторые, все-таки, являются очень перспективными для дальнейшего развития. К таким наноматериалам относятся тонкие пленки, нанопорошки, разнообразные композиционные материалы.

Рассмотрим перспективы применения вышеназванных материалов при изготовлении прецизионной металлопродукции.

Тонкие пленки, как уже было указано, имеют ряд интересных свойств, большинство из которых очень полезны. Так, нанесение тонкого слоя железа на

стальное изделие защищает последнее от коррозии. Причем, для этого не нужны дальнейшие обработки, нанесение многослойных покрытий и т. д. [7]. Другие же типы пленки, например, из углеродных нанотрубок имеют свойство многократно уменьшать смачиваемость поверхности, которое также оказывает содействие повышению коррозионной стойкости изделий при нанесении на них таких пленок и предотвращает загрязнение поверхности, позволяя ей оставаться чистой при любых условиях [8].

Применение нанопорошков и разнообразных композиционных материалов является интересным с точки зрения использования их в качестве исходного материала для дальнейшего изготовления прецизионной продукции. Это обусловлено возможностью переноса свойств этих материалов на готовую металлопродукцию. Таким образом, их использование дает возможность не формировать структуру в процессе обработки, то есть для получения готовой продукции достаточно просто получить необходимые размеры.

Не следует также забывать о технологическом инструменте, поскольку даже совершенная технология, которая воплощается в жизнь на изношенном или недостаточно точном инструменте, не даст возможность получить более или менее качественную продукцию. Поэтому целесообразным является изучение возможности изготавливать инструмент из наноструктурированных материалов, который обеспечит значительно более высокие показатели прочности его и, как следствие, повышение износостойкости. Также интересным является нанесение тонких пленок в качестве покрытий на поверхность технологического инструмента, которое также может повысить его износостойкость.

Особого внимания требует изучение вопросов экологичности и безопасности наноматериалов и нанотехнологий. Ведь наноматериалы отличаются от остальных чрезвычайно малых материалов (например, порошков) своей исключительно высокой дисперсностью частиц. Поэтому, в первую очередь, человек, который работает с наноматериалами, должен быть защищен от проникновения их внутрь организма.

Кроме того, необходимой является защита и самих наноматериалов, как не парадоксально, от человека, поскольку именно от человека поступает 35 % грязи в помещение. Необходимость защиты наноматериалов объясняется тем, что одним из ключевых элементов при их создании является чистота, нанотехнологии невозможны без так называемых «чистых комнат» (рис. 5).

Получение наноматериалов – это тот случай, когда миниатюрное производство нуждается в макропомещениях, которые буквально переполнены уникальным оборудованием и аппаратурой. В «чистые комнаты» невозможно попасть не то, что постороннему человеку – в них не попадают даже частички пыли. Основные условия – абсолютная чистота и стерильность. По трубам в «чистые комнаты» поступает воздух, который проходит четырехуровневую очистку. В результате получают идеально чистую воздушную смесь с допустимым отклонением – несколько суб-



Рис. 5. «Чистая комната» в современной нанотехнологии

микронных частиц пыли в литре воздуха (для сравнения – в обычном жилом помещении их миллионы). За час воздух полностью обновляется 400 раз. Через отверстия в потолке он нагнетается в помещение и сразу же уходит в фальш-пол. Так создается ламинарный поток, который позволяет комнате, а главное, человеку, который в ней работает, сохранять буквально стерильную чистоту [9]. Все эти мероприятия обусловлены особенностями наноматериалов, а именно – их чрезвычайной чистотой, достичь которую в обычных условиях невозможно.

#### Выводы

– Сегодня особенно остро стоит вопрос об изготовлении прецизионной металлопродукции, особенно миниатюрной. Потребность в такой металлопродукции определяют мировые темпы и направления развития разнообразных приоритетных отраслей. Общей тенденцией развития этих отраслей является миниатюризация приборов и полупроводников, которые используются для их изготовления.

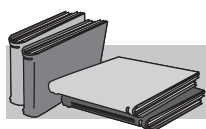
– Анализ действующих технологий показал, что с применением традиционных технологий изготавливать такую продукцию очень сложно или уже невоз-

можно. К тому же, эти технологии имеют значительный затратный коэффициент, поэтому не являются ресурсосберегающими. Еще одной, наверное, самой главной, проблемой традиционных технологий является то, что они уже достигли теоретического предела относительно изготовления миниатюрной продукции, поэтому уменьшать ее еще больше уже не представляется возможным.

– Был проведен анализ существующих наноматериалов и технологий для их изготовления (нанотехнологий), на его основе разработаны рекомендации относительно возможности и перспектив их использования при изготовлении прецизионной металлопродукции.

– Наиболее перспективными на сегодня являются методы интенсивной пластической деформации, эффективны варианты их объединения с традиционными технологиями и внешнее разнообразное воздействие на очаг деформации. Тем не менее, не следует оставлять без внимания и другие направления: нанесение покрытий на металлоизделия, порошковая металлургия, создание технологического инструмента с повышенными показателями износостойкости, получение заготовки с заданными свойствами, которые в дальнейшем будут присущи и металлоизделиям из нее.

– Но, прежде чем использовать наноматериалы и применять нанотехнологии необходимыми условиями являются исследования вопросов влияния выше указанных материалов на экологию и окружающую среду. Этот вопрос нуждается в детальном изучении, которое связано с дополнительными затратами, так как применение наноматериалов без его решения может иметь отрицательные и непредсказуемые последствия. Именно поэтому активное изучение влияния наноматериалов на экологию является приоритетным среди ученых всего мира.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Стасовский Ю. Н. О технологических особенностях производства прецизионных изделий из цветных металлов // *Металл и литье Украины*. – 1997. – № 8-9. – С. 38-41.
2. Стасовский Ю. Н. Прецизионные трубы // *Там же*. – 2008. – № 1-2. – С. 24-28.
3. Стасовский Ю. Н. Научные основы ресурсосберегающих технологий производства прецизионных труб малых размеров применительно к условиям мини-производств с использованием тонкостенной сварной заготовки // *Системные технологии*. – 2008. – Т. 11. – С. 377-384.
4. Брабец В. И. Проволока из тяжелых цветных металлов и сплавов. – М.: Металлургия, 1984. – 296 с.
5. Малышев В. М., Румянцев Д. В. Золото. – М.: Металлургия, 1979. – 288 с.
6. Стасовский Ю. Н. Нанотехнологии и наноматериалы при производстве прецизионной металлопродукции // *Технополис*. – 2008. – № 4. – С. 13-16.
7. Лякишев Н. П., Алымов М. И., Добаткин С. В. // Объемные наноматериалы конструкционного назначения: Тез. докл. – М.: 2002. – С. 5.
8. Сайт Ассоциации СибАкадИнновация: <http://www.sibai.ru/content/view/824/953/>.
9. Сайт ИПСМ РАН: <http://imsp.ru/q=ru/development/tech04>.
10. Сайт Золотая формула: [http://goldformula.ru/index.php.issue\\_id=26](http://goldformula.ru/index.php.issue_id=26).
11. Сайт Что могут нанотехнологии: <http://kbogdanov5.narod.ru/7.htm>.
12. Сайт Вести: <http://www.vesti.ru/doc.html?id=237143&cid=7>.



Стасовський Ю. М., Страшна В. В.

### Анотація

Дослідження світового рівня, аналіз традиційних технологій та розробка концептуальних основ перспективного застосування нанотехнологій та наноматеріалів при виготовленні прецизійної металопродукції

*Проведено аналіз традиційних технологій виробництва прецизійної металопродукції, а також нанотехнологій. Розроблено концептуальні основи перспективного використання нанотехнологій під час виробництва прецизійної металопродукції.*

### Ключові слова

*прецизійна металопродукція, нанотехнології, наноматеріали, традиційні технології*

### Summary

Stasovskij J., Strashna V.

Research of world level, the analysis of traditional technologies and working out of conceptual bases of perspective application of nanotechnologies and nanomaterials at manufacturing of precision metal production

*The analysis of traditional technologies of creation of precision metal product and also nanotechnologies had done. The conceptual grounds of perspective using of nanotechnologies by creation of precision metal product had worked out.*

### Keywords

*precision metal product, nanotechnologies, nonmaterial's, traditional technologies*

Поступила 04.12.09

УДК 669.184.244.66.012.1

**В. С. Богушевский, В. Ю. Сухенко, К. А. Сергеева**

НТУУ «Киевский политехнический институт», Киев

## Управление доводкой конвертерной плавки

*Рассмотрен прямой метод контроля параметров конвертерной плавки с помощью погружного зонда. Создана модель управления режимом доводки.*

**Ключевые слова:** конвертер, параметры плавки, погружной зонд, управляющие воздействия

**В**ступление  
Конвертерный процесс – основной способ производства стали. В мировом производстве доля конвертерной стали составляет приблизительно 60 %. При высоких скоростях продувки металла в конвертере оператор физически не успевает переработать большой объем информации, выбрать наилучший режим и оперативно вмешаться в ход плавки. В результате при ручном управлении значительная часть плавков требует корректировок после прекращения продувки и хотя жесткие требования по получению заданного химического состава металла и температуры после повалки в последнее время уменьшились в связи с повсеместным вводом в конвертерных цехах установок внепечной обработки металла, проблема, особенно по температуре, остается. Автоматизация конвертерного процесса позволяет существенно повысить его эффективность и качество выплавляемой стали.

В настоящее время почти все отечественные и

зарубежные конвертерные цеха оснащаются системами автоматизации. В структуре систем можно выделить:

- прогнозирующие статические (расчет шихты, расчет рекомендаций по доводке плавки с учетом результатов промежуточных измерений в процессе продувки и после повалки конвертера, расчет раскислителей);
- контроль выходных параметров плавки;
- управление плавкой (скоростью выгорания углерода, температурой, шлаковым режимом и уровнем ванны).

Известны статические системы управления плавкой [1, 2]. Несмотря на некоторые различия подходов к составлению моделей, реализуемых системами, они на 15-20 % увеличивают точность достижения заданных конечных параметров процесса по сравнению с ручным управлением (в качестве критерия точности управления принято число плавков, сливаемых без коррекции).