

БИБЛИОТЕЧКА

Путейщика

№9



2012



Стратегия-2020. Новая модель роста – новая социальная политика 2

Справочные данные

5

Матвеев И.В. Классификация и маркировка литейного оборудования

Обзоры

Пономаренко О.И. Оптимизация технологических решений для цехов литейного производства

9

Постников Н.С. Формирование структурно-чувствительных свойств АІ-отливок в процессе изостатического уплотнения

13

Братухин А.Г., Постников Н.С., Глотов Е.Б. Интенсивные методы производства АІ-отливок для современной техники

17

Они стояли у истоков

К 80-летию со дня рождения.

20

Николай Сергеевич Постников (1932...1993 гг.)

К 85-летию со дня рождения.

21

Александр Александрович Неуструев (1927...2005 гг.)

К 75-летию со дня рождения.

22

Владимир Александрович Ильинский (1937...2009 гг.)

К 80-летию со дня рождения.

23

Журило А.Г., Журило Д.Ю. Олег Александрович Шатагин

Мемуары и страницы истории

28

К 80-летию со дня основания

ФГУП «Всероссийский институт авиационных материалов»

Фридляндер И.Н. Воспоминания о создании авиакосмической и атомной техники из алюминиевых сплавов

Из истории литейного производства

32

Верхотуров А.Д. Влияние материалов на развитие человеческой цивилизации

Художественное литье

35

К 100-летию Фердинанда Несторовича Тавадзе

Инанишвили Г.В. Художественное литье Древней Грузии

Амаглобели Б.Г., Микадзе О.И., Метревели В.Ш.,

Зекалашвили Р.К. Особенности булатной стали

Правовая страничка

37

Титов Б. Нужна настоящая экономическая революция

БИБЛИОТЕЧКА №9 2012
Литейщика

Издатель
ООО «Литейное производство»
Главный редактор
И.А. Яскевич
Арт-директор
О.Э. Дробичкая
Журнал готовили
С.П. Ишкова
Е.В. Трушина

Наш НОВЫЙ адрес
111394, Москва, ул. Мартеновская,
д. 39, корп. 2, офис 4
Телефон/факс
+7 (495) 303-85-81
E-mail
lp@niit.ru
Сайт
www.foundrymag.ru

Перепечатка, все виды
копирования и воспроизведения
материалов, публикуемых
в журнале «Библиотечка
литейщика», осуществляются
только с разрешения редакции

Сдано в набор 01.08.2012
Подписано в печать 01.09.2012
Формат 60х80 1/8
Печать офсетная, мелованная
Отпечатано в ООО «Компания АС-ТРАСТ»
— сеть полиграфических услуг
125167, Москва,
ул. Сходненский туп., 16, стр. 4
Тел. +7 (495) 617-03-18
Цена договорная

ХІ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ – 2012

МЕЖДУНАРОДНЫЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ



**МЕТАЛЛО-
ОБРАБОТКА**

МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИЕ
ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ



**УКРПЛАСТ
ТІТЕХ**

ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
И ПЕРЕРАБОТКИ ПЛАСТМАСС



**ГИДРАВЛИКА
ПНЕВМАТИКА**



**УКРПРОМ
АВТОМАТИЗАЦИЯ**

ПРОМЫШЛЕННАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ



**ОБРАЗЦЫ, СТАНДАРТЫ,
ЭТАЛОНЫ, ПРИБОРЫ**

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ,
ЛАБОРАТОРНОЕ И ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ



**БЕЗОПАСНОСТЬ
ПРОИЗВОДСТВА**

СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ, БЕЗОПАСНОСТЬ
РАБОЧЕЙ ЗОНЫ



**УКРМАШ
ТІТЕХ**

ПРОМЫШЛЕННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ



**УКРВТОР
ТІТЕХ**

КОМИСИОННАЯ ТЕХНИКА,
ОБОРУДОВАНИЕ



ПОДШИПНИКИ



УКРСВАРКА

ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ
И МАТЕРИАЛЫ



**ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЕ
СКЛАДСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**



СУБКОНТРАКТЫ

РАЗМЕЩЕНИЕ ЗАКАЗОВ ПО КООПЕРАЦИИ

Генеральные
информационные партнеры:



Технический партнер:

Rent media

ufi
Approved
Event



ОРГАНИЗАТОР

Международный выставочный центр

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:

Государственного агентства Украины по управлению
государственными корпоративными правами и имуществом
Украинской Национальной Компании "Укрстанкоинструмент"

20–23
НОЯБРЯ 2012 г.



+38 044 201-11-65, 201-11-56, 201-11-58
e-mail: lilia@iec-expo.com.ua
www.tech-expo.com.ua

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР**
Украина, Киев, Броварской пр-т, 15
М "Левобережная"

СТРАТЕГИЯ-2020. НОВАЯ МОДЕЛЬ РОСТА – НОВАЯ СОЦИАЛЬНАЯ ПОЛИТИКА¹

Новые институты профессионального образования

- **Эффективный контракт с преподавателями.** Уровень зарплаты преподавателей вузов должен составлять ~ 200% от средней зарплаты в регионе, колледжей – 150%.

- **Прикладной бакалавриат (ПБ).** Уровень высшего образования, дающий, наряду с фундаментальными знаниями в определенной области, квалификацию для работы со сложными и несколькими смежными технологиями. ПБ ликвидирует социальный разрыв между «рабочими» профессиями и присущим выпускникам вузов повышенным социальным статусом. К 2020 г. программы ПБ могут охватить до 30% студентов вузов, в них могут быть преобразованы до 50% существующих программ социальной поддержки.

- **Программы прикладных квалификаций (ППК)** – от нескольких месяцев до года предполагают обучение «на рабочем месте». Масштаб потенциального рынка ППК к 2015 г. – 20% сектора формальной занятости (8 млн чел.), к 2020 г. он может охватить до 20 млн чел. (1/3 рынка труда).

- **Обеспечение прозрачности образовательных учреждений и программ профобразования.**

- **Независимая госаттестация** – внешняя оценка качества остаточных знаний и освоения профессиональных компетенций.

- **Введение минимального порога качества знаний абитуриента для получения бюджетного финансирования обучения** (выше минимального балла ЕГЭ). Для участия в конкурсе на бюджетные места балл ЕГЭ по профильным предметам должен составлять 50 (55) из 100. Мера приведет к снижению приема на ряд технологических направлений на 30%, за счет абитуриентов, входящих в «группу риска». Результат – снижение технологических рисков и связанных

с этим потерь в экономике. Внутренняя экономия в системе образования ~ 25...30 млрд руб. в год.

- **Развитие исследовательских университетов (ИУ)** для обеспечения их международной конкурентоспособности. Необходимо увеличение норматива финансирования ИУ в расчете на студента. Каждому ИУ необходимо финансировать программу фундаментальных и поисковых исследований на 10 лет. Экономический эффект укрепления ИУ – рост человеческого капитала, вклад которого в экономику России можно грубо оценить в 0,2% ВВП в 2015 г. и в 0,7% ВВП в 2020 г. Дополнительный эффект – ИУ становятся центрами исследований, через которые «протекают» до 200 тыс. человек в год, становятся генераторами технологических и организационных инноваций.

- **Образовательные кредиты, доступные для основной части студентов,** должны охватывать до 30% студентов платной формы.

- **Повышение стипендий для нуждающихся студентов** до размера прожиточного минимума. Эта мера противодействует тенденции работы студентов за счет занятий.

- **Обеспечение конкуренции вузов при распределении государственного задания** – финансирование по модели «деньги следуют за студентом». Госзадание оформляется по итогам зачисления на образовательную программу, при этом, абитуриенты с высокими показателями ЕГЭ и победители олимпиад приносят вузу в 1,5–2 раза большие бюджетные средства, чем абитуриенты со средними результатами. Абитуриенты с низкими показателями профильных ЕГЭ могут приниматься только на платную форму.

- **Оптимизация сети образовательных учреждений профобразования.** Присоединение слабых вузов, потерявших связь с рынками труда и низкими показателями исследовательской активности, к ИУ и другим сильным вузам. Включение колледжей в состав профильных вузов. Ликвидация региональных филиалов государственных вузов, не имеющих госзадания, или их передача региональным вузам.

¹ **Продолжение.** Начало см. «Библиотечка литейщика», №5...8, 2012 г. **Итоговый доклад** о результатах экспертной работы по актуальным проблемам социально-экономической стратегии России до 2020 г.

Гл.13. Политика охраны здоровья Анализ ситуации, основные вызовы

Несмотря на заметное сокращение смертности в последние годы – с 16,1 на 1000 чел. населения в 2005 г. до 14,2 в 2010 г., этот уровень все еще очень высок, по сравнению с европейскими странами (9,6 в странах ЕС в 2009 г.). *Особенно высока в нашей стране смертность населения в трудоспособном возрасте.* Вероятность умереть в возрасте 15...60 лет в России почти в 2 раза выше, чем, в среднем, по Европе: 269 против 146 на 1000 чел. населения (2009 г.).

По уровню финансирования здравоохранения Россия намного отстает от западноевропейских стран. Доля общих расходов на здравоохранение в ВВП у нас почти в 1,7 раза меньше, чем в странах ЕС (5,2% против 9% в 2008 г.), а доля госрасходов на здравоохранение в ВВП – меньше в 2 раза (3,4%, по сравнению с 6,9%). В расчете на 1 чел. в РФ тратится на здравоохранение в 3,9 раза меньше, чем, в среднем, в странах ЕС (\$ 567 и 2203, соответственно по паритету покупательной способности, 2008 г.).

Усилия по сохранению здоровья населения особенно значимы для России, которая более всего отстает в смертности лиц в трудоспособных возрастах. Российская система охраны здоровья, отдавая приоритет лечению, а не профилактике, фактически отдает приоритет интересам тех, кто не достиг трудоспособного возраста или из него вышел. *Не ослабляя усилий по совершенствованию лечения заболевших, необходимо покончить с недооценкой значимости тех компонентов системы, которые должны сохранить и развивать потенциал активной части общества.*

На состояние здоровья населения влияет и состояние дел в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности. По данным Минприроды России, на ~ 15% территории РФ, где проживает 60% населения, качество окружающей среды неудовлетворительное. По экспертным оценкам, *загрязненность атмосферного воздуха может быть непосредственной причиной до 8% общего количества смертей ежегодно.* Развитие экономики порождает новые экологические вызовы – прежде всего, это проблемы нарастания отходов производства и потребления, роста масштабов загрязнения от мобильных источников в городах.

С принятием в конце 2010 г. закона «Об обязательном медицинском страховании» (ОМС) начата модернизация этой системы, направленная на повышение ее финансовой устойчивости, выравнивание уровня финансового обеспечения оказания медицинской помощи застрахованным во всех регионах страны, рост эффективности работы медицинских учреждений.

Возможные сценарии политики государства в сфере охраны здоровья

Сценарий 1 – инерционный

Меры по развитию здравоохранения, реализуемые в нашей стране в последние годы, фактически ориентировались, в первую очередь, на сокращение разрыва с западно-европейскими странами в объемах высокотехнологичной медицинской помощи, уровне технической оснащенности медицинских учреждений, качестве лекарственной помощи пациентам и т. д. *Главным средством при этом выступает наращивание финансирования здравоохранения. На этом пути достигнуты ощутимые успехи.* Однако в условиях значительно более медленного, чем в 2000...2008 гг., экономического роста к 2020 г. не удастся обеспечить увеличения государственного финансирования здравоохранения до уровня, сопоставимого с сегодняшним уровнем западноевропейских стран.

Гарантии оказания медицинской помощи населению, обеспечиваемые госфинансированием, будут постепенно становиться более определенными. Однако задачу четкого разграничения медицинской помощи, предоставляемой бесплатно и на платной основе, невозможно решить за несколько ближайших лет в силу экономических и политических ограничений.

Запланированные преобразования в системе ОМС повысят доступность и качество медицинской помощи, но недостаточны для преодоления структурных диспропорций в системе охраны здоровья, улучшения координации работы ее звеньев, формирования сильной мотивации страховых медицинских организаций и медицинских учреждений к повышению качества лечебно-профилактической работы и более эффективному использованию ресурсов отрасли.

Рост доходов населения ведет к росту потребления алкоголя и табака, а также высококалорийных продуктов, что отчетливо наблюдается в пос-

леднее десятилетие. Прежняя политика установления акцизов на спиртные напитки и табачные изделия, уровень которых слишком низок, даже с учетом принятого на 2012...2014 гг. их повышения, не сможет приостановить эти тенденции, если политика поддержки здорового образа жизни не изменится радикально. Потребление алкоголя, табака, низкая физическая активность людей, избыточный вес – ключевые факторы риска здоровью, и без уменьшения этих рисков не удастся добиться значительного прироста ожидаемой продолжительности жизни, даже при опережающем развитии современных медицинских технологий.

Сценарий 2 – развитие системы охраны здоровья (СОЗ) в условиях минимально необходимого роста финансирования

Для адекватного ответа на вызовы времени необходимо уточнение целей, изменение приоритетов в политике в сфере охраны здоровья и проведение в ней глубоких структурных преобразований.

В качестве целевых показателей развития здравоохранения предлагается использовать не уровень смертности и ожидаемой продолжительности жизни, как это делается сейчас, а показатель «продолжительность жизни, скорректированной с учетом нарушений здоровья», который применяет ВОЗ. По этому показателю Россия отстает от стран Зап. Европы на 13 лет (в России – 60,1 г., в странах – «старых» членах ЕС – 73,0 в 2007 г.). Переход к этому показателю будет означать усиление целевой ориентации СОЗ на продление активного периода жизни российских граждан.

Такой сценарий исходит из того, что *значительные улучшения в состоянии здоровья российского населения должны быть достигнуты, в первую очередь, не за счет наиболее дорогостоящих и технически сложных методов лечения уже заболевших людей, а за счет профилактики заболеваний и повышения эффективности и качества работы основной массы лечебно-профилактических учреждений, что предполагает принципиальные изменения в ресурсной базе охраны здоровья и поведении всех его субъектов.*

Для политики в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности главным приоритетом должно стать создание современной системы нормирования. Необходима замена непрозрачной и коррупци-

огенной системы нормирования воздействия на окружающую среду, основанной на практически невыполнимых санитарно-гигиенических нормативах ПДК на новую систему нормирования, основанную на показателях наилучших доступных технологий для крупных загрязнителей.

Реализация такого сценария потребует увеличения госфинансирования системы охраны здоровья на 1,0% ВВП.

Сценарий 3 – комплексное развитие СОЗ

Этот сценарий включает основные меры предыдущего сценария и, вместе с тем, предусматривает реализацию более широкого круга взаимозавязанных мер, направленных на снижение рисков заболеваний, повышение качества медицинской помощи, развития экологически чистых технологий. Его реализация возможна, лишь если удастся приблизить долю расходов на здравоохранение в ВВП к той, которая характерна для стран-лидеров в области охраны здоровья. При этом, сценарий включает меры, обеспечивающие высокоэффективное расходование дополнительных средств.

Третий сценарий, по сравнению со вторым, предусматривает:

- кардинальное усиление мотивации медицинских работников на повышение качества и эффективности их деятельности, что предполагает быстрый переход к эффективному контракту с ними, а также оптимизацию соотношения численности врачей и среднего медицинского персонала;
- ускоренное освоение новых медицинских технологий и переоснащение сети медицинских учреждений;
- существенное увеличение объемов строительства спортивных объектов и субсидирование их деятельности;
- действенные меры экономической поддержки здорового образа жизни;
- содействие развитию экологических технологий (эко-инноваций), в том числе посредством координации разработки и внедрения экологически эффективных технологий на базе единой технологической платформы «Технологии экологического развития».

Реализация этого сценария потребует увеличения государственного финансирования системы охраны здоровья на 2,9% ВВП.

Продолжение следует

КЛАССИФИКАЦИЯ И МАРКИРОВКА ЛИТЕЙНОГО ОБОРУДОВАНИЯ¹

Конструктивно-технологические параметры пескострельных машин и применяемые смеси

В литейной практике наибольшее развитие получили два конструктивных решения пескострельных машин (ПМ) для изготовления: безопочных форм из высокопрочной песчано-бентонитовой смеси и стержней из холоднотвердеющих смесей (ХТС). Пескострельная головка этих двух конструкций различается, в основном, вдувной насадкой. В обеих конструкциях пескострельный резервуар имеет:

- развитую по высоте гильзу с прорезями (щелями) с большой площадью проходных сечений;
- встроенный или отдельно стоящий ресивер большого объема;
- пескострельный резервуар и ресивер соединены коротким трубопроводом большого сечения с клапанами дутья.

В более поздних конструкциях клапан имеет относительно большую площадь проходного сечения и большее быстроедействие, то есть по этим двум параметрам приближается к клапанам импульсных формовочных машин.

Насадки ПМ этих двух конструктивных решений принципиально различаются. Так, насадка для ПМ, работающих по ХТС, расширяется к низу, переходя от круглого сечения резервуара к прямоугольному для примыкания к стержневому ящику (СЯ). Отверстий в верхней части насадки для выхода воздуха из СЯ (верхняя вентиляция) нет. Вдувная плита имеет отверстия $\varnothing 25 \dots 30$ мм, число которых определяется общей площадью вдувной плиты. Площадь вдувных отверстий составляет 30...35% площади СЯ. Основная функция вдувной плиты такой конструкции – равномерное и достаточно быстрое заполнение СЯ. Уплотнение смеси будет обеспечиваться фильтрацией на втором этапе. Полное же упрочнение

стержня – последующей продувкой газом-отвердителем.

Вдувные отверстия могут иметь площадь и > 30 мм. В таких случаях вдувное отверстие снабжено резиновой конической насадкой для задержания просыпки после надува и свободного расширения при последующем вдуве.

Насадка для ПМ, работающей на высокопрочной песчано-бентонитовой смеси ($\sigma_{сж} = 1,1 \dots 2,2$ МПа), предназначенной для изготовления безопочных форм, имеет сужение книзу. Выходное (вдувное) отверстие чаще всего круглое, его диаметр достигает 0,2...0,3 диаметра гильзы. Прорези, или щели, располагаются в гильзе в виде двух поясов – верхнего и нижнего. Если площадь верхних горизонтальных щелей больше оптимальной, то будет иметь место значительное уплотнение смеси в гильзе. При одних нижних вертикальных щелях сжатый воздух прорывается через вдувные отверстия в СЯ без захвата смеси (проскок).

Примеры конструкций пескострельных машин

Пескострельно-прессовая машина для изготовления безопочных форм

Широкую известность получили машины комбинированного пескострельно-прессового (ПП) уплотнения: предварительное пескострельным способом, которое сопровождается заполнением формы смесью, и окончательное – прессованием. *Такой метод уплотнения нашел широкое применение в практике изготовления безопочных форм как с вертикальным, так и с горизонтальным разъемом.*

Наибольшее распространение в современной практике получила безопочная автоматическая ПП-машина Disamatic с вертикальным разъемом блоков (форм). На **рис. 1** показаны фазы полу-

¹ Продолжение. Начало см. «Библиотека литейщика», № 1...8, 2012.

По материалам книги **Матвеев И.В.** Оборудование литейных цехов. Ч.1 – М.: МГИУ, 2010. – 348 с.

чения разовых безопочных форм с вертикальным разъемом. Рабочая камера 1 герметично соединена с нижней частью ПП-резервуара 7. С правой стороны она примыкает к плите пресс-поршня 2, на которой установлена полумодель 3. С левой стороны камера соприкасается с откидной модельной плитой 5, на которой установлена другая полумодель 4.

Смесь из пескодувного резервуара вместе с сжатым воздухом, поступающим из ресивера 8, вдувается в рабочую полость (а) и прессуется поршнем 2 (б). Затем корпус 6 перемещается влево, вместе с ним уходит модельная плита 5; при этом, происходит вытяжка полумодели 4. После отхода влево на определенное расстояние полумодель 4 вместе с плитой 5 откидывается в горизонтальное положение (в). При следующей операции поршень 2 проталкивает готовую форму вперед. Полуформа (ком) соприкасается с ранее изготовленной полуформой и весь ряд полуформ перемещается. Одновременно продолжается загрузка пескодувного резервуара (г). Затем следует возврат плиты в исходное положение главным цилиндром (д), после чего камера закрывается и машина готова для повторения цикла (е).

Последовательность операций осуществляется согласно циклограмме с помощью поворота плоского золотника, имеющего шесть фиксированных положений, соответствующих шести рабочим операциям машины. Поворот плоского золотника в положение следующей операции происходит автоматически.

Стержни проставляются специальной поворотной рамой, расположенной сбоку автомата. Стержни, предпочтительно, оболочковые, оператор устанавливает в знаки макета формы, закрепленные на поворотной раме. В этом положении они удерживаются благодаря небольшому вакууму. При включении привода рама поворачивается на 180 град. и подходит к форме вплотную. Затем разрезание снимается, и через каналы, использованные для создания вакуума, подают сжатый воздух, которым стержни прижимаются и фиксируются в знаках формы. Размеры форм с вертикальным разъемом от 406×508×300 до 600×775×400 мм. Смена модельных комплектов на автоматах механизирована.

В настоящее время как в нашей стране, так и за рубежом наблюдается тенденция к изготовлению более крупных безопочных форм (до 1520×1220 мм) пескодувно-прессовым и вибро-

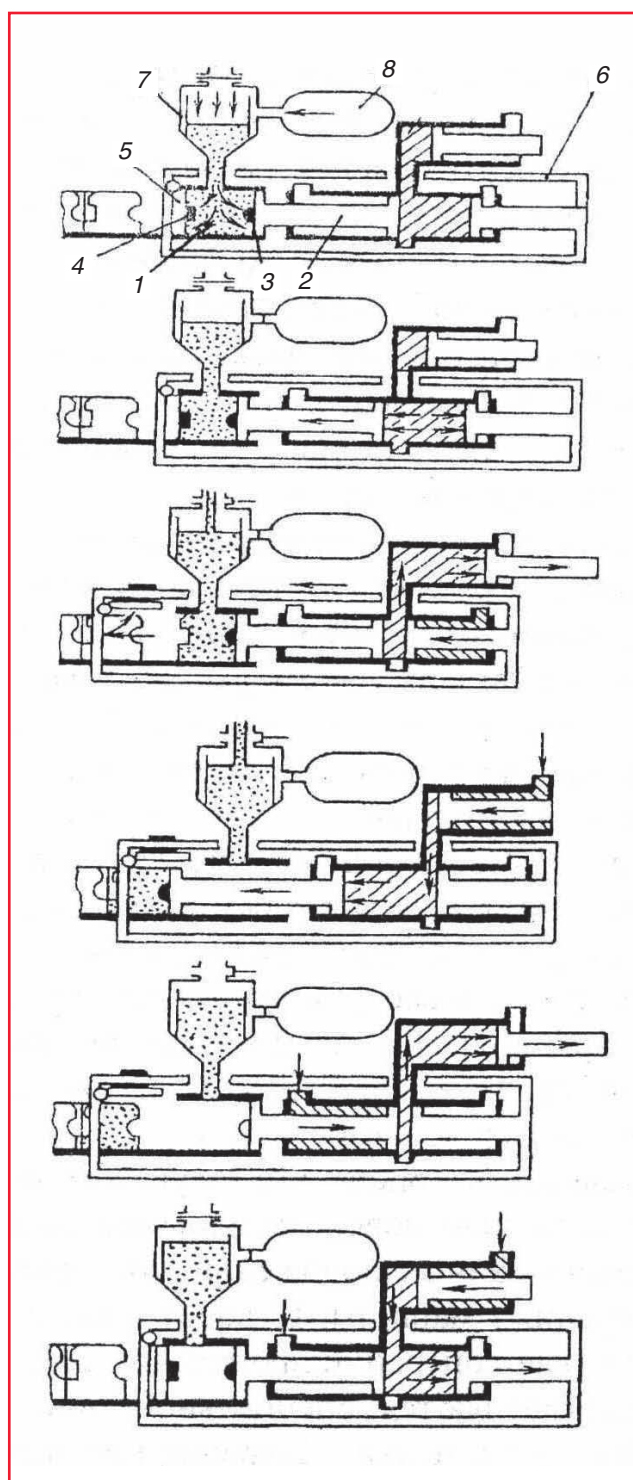


Рис. 1. Схема работы ПП-автомата безопочных форм (а...е – последовательность операций): 1 – рабочая камера, 2 – поршень, 3 – полумодель поршневая, 4 – полумодель откидной плиты, 5 – откидная плита, 6 – корпус подвижный, 7 – пескодувный резервуар, 8 – ресивер

прессовым способами.

Пескострельные автоматы для изготовления стержней из ХТС

Примером стержневых ПМ-автоматов, удовлетворяющим современным требованиям литейного производства, могут служить машины немецкой фирмы Laempe, которая выпускает ПМ-автоматы, оснащенные СЯ семи типоразмеров с вертикальным и горизонтальным разъемом с объемом стержня 5...250 л. Машины с вертикальным разъемом имеют габариты СЯ от 180×350×400 мм (длина, ширина, высота) до 900×1300×1300 мм, а с горизонтальным разъемом – от 355×350×450 до 1800×1500×1300 мм.

В модельном ряду стержневых автоматов этой фирмы объем СЯ может изменяться до цифры, указанной в обозначении типа машины. Например, установка L20 предназначена для изготовления стержней до 20 л; L250 (максимальная по объему из всех, выпускаемых фирмой) – до 250 л. ПМ этой фирмы, при компактной конструкции, выпускаются для оснастки до четырех плоскостей разъема (верхняя, нижняя, левая и правая боковая часть). Общий вид стержневого пескострельного автомата представлен на **рис. 2**.

Автомат представляет собой замкнутую силовую конструкцию, состоящую из нижнего стола 1 и верхней траверсы 4, связанных между собой вертикальными колоннами 3. На верхней траверсе смонтирована пескострельная головка с шиберным устройством 5 и приемным бункером-воронкой; на головке – ресивер для сжатого воздуха. На столе – правая и левая боковые прижимные плиты 2, 6 и пресс-цилиндр 7. Прижим собранного СЯ происходит как в быстром, так и в медленном режиме, благодаря чему отдельные части СЯ «мягко» закрываются и медленно подводятся под пескострельную плиту.

На установке производится быстрая замена СЯ, что обеспечивается вакуумным фиксированием боковых частей оснастки и быстрым механическим креплением нижней и верхней частей СЯ. Верхняя часть ящика придерживается рамой с переменной площадью отверстия в свету, боковые части фиксируются вакуумом и оформляются обычно из дерева, как наиболее дешевого материала. Нижняя часть ящика – «вытяжная» – крепится механически, но без соединений. Большое расстояние между боковыми прижимными плитами 2, 6 и колоннами 3

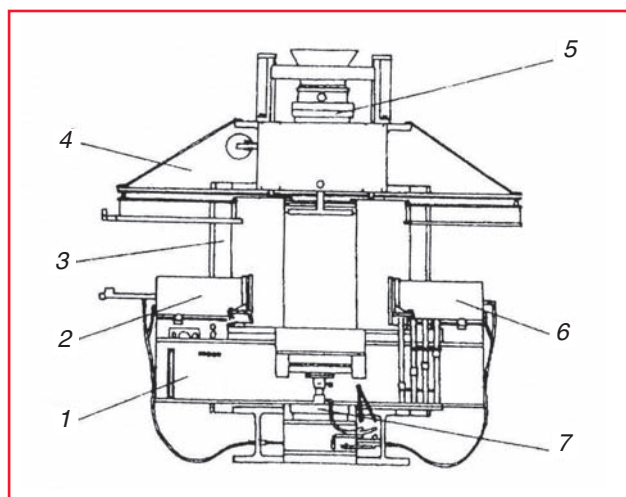


Рис. 2. Общий вид пескострельного стержневого автомата фирмы Laempe

установки обеспечивает простановку СЯ разных конфигураций и габаритов.

Оформление полостей стержня обеспечивает автоматически протяжными цилиндрами, которые могут нести на себе элементы модельной оснастки: фронтальную полость – пневмоцилиндр, а заднюю – гидроцилиндр. Левый цилиндр снабжен подвижными сегментами, которые препятствуют отклонению нижней части ящика вправо, когда ящик находится в собранном состоянии.

Сегменты устанавливаются вручную за несколько минут. Гидроцилиндр 7 протяжного стола имеет значительный ход, что дает возможность осуществить протяжку высоких стержней.

Чтобы обеспечить получение стержней с максимально чистой поверхностью и высокой точностью, боковые части ящика подводятся с большой точностью по параллельности, а замыкание их производится с большим усилием.

Конструкция пескострельной головки показана на **рис. 3**. Характерная особенность пескострельной гильзы – наличие в ее верхней и нижней частях сетки. Такая конструкция хорошо разрыхляет смесь и обеспечивает ее подвижность. Насадка 5 головки не сужающаяся, как это было принято раньше, а расширяющаяся кольцеобразной или крестообразной формы.

Пескострельная плита 6 прикрепляется к головке вакуумом с усилием ~ 1,6 т. Плита снабжена быстроразъемными резиновыми уплотнителями 7, которые значительно уменьшают продолжительность их замены и очистку пескострельного агрегата.

Пескострельные плиты больших машин L40-L100 снабжаются, кроме вакуума, еще механическим соединением для предотвращения падения плиты в результате аварийного отключения электропитания.

Для больших пескострельных установок резиновые уплотнители не предусматриваются. Конструктивно они заменяются дистанционными болтами и поддерживающим кольцом.

Крепление пескострельной плиты вакуумом позволяет осуществлять выстрелы через погружающиеся сопла. В рассматриваемой конструкции не требуется совпадения оси отверстия пескострельной плиты и оси загрузочного отверстия СЯ.

Такое несовпадение осей в действительности имеет место, так как пескострельная плита сначала крепится к ящику, а затем произвольно подводится под пескострельный узел автомата.

В случае, если работа производится погружающимися соплами, то вырезка направляющих каналов на междонной плите не производится.

Все пескострельные головки обычно снабжены толкателями с гидравлическим приводом (рис. 4). Толкатели через отверстия в плите плавно и равномерно отделяют стержень по всей поверхности контакта с модельной оснасткой без нарушения целостности стержня. Толкающее устройство конструктивно выполнено просто.

В зависимости от формы и размеров отверстия для заполнения СЯ между универсальной надувной плитой и верхней плоскостью ящика устанавливается промежуточная рези-

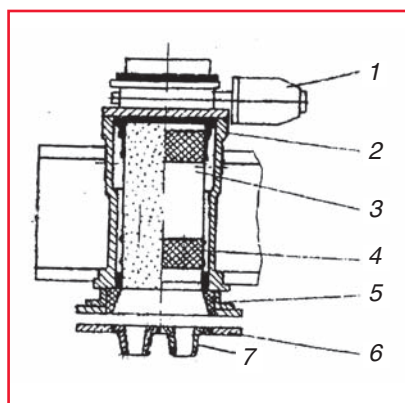


Рис. 3. Устройство пескострельной головки: 1 – привод шибера, 2 – корпус головки, 3 – гильза, 4 – сетка, 5 – насадка, 6 – пескострельная плита, 7 – резиновые уплотнители

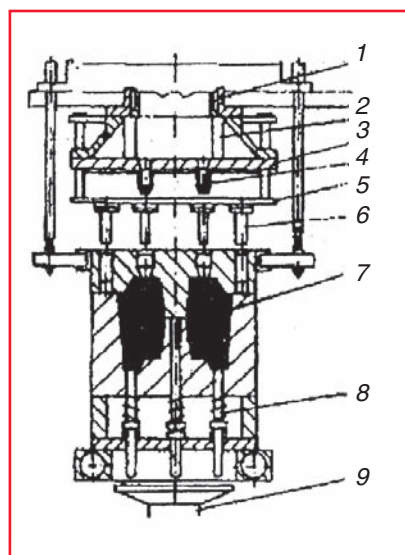


Рис. 4. Схема устройства для протяжки стержней: 1 – пескострельная гильза, 2 – распорные втулки, 3 – пескострельная плита, 4 – погружающие сопла, 5 – толкательная плита, 6 – толкательные штифты, 7 – стержень, 8 – выталкивающая пружина, 9 – гидропривод выталкивающего устройства

новая надувная плита, которая фиксируется к надувной плите вакуумом.

После продувки смеси газом-отвердителем остатки отвержденной смеси между плитой и плоскостью ящика в зоне

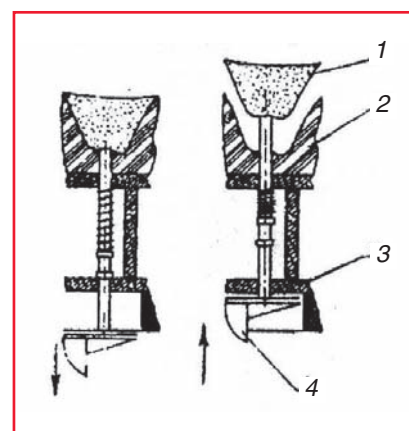


Рис. 5. Схема протяжки верхней части стержня: 1 – стержень, 2 – стержневой ящик, 3 – опорная рама, 4 – толкатель

надувного отверстия устраняются специальным очистителем, установленным на правой части надувной плиты.

При работе с ящиками с горизонтальным разъемом автомат снабжается специальной прижимной плитой для отвода стержней из верхней части машины. Это особенно важно, когда работа производится с высокими СЯ, а пескострельные отверстия очень длинные. Выталкивающие штифты крепятся к толкающей плите постоянными магнитами, что позволяет легко устанавливать их над отверстиями.

Протяжка осуществляется движением толкающей плиты вниз до соприкосновения штифов со стержнем, а затем протяжка верхней части стержня осуществляется движением верхней части СЯ вверх при неподвижных штифтах (рис. 5).

Протяжка стержня из нижней части ящика производится подпружиненными штифтами с помощью гидравлического привода.

Продолжение следует

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ЦЕХОВ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА¹

Имитационная модель плавильной системы СЛЦ ХТЗ

В качестве базового объекта моделирования выбрали плавильную систему (ПС) цеха стального литья Харьковского тракторного завода. На участке марганцовистого литья СЛЦ ХТЗ выплавляют сталь 110Г13Л (ГОСТ 977-88). Химсостав стали, %: 0,9...1,5 С; 11,5...15,0 Мп; 0,3...1,0 Si; < 0,12 Р; < 0,05 S; < 1,0 Cr; < 1,0 Ni. Продолжительность плавки 120...140 мин. Сталь получают в восьми дуговых печах ДС-5М, ДС-5МТ. Металл из печи заливается в стендовые 8-т ковши, а из них – по разливочным 350...450-кг ковшам. На участке имеются три станда. Плавильный участок обслуживает четыре АФЛ. Металл на участок заливки каждой АФЛ подается двумя разливочными ковшам. Температура металла на выходе из печи 1550...1570°C, минимальная температура заливаемого металла 1450°C.

В качестве математического описания элементов ПС использовали вероятностные автоматы. При создании имитационной модели ПС накладывали следующие ограничения.

- Считали, что плавильные агрегаты работают независимо друг от друга. Мостовые краны

могут обслуживать все плавильные агрегаты.

- Элементы системы соединены жесткой связью только на участках раздачи сплава по разливочным ковшам и заливки форм.
- Отказы одного элемента не влияют на надежность других.
- Система функционирует в дискретном времени.
- Моменты отказов элементов случайны.
- Из строя в дискретный момент времени выходит лишь один элемент.
- Количество элементов имитационной модели равно количеству элементов ПС.
- После восстановления элемента или замены новым идентичным все исходные свойства элемента восстанавливаются полностью.
- Во время восстановления отказавшего элемента показатели надежности элементов ПС, которые простаивают, не изменяются.
- Опрос элементов ПС происходит в дискретные моменты времени, заданные исследователем, если все элементы линии функционируют нормально, или через время, равное времени восстановления отказавшего элемента.
- Работа программы продолжается до тех пор, пока значение в памяти времени не превысит заданное разработчиком.

¹ **Продолжение.** Начало см. «Библиотека литейщика», №4...8, 2012 г. По материалам книги **О.И. Пономаренко** «Оптимизация технологических решений для цехов литейного производства».

Структурная схема ПС состоит из дозирующих устройств, плавильных агрегатов, стендовых и раздаточных ковшей, АФЛ. Технические характеристики оборудования для рассматриваемого случая (полное) время:

- плавки,
- загрузки шихты в печь,
- слива металла в стендовый ковш,
- транспортирования металла и установки стендового ковша,
- разбора металла из промежуточного накопителя,
- транспортирования металла в разливочных ковшах к АФЛ,
- заливки формы каждого наименования.

Задаем схему включения печей. Сразу же рассчитываем оптимальную шихту из имеющихся в наличии шихтовых материалов. Задаем температуру металла на выпуске из печи и закон ее изменения во времени в каждой подсистеме.

Внутреннее состояние ПС, в целом, зависит от внутреннего состояния ее элементов, так как отказ любого из ее элементов влияет на ее работу в целом. Для оценки функционирования отдельных агрегатов ПС были изучены их отказы по техническим и организационным причинам. Среднее время наработки на отказ (числитель) и время восстановления отдельных агрегатов и механизмов ПС (знаменатель) определяли на основе статистических наблюдений в СЛЦ ХТЗ и приведены ниже.

Механизм:

управления электродами.....	5840,0 / 1,2
наклона печи.....	5630,0 / 2,3
загрузки шихты.....	7800,0 / 0,5
удерживания электродов.....	2346,0 / 2,05
Система управления печью.....	20,5 / 0,13
Краны мостовые.....	1468,0 / 0,56

При моделировании работы ПС необходимо учитывать простои по *организационным причинам*. Анализ литературных источников и статистических данных СЛЦ ХТЗ показывает, что продолжительность простоев – 2...8 мин и к действительному фонду времени составляет, %:

- несвоевременность подачи шихты в печь – 2...3;

- ожидание результатов химсостава и его исправление – 3...4;

- «горячий» ремонт печи – 4...5;

- простой кранов – 2...3.

На имитационных моделях АФЛ формируем потребность в жидком металле на каждый час их работы. Задаем интервал времени, через который будет производиться опрос системы, и длительность наблюдения за системой.

В процессе работы программы определяем количество выплавленного металла в каждом интервале времени в целом, а для каждой АФЛ – количество залитого металла, проверяем удовлетворение спроса и выводим расчетные данные на печать: количество – выплавленного и неиспользованного сплава, дефицит металла на каждый час работы линии, время простоя каждой из подсистем.

Определяли условия и результаты моделирования работы ПС СЛЦ ХТЗ. За точки моделирования выбраны: максимальный выпуск отливок в 1987 г. и в 1990 г. – 94,1 и 60,8 тыс. т, соответственно.

Так, при моделировании работы ПС на производительность 60,8 тыс. т в год установлено следующее:

- количество выплавленного металла полностью удовлетворяет потребности АФЛ;
- простои из-за нехватки металла на АФЛ возникают, в основном, по организационным причинам, что составляет 7...10% от общего количества простоев линии;
- 5...10% металла возвращается в систему невостребованным;
- узкое место в системе – подсистема заливки форм, так как заливщики не успевают выбрать металл за технологически оговоренное время;
- существует некоторая передержка металла в печи, которая составляет, в среднем, 1...3% от времени плавки;
- для удовлетворения спроса АФЛ достаточно семи печей ДС-5М;
- на четыре АФЛ достаточно иметь три стендовых ковша;
- в связи с постоянной номенклатурой отливок заливать металл на линии марганцовистого литья целесообразно с помощью автоматизированных заливочных устройств.

Моделирование работы плавильной системы ЧЛЦ АО «Кредмаш»

Определение и расчет факторов, влияющих на длительность модифицирующего эффекта, имеет большое практическое значение, так как позволяет оценить такой важный технологический параметр, как допустимое время выдержки расплава чугуна после модифицирования.

Основные исходные данные для моделирования ПС с целью изучения длительности эффекта модифицирования:

- структурная схема ПС, приведенная на **рис. 1**;
- принятая технология приготовления чугуна СЧ20 (ГОСТ 1412-85);
- данные о длительности модифицирующего эффекта в зависимости от типа используемого модификатора;
- номенклатура изготавливаемых отливок, металлоемкость форм, время заливки формы и др.;
- технические характеристики используемого плавильного и формовочного оборудования (на поточной линии установлены формовочные встряхивающие машины моделей 254, 703, 22111).

Чугун плавил в 6-т вагранке, а затем раздаточными 2-т ковшами подавали в печь-миксер ДЧМ-10, где сплав доводили по химсоставу и температуре. Модифицирование в заводских условиях проводили на желобе дуговой печи ДЧМ-10 при заливке чугуна в 2-т стеновой ковш. Температура металла при выпуске его из печи 1400°C. Чугун из стеновых подавали разливочными 0,5-т ковшами на участок заливки поточной формовочной линии.

Анализ данных моделирования работы ПС показал необходимость изменения места ввода модификатора. Предложено подавать модификатор на желоб стенового ковша при разливке металла по раздаточным ковшам, для чего температура перегрева чугуна в печи была повышена на 20...30°C. Результаты моделирования для форм разной металлоемкости, распределение количеств металла, заливаемого в формы с надлежащим эффектом модифицирования и подлежащих сливу из-за потери температуры чугуна, приведены на **рис. 2**.

В результате моделирования работы ПС ЧЛЦ АО «Кредмаш» установлено следующее.

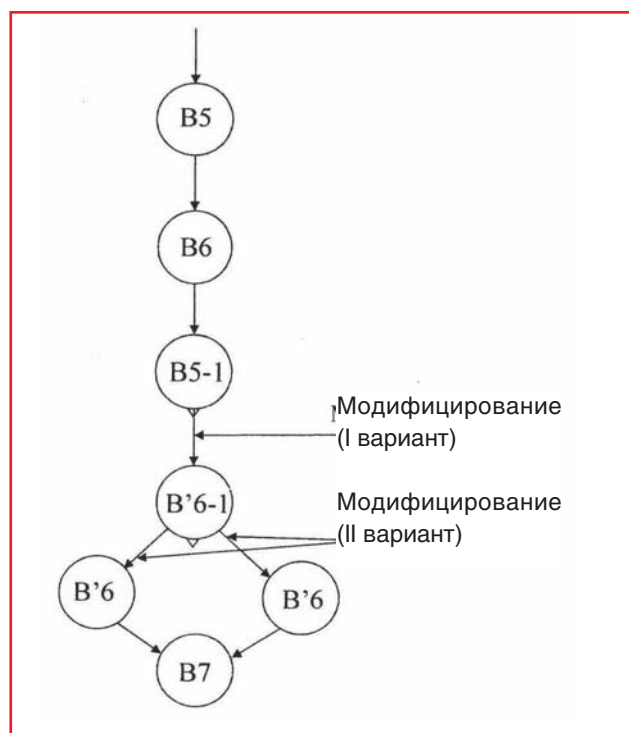


Рис. 1. Структурная схема ПС ЧЛЦ АО «Кредмаш»
Подсистемы: B5 – приготовление сплава, B6 – подача сплава в ДЧМ-10, B5-1 – доводка сплава по химсоставу и температуре, B'6-1 – подача сплава в стеновые ковша, B'6 – раздача сплава по разливочным ковшам, B7 – заливка форм

- Моделирование ПС – эффективный метод исследования и определения основных параметров техпроцесса приготовления сплава и заливки его в формы.

- При исследовании ПС ЧЛЦ АО «Кредмаш» установлено, что существовал достаточно высокий процент металла, утративший свои свойства в результате потери эффекта модифицирования и залитый в формы, что сказывалось на качестве отливок.

- При изменении места ввода модификаторов время их действия для всех типов стало достаточным для заливки чугуна в формы, без потери модифицирующего эффекта. Для этого была повышена температура выпускаемого металла из печи ДЧМ-10, что привело к возможности увеличения времени разливки 2-т ковша, в среднем, на 2 мин.

- В результате статистических исследований установлено, что простои литейного конвейера, в среднем, составляют 40...60 мин в смену, причем, 50% от их количества – из-за низкой надежности формовочных машин, что также негативно влияет

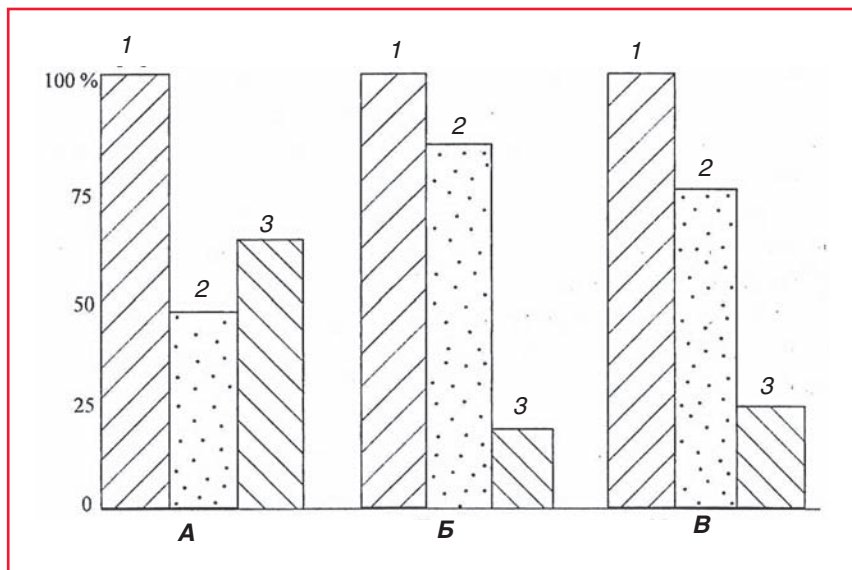


Рис. 2. Диаграммы получения и использования чугуна при модифицировании на желобе стенового ковша. Количество: 1 – приготовленного сплава, 2 – сплава, залитого в формы, 3 – слитого металла
Металлоемкость форм: **А** – минимальная, **Б** – средняя, **В** – максимальная

на эффективность работы ПС.

Выводы

- Для определения внутреннего состояния вероятностных автоматов, к которому относятся зависимости химсостава сплава от количества и качества шихтовых материалов, угара (пригара) элементов разработан комплекс программ для определения оптимального состава шихты.
- Предложены методика прогнозирования структуры и

свойств чугуна, а также метод прогнозирования длительности модифицирующего эффекта.

- Разработаны математические модели свойств чугуна ($C_{гр}$, $HВ$, $V_{гр}$), учитывающие его химсостав и тип применяемого модификатора.
- На основе параметрического метода распознавания образов в координатах $[Si] - [C]$ построена граница эффективной графитизации и определена область длительности модифицирующего эффекта, в за-

висимости от скорости графитизации. Предложено классифицирующее правило, которое позволяет подобрать химсостав чугуна, обеспечивающий устойчивость содержания графита в течение определенного времени после модифицирования.

- Разработана методика и компьютерная программа расчета оптимального количества оборудования, в которой в качестве критерия оптимизации использован критерий минимума приведенных затрат.

• Комплекс программ для моделирования работы плавильных отделений литейных цехов: СЛЦ ХТЗ (марганцовистая группа), ЧЛЦ АО «Кредмаш» (г. Кременчуг) позволяет проверять правильность расчета плавильного и вспомогательного оборудования, а также рациональной организации работы системы, выявлять «узкие» места, простои и др.

- Предложены практические рекомендации оптимального управления и совершенствования производственного процесса на стадии реконструкции и эксплуатации, часть из которых нашла применение в литейных цехах заводов сельхозмашиностроения.

Вышла новая книга!

ПРОИЗВОДСТВО ОТЛИВОК ОТВЕТСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

М.И. Карпенко, В.А. Алов, А.П. Мельников, В.М. Карпенко // Производство отливок ответственного назначения. Ярославль. Издательство «Ещё не поздно!». 2012. Кн. I – 256 с, илл. по тексту. ISBN 978-5-904457-22-8

Монография имеет производственно-технический характер и состоит из двух книг. В книге I приведены сведения о составах, способах производства литейных конструкционных сталей и чугунов, используемых для ответственных литых деталей. Представлены физико-механические и специальные свойства сплавов, основные характеристики и особенности изготовления ответственных отливок массового производства, методы повышения их надёжности и долговечности, области применения.

Заказы на книгу принимаются по адресу: Россия, 150003, г. Ярославль, пр. Ленина 21-12
Издательство Потребительского Общества «Ещё не поздно!» тел. (4852) 90-06-15, факс 32-87-00



ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРНО-ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ AL-ОТЛИВОК В ПРОЦЕССЕ ИЗОСТАТИЧЕСКОГО УПЛОТНЕНИЯ

Один из важнейших видов обработки Al-отливок – высокотемпературное изостатическое уплотнение (ВИУ), позволяющее не только изменять структуру и свойства отливок, но и влиять на показатели производства:

- уменьшать расход металла;
- упрощать литниково-питающую систему;
- снижать требования к литейным свойствам сплавов и т. д.

ВИУ – процесс одновременного воздействия высокого газового давления и температуры на отливку – эффективный способ повышения ее качества в результате устранения пор, раковин и рыхлот, не выходящих на поверхность, улучшения других элементов структуры.

Несмотря на высокую эффективность процесса, результаты его оказываются далеко не однозначными. Поэтому ВИУ требует анализа с точки зрения оценки свойств отливок, включая специальные (коррозию под напряжением, герметичность, жаропрочность и др.), так как традиционные способы анализа качества (структуру, прочность, пластичность) часто не могут дать исчерпывающих результатов эксплуатационной надежности литой детали.

В процессе ВИУ отливки нагревают до температуры, близкой к температуре гомогенизации, и подвергают всестороннему сжатию в результате нагрева инертного газа. При этом, давление в несколько раз превышает предел текучести материала. В качестве рабочей среды чаще всего применяют аргон или смесь аргона и гелия.

Известно, что приложение внешнего изостатического давления не может вызвать сдвиговые напряжения в совершенном монокристалле, однако в реальных поликристаллических материалах оно может привести к возникновению внутренних сдвиговых напряжений, достаточных для образования новых дефектов и к изменению энергетического состояния. С некоторым приближением можно принять, что при ВИУ реализуется напряженное состояние равномерного трехстороннего сжатия, когда $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3 = p$, где p – изостатическое давление на поверхности детали.

В местах расположения дефектов, действующих как упругие неоднородности, нарушается равномерность сжатия, так как возникающая поверхностная деформация способствует развитию сдвиговых напряжений, а низкий предел текучести сплавов (например, при 400°C у сплава АК8 $\sigma_{0,2} < 0,35$ МПа) предполагает возможность заживления дефектов в результате пластической деформации, интенсивной кратковременной ползучести и диффузионной сварки. Необходимо выбрать такой режим обработки, чтобы на заключительной стадии преобладало уплотнение диффузией по границам дефектов. Это приводит к сфероидизации остаточных микропор, снижению концентрации напряжений и повышению механических свойств.

Загрязненная поверхность пор препятствует диффузионной сварке, однако поверхности, которые образовались в результате внутреннего разрыва поликристаллического материала

(ювенильные поверхности) и не соприкасались с атмосферой, отличаются высокой степенью чистоты и могут быть загрязнены лишь вследствие диффузии на поверхность поверхностно-активных примесей. Ювенильные поверхности легко взаимодействуют даже при 20°C в случае приложения к ним небольших давлений. Таким образом, лучше всего свариваются поры усадочного происхождения, хуже – окисленные поры, а тем более – поры со шлаковыми включениями.

Водород, заполняющий практически любую пору, не препятствует течению металла при ВИУ, так как частично растворяется в металле или экстрагируется в окружающую среду. Содержание H_2 в сплавах АК7ч и АМ5 после ВИУ снижается с 0,5 до 0,2...0,25 см³/100 г, а сравнение зависимостей изменения содержания H_2 в металле и залечивания пор показывает корреляцию и кинематическое подобие указанных процессов. Для эффективной дегазации сплавов необходима повышенная чистота аргона в газостате по водородсодержащим примесям.

Металлографическая оценка влияния давления на изменение структуры не может быть однозначной, поэтому целесообразно использовать косвенные методы (электросопротивление, герметичность и др.), которые в сочетании с прямыми (металлография, рентгеноскопия), могут дать более объективное представление о влиянии ВИУ на формирование структурно-чувствительных свойств отливок. Ранее установлено (при рентгеноскопии), что рассеянная пористость, зональная рыхлота (площадью до 1...5 см²) отливок после применения ВИУ полностью исчезает. ВИУ «залечивает» не только макropустоты, но и практически всю микропористость, характерную для сплавов с широким интервалом кристаллизации, за исключением сквозных усадочных каналов и подкорковых раковин с пористой или тонкостенной перегородкой.

ВИУ уменьшает на 5...7% электросопротивление сплава АМ4,5Кд (Al–Cu–Mn), но не влияет на общую закономерность его изменения во времени. Меньшее значение электросопротивления сплава, подвергнутого ВИУ, в этом случае объясняется отсутствием в структуре макро- и микропустот, а характер дисперсионного твердения, то есть последовательное образование в процессе старения сегрегаций атомов, зон Гинье-Престона (ЗГП) и метастабильных фаз не изменяется.

Ниже приведены свойства сплава АМ4,5Кд при литье в песчаные формы, в зависимости от способа обработки отливок: I – Т6 (закалка и старение), II – ВИУ (450°C; 24,5 МПа; 2 ч) + Т6.

	I	II
Электросопротивление $\times 10^2$, Ом·мм ² /м.....	6,2	5,8
ρ , кг/м ³	2780	2792
σ_B , МПа.....	440	503
$\sigma_{0,2}$, МПа.....	415	442
δ , %.....	2,6	8,3
a_n , Дж/см ²	17,9	35,2
K_{1c} , Н/мм ^{3/2}	860	1160

Механические свойства широкоинтервальных сплавов (АМ4,5Кд, ВАЛ16), отлитых в песчаные формы, после ВИУ соответствуют типичным свойствам сплавов, отлитых в кокиль. Это расширяет возможности применения сплавов с пониженными литейными свойствами при изготовлении из них в песчаных формах сложных фасонных отливок, которые невозможно получить литьем в кокиль.

Например, механические свойства образцов, вырезанных из отливок после Т5 (закалка и старение) и ВИУ (450°C; 24,5 МПа; 2ч) + Т5, составляли, соответственно: σ_B – 539 и 564 МПа; $\sigma_{0,2}$ – 494 и 525 МПа; δ – 3,0 и 3,7%. При литье в песчаные формы и в кокиль сплава ВАЛ16 свойства вырезанных образцов были следующими: σ_B – 246/300 и 280/317 МПа; δ – 12/21 и 18/31% (в числителе – при Т4, знаменателе при ВИУ + Т4).

Разный уровень повышения в результате ВИУ механических свойств сплавов, отливаемых в песчаные формы, кокиль, жидкой штамповкой, объясняется, главным образом, характером имеющихся в структуре газоусадочных дефектов, плотность которых, а следовательно, и эффект уплотнения, уменьшается с повышением скорости кристаллизации отливок. В целом, для изменения прочности характерна прямая линейная зависимость от интенсивности (балла) исходной пористости. Эффективность ВИУ может зависеть также от размеров и формы обрабатываемых деталей. ВИУ экономичнее для сплошных отливок ответственного назначения.

Следует подчеркнуть неизменно возрастающий уровень характеристик прочности, надежности, долговечности сплавов АМ4,5Кд, ВАЛ12, ВАЛ16, АК8МЗч на основе различных систем (Al–Cu, Al–Zn, Al–Mg, Al–Si) независимо от скорости



Таблица 1

Обработка	σ_B , МПа	δ , %	δ_{-1} , МПа	Коррозия				
				А, %		В, мкм	С, балл	D, сут.
				σ_B	δ			
T5	602/454	6,2/6,2	110/120	15,2/24,2	7,0/18,2	50/120	2	100/64
ВИУ + T5	610/460	8,0/8,4	120/130	15,0/24,0	7,2/12,0	40/100	2	120/75

Таблица 2

Обработка	σ_B	$\sigma_{0,2}$	δ , %	Балл пористости	Герметичность, МПа
	МПа				
T4 (закалка)	284	163	7,5	III	0,03
ВИУ (400°C, 24,5 МПа, 2 ч) + T4	290	170	8,0	II...III	0,05
ПН + ВИУ + T4	312	175	10,3	I	0,5

кристаллизации. Такой результат влияния ВИУ вполне закономерен, поскольку при ударных, циклических, знакопеременных, высокотемпературных нагрузках очаги разрушения – внутренние микротрещины – практически полностью отсутствуют. Устранение внутренних макро- и микронесплошностей приводит к улучшению не только механических свойств, но и плотности, жаропрочности, герметичности, коррозионной стойкости, свариваемости, обрабатываемости резанием и т. д. В табл. 1 приведены свойства образцов из сплавов ВАЛ12 (числитель) и АК8МЗч (знаменатель), полученных жидкой штамповкой: А, В, С и D – соответственно, общая коррозия (потеря свойства), межкристаллитная, расслаивающая и коррозия под напряжением.

Анализ микроструктуры образцов, прошедших ВИУ, показал, что поверхность их излома ровная, плотная и не содержит газоусадочных дефектов. При микрофрактографических исследованиях на сканирующем электронном микроскопе типа Мини-Сем обнаружено более вязкое строение поверхности излома, а в очаге наиболее распространены пластичные участки разрушения, проходящие по телу зерна. В изломе образцов, не подвергнутых ВИУ, преобладает разрушение по границам зерен, что говорит о худшей способности материала сопротивляться пластической деформации. Мелиорация структуры сплавов под действием всестороннего сжимающего напряжения протекает быстрее, чем при обычной термообработке.

Разумеется, характер изменения структуры и свойств в процессе ВИУ будет определяться качественным и количественным «набором» де-

фектов кристаллизационного происхождения, который, в свою очередь, зависит как от химического и фазового состава сплава, так и от скорости и направленности (последовательности) затвердевания отливки. Пластичность гетерогенных силуминов, например, увеличивается менее интенсивно, чем у гомогенных (широкоинтервальных) сплавов, так как ее величина определяется в основном морфологией эвтектики, которая под влиянием ВИУ изменяется не так значительно. В сплавах с гомогенной структурой (АМ4,5Кд, ВАЛ16) пластичность и ряд других свойств определяются наличием газоусадочных пустот, исчезновение которых в процессе ВИУ способствует значительному повышению эксплуатационных характеристик (свариваемости, коррозионной стойкости, герметичности и др.).

Большое значение для устранения дефектов может иметь и наличие оксидов на поверхности раковин, которые не препятствуют деформации, но затрудняют надежную сварку дефектов в процессе ВИУ. Образование оксидов имеет место в силуминах, содержащих легкоокисляемые компоненты (Na, Sr и др.). Следует отметить также разную степень упрочнения сплавов типа твердых растворов (АМ4,5Кд, ВАЛ12), которая связана, очевидно, с особенностями влияния локальной микропластической деформации в процессе ВИУ на кинетику старения (скорость распада твердого раствора).

Деформация «разрыхляет» кристаллическую решетку матрицы, увеличивая плотность дефектов кристаллического строения (вакансий, дислокаций), и, следовательно, интенсифицирует диффузионные процессы, повышает скорость обра-

зования ЗГП и промежуточных (метастабильных) фаз.

Различие влияния этих дефектов на диффузию заключается в том, что вакансии повышают скорость диффузии и способствуют росту ЗГП и образованию метастабильных фаз, а дислокации тормозят их развитие вследствие «притягивания» ими растворенных атомов. Преобладание того или иного фактора зависит от многих условий, но доминирует процесс диффузии, который повышает скорость распада твердого раствора в процессе упрочняющей термообработки.

Максимальная прочность сплава ВАЛ12 (Al–Zn–Mg–Cu) достигается при преобладании в структуре ЗГП, а максимальное упрочнение сплава АМ4,5Кд (Al–Cu–Mg) происходит при образовании метастабильной фазы CuAl_2 , поэтому ускорение фазовой стадии старения после ВИУ снижает эффект упрочнения сплава ВАЛ12.

В отливках из широкоинтервальных сплавов помимо локальной макро- и рассеянной микропористости имеются зоны с транскристаллитными (сквозными) каналами, выходящими на поверхность. Повышение герметичности таких отливок может быть достигнуто только в результате применения специальных методов обработки поверхности перед ВИУ. К числу таких методов может быть отнесен поверхностный наклеп (ПН), который способствует повышению герметичности и других эксплуатационных характеристик (табл. 2 – свойства образцов, вырезанных из отливок: сплав ВАЛ16).

Прилитие под давлением (ЛПД) серьезным недостатком является низкая плотность отливок, практически исключающая возможность проведения упрочняющей (высокотемпературной) термообработки. Структура таких отливок характеризуется наличием газовой воздушной и усадочной микропористости. Оптимизация технологии и разработка специальных методов заполнения (предварительное вакуумирование форм, продувка ее кислородом) не всегда дают нужный результат.

Перспективным средством повышения плотности деталей ЛПД может быть ВИУ, которое практически полностью устраняет пористость и расширяет возможности упрочняющей термообработки.

Ниже приведены свойства образцов из сплава АК8МЗч, полученных ЛПД, в зависимости от способа обработки.

Литые образцы	σ_B , МПа	δ , %
Т5 (закалка и старение).....	246	0,6
Холодное изостатическое уплотнение (800 МПа) + Т5...	323	2,9
ВИУ (400°C, 102 МПа, 2 ч) + Т5.....	368	3,9

Вырезанные образцы $\varnothing$ 3 мм	σ_B , МПа	δ , %
Литое состояние.....	243	5,0
Т5.....	330	4,0
ТВО + Т5.....	373	5,5
ТВО + ВИУ + Т5.....	430	8,0

Применение ВИУ не исключает использования других средств повышения плотности отливок: совершенствования литниковой системы, регулирования скоростей впуска и прессования для обеспечения ламинарного заполнения формы сплошным потоком расплава. Эффективность изостатического уплотнения для ЛПД может быть увеличена за счет предварительной термовакуумной обработки (ТВО), снижающей на 20...25% газосодержание отливок (например, для сплава АК8МЗч – с 0,36 до $0,29 \cdot 10^{-5}$ м³/кг), что улучшает свойства отливок ЛПД до уровня самых высокопрочных литейных и некоторых деформированных полуфабрикатов.

ВИУ приводит также к увеличению стабильности свойств. Независимо от степени изменения средних значений любой характеристики разброс всех ее значений, оцениваемый по размаху или среднему квадратичному отклонению, уменьшается в 3–8 раз. При этом, нижний предел разброса сдвигается в сторону больших значений.

Несмотря на интенсивное развитие, ВИУ – относительно дорогой процесс. Для снижения его стоимости и расширения номенклатуры обрабатываемых отливок важное значение имеет рациональный выбор цикла ВИУ и анализ закономерности изменения давления и температуры в зависимости от времени протекания процесса. Теоретической основой такого выбора должны служить дифференцированные эмпирические соотношения, связывающие указанные параметры со скоростью изменения структуры и структурно-чувствительных свойств отливок.

Основные механизмы процесса, как уже говорилось, – пластическая деформация, деформация ползучести и диффузия, поэтому важной про-



блемой является идентификация доминирующего на каждом этапе ВИУ механизма уплотнения. Наиболее длительным этапом процесса является диффузия, и если уплотнение (пластическая деформация и ползучесть) может быть закончено в течение 1...2 ч, то гомогенизация структуры требует более длительной выдержки, при этом, стоимость обработки возрастает на 7% за каждый дополнительный час выдержки.

Помимо оптимизации основных параметров процесса (давление, температура, время) важное место в снижении стоимости обработки занимает применение специализированного оборудования, ориентированного на определенный тип материалов и групповую технологию, производительность, размер камеры газостата, повышение коэффициента загрузки, зависящего от габаритов

и рациональной укладки деталей в садке, использование горячей загрузки-выгрузки и пр. Так, увеличение рабочей камеры газостата в 2–3 раза снижает стоимость обработки в 5–6 раз, повышение коэффициента загрузки и производительности в 3 раза уменьшает расходы на обработку в 4 раза, а использование горячей загрузки-выгрузки позволяет сократить цикл газостатирования в несколько раз и т. д.

Таким образом, новая концепция управления качеством Al-отливок должна опираться на оптимизацию решений по выбору рациональной технологии, включая высокотемпературное изостатическое уплотнение.

Н.С. Постников

Источник: Литейное производство, 1993, №4

ИНТЕНСИВНЫЕ МЕТОДЫ ПРОИЗВОДСТВА AL-ОТЛИВОК ДЛЯ СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНИКИ

На основе системы управления структурно-фазовым состоянием отливок и требований промышленности разработаны литейные Al-сплавы (**табл. 1**) и технологические процессы, обеспечивающие необходимый уровень эксплуатационных характеристик образцов современной техники. Высокопрочный силумин ВАЛ8 по комплексу свойств превосходит все аналоги и предназначен для производства под давлением, в кокиль (*К* в **табл. 1**) и жидкой штамповкой (*ЖШ*) сложных по конфигурации литых деталей, температура эксплуатации которых может достигать 250°C (в **табл. 1**: *ПФ* – литье в песчаные формы, K_{oc} – ко-

эффициент ослабления сваркой). ВАЛ12 – наиболее высокопрочный литейный Al-сплав, успешно конкурирующий с деформируемыми Al-сплавами, малоуглеродистыми сталями, бронзами, латунями. Температура эксплуатации деталей из сплава ВАЛ12 может достигать 200°C (длительно) и 250°C (кратковременно).

Таблица 2

Деталь	σ_B , МПа	δ , %
Тройник	522/582	3,5/6,4
Крышка	484/578	4,2/5,6
Ложемент	506/602	3,2/7,2
Кассета	480/570	3,0/8,4

Таблица 1

Сплав	σ_B	$\sigma_{0,2}$	σ_{-1}	δ , %	K_{oc}	Длительная прочность ¹ , за 100 ч
	МПа					
ВАЛ8 (Т5; К / ЖШ)	400/440	34/38	110/140	4/6	0,8	140/160 (60/80)
ВАЛ12 (Т5; К / Ш)	550/580	500/520	90/140	3/6	0,7	120/140 (50/60)
ВАЛ16 (Т4; ПФ / К)	260/300	160/180	70/80	6/8	0,9...1,0	110/130* (–)

¹ При 200 (250) °C; * При 150°C

Свариваемый коррозионно-стойкий сплав ВАЛ16 предназначен для производства отливок и лито-деформированных сварных соединений, работающих при длительных нагревах до 150°C во всеклиматических коррозионных условиях. Благодаря оптимальному содержанию Mg, режиму термообработки и комплексу микролегирующих элементов переходных металлов сплав ВАЛ16, по сравнению со стандартными магниями, имеет стабильный уровень повышенных механических свойств отливок и сварных соединений ($K_{oc} = 1$), значительно более высокий уровень рабочих температур (в 2 раза), предела текучести, жаропрочности (в 1,5 раза), литейных свойств.

Последнее обстоятельство практически исключает образование горячих трещин при литье и сварке и позволяет получать фасонные детали в металлических формах с затрудненной усадкой (кокиль, под давлением и т. д.).

Изменение структуры отливок, в зависимости от способа литья, оказывает влияние и на их структурно-чувствительные свойства при статических, динамических и цилиндрических испытаниях. В табл. 2 приведены механические свойства вырезанных образцов деталей из сплава ВАЛ12 – Т5 (в числителе – K , знаменателе – $ЖШ$).

Особенно следует подчеркнуть впервые достигнутый уровень усталости (160 МПа) – для медистых силуминов и прочности (600 МПа) – для высокопрочных сплавов. Ниже приведены механические свойства детали крышка из сплава ВАЛ8 – Т5, в зависимости от метода литья.

	K	$ЖШ$
σ_B , МПа.....	380	480
δ , %.....	3	8

Число циклов, тыс., до разрушения при напряжении, МПа:

	K	$ЖШ$
120.....	3,1	24000
140.....	366	24000
160.....	—	20000

Важные компоненты технологии литья Al-деталей – такие методы обработки отливок, как поверхностная деформация, термовакуумная обработка, горячее изостатическое уплотнение.

Поверхностная деформация (наклеп) изменяет чистоту и микрогеометрию, величину и знак остаточных напряжений, а также плотность наружных слоев отливки. К этому виду обработки относится пневмоабразивная (ПА) обработка (песком, маршаллитом, электрокорундом), а также виброшлифование (ВШ) и виброуплотнение (ВУ) стальными шариками.

При ПА электрокорундом свойства отливок из сплава ВАЛ16 (Т4) изменялись следующим образом: σ_B возрастала с 275 до 285 МПа, δ уменьшилось с 8,6 до 7,8%, герметичность незначительно увеличилась – с 0,02...0,05 до 0,5 МПа, чистота поверхности изменилась с V 4 до V 6...V 7. Наклеп повышает:

- в 1,5–2 раза усталостную прочность,
- в 2–3 раза стойкость к коррозии под напряжением КРН;
- снижает потери при общей коррозии на 20...25%;
- обеспечивает герметичность отливок из широкоинтервальных сплавов и сварных соединений без специальных методов пропитки.

Поверхностная обработка увеличивает коррозионную стойкость отливок и повышает эффективность горячего изостатического уплотнения (ГИУ), так как без нее сквозные газоусадочные дефекты в процессе ГИУ не устраняются (табл. 3 – для отливок из сплава ВАЛ16 – Т4).

Термовакуумная обработка (ТВО):

- формирует обедненную (на 20...30%) легколетучими компонентами (Zn, Mg и пр.) поверхностную зону (200...250 мкм) десорбции,
 - уменьшает на 30...40% газосодержание отливки, способствует коагуляции и диспергированию отдельных структурных составляющих;
- обеспечивает:
- повышение пластичности в 1,5–2 раза;

Таблица 3

Обработка	$\sigma_{\text{в}}$	$\sigma_{0,2}$	δ , %	Балл пористости	Герметичность, МПа
	МПа				
Без обработки	284	163	7,5	III	0,03
ГИУ	290	170	8,0	II...III	0,05
ПА (с двух сторон) и ГИУ	312	175	10.3	I	0.5



Таблица 4

Сплав	Метод литья	Обработка	σ_b^* , МПа	δ^* , %
ВАЛ16	К	Т4	280	18,0
		ГИУ+Т4	317	30,8
	ПФ	Т4	246	12,0
		ГИУ+Т4	300	21,0
ВАЛ12	К	Т5	539	3,0
	ПФ	ГИУ+Т5	564	3,7
ВАЛ8	К	Т5	447	2,2
		ГИУ+Т5	476	5,7

* Образцы вырезанные

- стойкости к КРН в 2–2,5 раза;
- снижение в 1,5 раза потерь механических свойств после общей коррозии;
- стабильность усталостной прочности;
- возможность термоупрочнения деталей литья под давлением.

Таким образом, облагораживающее действие ТВО связано с дегазацией материала, избирательным испарением летучих компонентов, коагуляцией фаз, а также с предохранением сплавов от наводороживания при нагреве на воздухе и может являться радикальным средством, особенно в сочетании с ГИУ, стабилизации и повышения многих эксплуатационных характеристик отливок.

Ниже приведены механические свойства детали *накладка* из сплава ВАЛ8 (литье под давлением, образцы $\varnothing$ 3 мм вырезанные).

	σ_b , МПа	δ , %
Литое состояние.....	243	5,0
Т5 (закалка и старение)...	330	4,0
ТВО + Т5.....	373	5,5
ТВО + ГИУ + Т5.....	430	8,0

ГИУ отливок обеспечивает устранение микрогазоусадочной пористости и небольших (до 5 мм) раковин, так как высокая пластичность сплавов и относительно низкая прочность при ГИУ предполагает возможность локальной микропластичес-

кой деформации, интенсивной кратковременной ползучести и диффузионной сварки.

Одновременно происходит гомогенизация структуры, уменьшение дендритной ликвации, диспергирование, коагуляция и растворение вторичных фаз. Отливки после ГИУ имеют в среднем эквивалентные свойства, но их разброс значительно меньше.

Эффективность этого метода обработки связана с повышением на 20...25% уровня механических свойств (**табл. 4**), снижением в 2–3 раза дисперсии механических свойств, увеличением практической возможности (особенно, в сочетании с предварительной ТВО) термоупрочнения деталей литья под давлением в результате дополнительной дегазации и устранения пористости.

Таким образом, комплексный подход к совершенствованию производства отливок обеспечивает воздействие на все основные элементы структуры и является необходимым условием обеспечения эксплуатационной надежности литьих изделий, рационального и экономного использования цветных металлов.

**А.Г. Братухин, Н.С. Постников,
Е.Б. Глотов**

Источник: Литейное производство, 1993, №4

К 80-летию со дня рождения

НИКОЛАЙ СЕРГЕЕВИЧ ПОСТНИКОВ (1932...1993 гг.)

9 августа исполнилось бы 80 лет Николаю Сергеевичу Постникову – доктору технических наук, профессору, лауреату премии Правительства РФ.

Н.С. Постников работал во Всесоюзном институте авиационных материалов, где прошел путь от инженера до главного научного сотрудника, заместителя начальника лаборатории. В 1966 г. он защитил кандидатскую диссертацию, а в 1982 г. – диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук.

Основные направления работ Николая Сергеевича Постникова:

- разработка новых высокопрочных литейных алюминиевых сплавов,
- исследование и оптимизация параметров технологического процесса производства отливок,
- комплексные научно-исследовательские работы с академическими и учебными институтами,
- освоение новых сплавов и технологических процессов в перспективных разработках авиационной и других отраслей промышленности.

Н.С. Постников был создателем литейных алюминиевых сплавов АЛ34, ВАЛ8, ВАЛ12, много внимания уделял макро- и микролегированию поверхностно-активными и переходными эле-

ментами, изучению тонкой структуры, фазовых составов и превращений в промышленных алюминиевых сплавах и их влиянию на основные механические свойства. Занимался вопросами упрочнения коррозионно-стойких сплавов, методами приготовления и обработки расплава и получения отливок, а также видами коррозионного поражения.

Много исследований было посвящено разработке и оптимизации параметров технологических процессов (ТВО, ГИП и др.), применение которых для обработки ряда сплавов позволяет существенно увеличить стойкость к коррозии под напряжением, пластичность и некоторые характеристики надежности. Н.С. Постников разработал технологические методы управления структурой в производственных условиях.

Автор многочисленных научных статей, авторских свидетельств и монографий, Николай Сергеевич уделял большое внимание подготовке научных кадров. Отличаясь высокой требовательностью, он был очень доброжелательным к своим сотрудникам и ученикам. Под его руководством защищено много кандидатских диссертаций.

Он ушел из жизни в расцвете творческих сил и замыслов, ряд которых реализовали его ученики и сотрудники.



К 85-летию со дня рождения

АЛЕКСАНДР
АЛЕКСАНДРОВИЧ
НЕУСТРУЕВ

(1927...2005 гг.)

12 сентября 2012 г. исполнилось бы 85 лет со дня рождения Александра Александровича Неуструева, доктора технических наук, профессора кафедры «Технология литейного производства» МАТИ им. К.Э. Циолковского, действительного члена Российской Академии проблем качества.

Вся трудовая деятельность А.А. Неуструева была связана с МАТИ – РГТУ им. К.Э. Циолковского, где он заведовал кафедрой «Технология литейного производства», работал проректором по научной работе. В 1992 г. ему присвоили звание «Заслуженный профессор университета».

Многосторонняя научная деятельность профессора А.А. Неуструева была посвящена в значительной мере развитию тепловой теории литья и разработке методов расчета технологического процесса литейного производства. Свой энциклопедический потенциал он всегда направлял на решение самых актуальных проблем.

В 50-е гг. при его непосредственном участии были исследованы и освоены в промышленности ряд процессов непрерывного литья алюминиевых слитков и их последующей термической обработки. В 60...70-е гг. он стоял у истоков вакуумной дуговой гарнисажной плавки для центробежного литья титановых сплавов. Последние 30 лет

Александр Александрович активно занимался проблемами теории САПР технологических процессов литья в кокиль и по выплавляемым моделям.

По результатам научных исследований им опубликовано более 240 научных работ. В 1990 г. профессору А.А. Неуструеву было присвоено звание «Почетный авиастроитель».

Особое внимание Александр Александрович уделял подготовке инженеров и научных кадров высшей квалификации. Он подготовил более 21 кандидата технических наук, был научным консультантом по трем докторским диссертациям.

А.А. Неуструев более 20 лет вел научно-методическую работу в Ученом совете при Госпрофотборе СССР, за что в 1978 г. был награжден знаком «За заслуги в системе профтехобразования». В 1996 г. он был избран академиком Российской академии проблем качества. Имел правительственные награды.

В 2000 г. президентом РФ профессору А.А. Неуструеву было присвоено почетное звание «Заслуженный работник высшей школы РФ».

Друзья и коллеги хранят память об Александре Александровиче – прекрасном человеке, надежном товарище и партнере, высоком профессионале.

К 75-летию со дня рождения

ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ ИЛЬИНСКИЙ

(1937...2009 гг.)

2 августа 2012 г. исполнилось бы 75 лет Владимиру Александровичу Ильинскому – доктору технических наук, профессору, много лет возглавлявшему кафедру «Машины и технология литейного производства» Волгоградского государственного технического университета.

В.А. Ильинский родился в г. Горьком. В 1955 г. после окончания средней школы он поступил в Сталинградский механический институт, который успешно закончил в 1960 г. Инженерную деятельность В.А. Ильинский начал в литейном цехе машиностроительного завода г. Нальчика, где скоро стал заместителем начальника цеха.

В последующие годы Владимир Александрович, работая во Всесоюзном институте технологии машиностроения «ВНИИТмаш», выполнил цикл работ, посвященных термостойкости серого чугуна для гильз цилиндра, и в 1970 г. успешно защитил кандидатскую диссертацию в МАМИ.

Возглавляемый долгие годы В.А. Ильинским ВНИИТмаш определял научно-техническую политику металлургического производства в тракторном и сельхозмашиностроении. Благодаря творческой инициативе и целеустремленности В.А. Ильинского, в сочетании с его высокой требовательностью и принципиальностью, была решена проблема оснащения крупнейших заводов отрасли новейшими технологиями и оборудованием, что позволило отечественной продукции успешно конкурировать с лучшими мировыми аналогами.

В эти годы круг научных интересов Владимира Александровича расширился, выполненные им работы по микроликации и кристаллизации в сплавах Fe–C внесли существенный вклад в развитие научных и практических основ литейного

производства.

В 1987 г. он успешно защитил в ИПЛ АН УССР докторскую диссертацию. 1990 г. – начало преподавательской деятельности В.А. Ильинского в Волгоградском политехническом институте, где в 1992 г. ему было присвоено ученое звание профессора. В последующие годы Владимир Александрович возглавлял кафедру «Машины и технология литейного производства» ВолгГТУ, был заместителем председателя совета по защите докторских и кандидатских диссертаций, членом других диссертационных советов, долгие годы работал в редколлегии журнала «Литейное производство».

По результатам научной деятельности В.А. Ильинским опубликовано более 130 печатных работ, получено 30 авторских свидетельств на изобретения и патентов РФ. Многие научные работы напечатаны за рубежом (в Индии, Болгарии, Великобритании, Испании). Им создана научная школа металлургов, которая продолжила исследования в области затвердевания Fe–C-сплавов, внесла в теорию много нового, и подготовила высококвалифицированных специалистов. Под руководством Владимира Александровича ежегодно выполнялись научно-исследовательские работы по грантам и договорам с промышленными предприятиями.

Работая в разных областях науки и техники, В.А. Ильинский был широко известен как высококвалифицированный специалист, блестяще решающий любые научные и практические задачи. Владимир Александрович пользовался заслуженным авторитетом коллег, как в нашей стране, так и за рубежом.

**К 80-летию со дня рождения****ОЛЕГ АЛЕКСАНДРОВИЧ ШАТАГИН**

4 августа 2012 г. свое 80-летие отметил **Олег Александрович Шатагин** – крупнейший специалист по непрерывному литью (НЛ), инженер, во многом благодаря которому горизонтальное непрерывное литье (ГНЛ) получило широкое распространение в промышленности бывшего СССР, Европы, СНГ.

О.А. Шатагин родился в г. Выкса Нижегородской обл. После окончания металлургического техникума он поступает в Горьковский политехнический институт. В 1957 г. молодой инженер-металлург по распределению попадает в УкрНИИМет, где работает до 1960 г. младшим научным сотрудником. В институте он работает в отделе выдающегося непрерывщика, Лауреата Государственной премии СССР **В.Т. Сладкошteeва**. И начинается их совместная деятельность по усовершенствованию разливки стали.

В то время существовало две основных технологии разливки стали – в изложницы и в «канаву». Непрерывная разливка стали только начинала развиваться в нашей стране. Это было время интенсивного восстановления разрушенной в войну промышленности, разработки и освоения в производстве под руководством акад. **И.П. Бардина**



непрерывной разливки стали и кислородно-конвертерного процесса в СССР. В мае 1955 г. вошла в строй промышленная установка на заводе «Красное Сормово», что позволило получить бесценный опыт проектирования, подготовки персонала и установления оптимальных режимов процесса.

В 1960 г. успешно запущена в мартеновском цехе Донецкого металлургического завода (ДМЗ) промышленная установка непрерывной разливки стали (УНРС). Еще не была отработана технология, не

было научных основ процесса, да и производительность машин, которые были исключительно вертикального типа, оставляла желать лучшего. Без преувеличения можно сказать, что первая в Украине промышленная УНРС мартеновского цеха ДМЗ стала испытательным полигоном для проведения работ по развитию технологии НЛ заготовок и совершенствованию оборудования для ее успешной реализации в СССР.

Многие «авторитетные товарищи», основываясь на «только им известных» теплофизических и прочностных свойствах материалов, доказывали, что непрерывным методом рационально отливать исключительно низкоуглеродистые стали, а легированные следует отливать старым спосо-



бом, в изложницы. Сколько раз непрерывщики УкрНИИМета (как и их коллеги из других организаций) слышали в свой адрес: «Вы что, умнее академика Бардина?».

Но время все расставило по своим местам и доказало правоту научных расчетов и производственных выкладок **В.Т. Сладкошteeва** и **О.А. Шатагина**.

Первая в мире радиальная УНРС была создана в УкрНИИМете в 1962 г. В 1964 г. в мире было всего пять УНРС радиального типа, а в 1970 г. – уже 149, то есть ~ 50% их общего количества на то время.

Совмещение непрерывной разливки с прокаткой, предложенное впервые в 1960 г. акад. **А.И. Целиковым**, обеспечило повышение производительности УНРС, улучшило качество и увеличило выход годного металла. Совмещенный процесс впервые получил применение в США, где в 1969...1970 гг. годовая мощность введенных в эксплуатацию совмещенных агрегатов непрерывной разливки и прокатки достигла 4 млн т. Производительность труда при применении совмещенных агрегатов возрастала в 5–6 раз. По новой технологии не нужно было нагревать слиток перед прокаткой – он поступал в валки прокатного стана горячим, прямо из кристаллизатора УНРС, а его форма уменьшала количество проходов через прокатные валки.

Первая опытная одноручьевая сортовая установка УНРС радиального типа была построена в 1962 г. на заводе УЗТМ, г. Екатеринбург (за рубежом аналогичная установка работала с 1963 г.).

По разработанному УкрНИИМетом техзаданию институтом Гипросталь был выполнен проект и построена в 1965 г. на Руставском заводе первая в СССР радиальная УНРС на 220 тыс. т в год.

Радиальные и криволинейные УНРС и сегодня приняты в качестве основного типа установок на отечественных и зарубежных заводах. Их преимущества, по сравнению с вертикальными УНРС:

- в 3–4 раза меньшая высота,
- возможность обслуживания общецеховыми грузоподъемными средствами,
- высокие скорости разливки,
- возможность получения неограниченных по длине слитков,
- меньшие капитальные затраты на строительство.

С развитием технологии НЛ изменялась и терминология. Если в начале промышленного освоения этого вида литья (1955 г.) основное оборудо-

дование называлось УНРС, то уже к середине 1970-х гг. XX в. в терминологии было окончательно принято МНЛЗ (машина непрерывного литья заготовок).

Несколько позже под руководством другого выдающегося непрерывщика **О.В. Носоченко** в 1974 г. в конвертерном цехе комбината «Азовсталь» были разлиты стали, легированные алюминием. Этим было положено начало разливам не только низкоуглеродистых сталей обыкновенного качества (типа Ст.3...Ст.5), но и качественным, а впоследствии и легированным сталям не только в Украине, но и во всем СССР.

В 1963 г. О.А. Шатагин успешно защищает кандидатскую диссертацию и вскоре становится начальником лаборатории непрерывной разливки стали. Казалось бы, что еще надо человеку? Но О.А. Шатагин относится к людям, которые создали себя сами. Много ли в мировой практике найдется ученых, ставшими отцами-основателями принципиально новых технологических процессов? Олег Александрович – из их числа. К незаурядным природным данным он сумел добавить усидчивость, умение четко видеть перспективу, хорошие навыки к оформлению научных результатов в удобочитаемый вид, легкий стиль написания научных работ.

Это позволило ему стать автором более 350 трудов, среди которых две монографии по непрерывному литью и справочник по спецвидам литья, давно ставшие библиографической редкостью и одновременно настольными книгами непрерывщиков, литейщиков и металлургов. Количество патентов и авторских свидетельств, в которых Олег Александрович значится автором, превышает 1000!

Командировки и научные исследования приводят молодого специалиста к мысли: «А если расположить горизонтально «сердце» установки непрерывного литья – кристаллизатор?». То, что многочисленные описания похожих установок имеют лишь рекламный характер, молодого человека не смущает. Многочисленные исследования дают неожиданные результаты.

Первая в СССР опытная МНЛЗ горизонтального типа была построена еще в 1960 г. на опытном заводе УкрНИИМета под руководством В.Т. Сладкошteeва и О.А. Шатагина. Опытно-промышленная МНЛЗ горизонтального типа была построена там же в 1962 г. На ней впервые в СССР были отлиты бронзовые заготовки Ø 53 мм. С



этого момента и начинается применение ГНЛ не только для разливки стали, но и для *получения заготовок из цветных сплавов, и ГНЛ находит широкое применение не только в металлургии, но и в литейном производстве.*

Комплекс из машин ГНЛ успешно работает с 1962 г. (и по сегодняшний день) на Харьковском заводе алюминиево-бронзовых сплавов (ныне ЗАО «УкрГермет»). По инициативе специалистов завода, тигельный металлоприемник в процессе эксплуатации машины был заменен на стационарный индукционный канальный миксер, выполненный на базе печи «Аякс». За 1965...66 гг. на заводе построили комплекс из шести таких машин для литья оловяно-свинцовистых бронз.

Второй комплекс машин этого типа с 1976 г. был пущен в эксплуатацию и освоен на ПО «Пролетарский завод» в Ленинграде, третий (с 1978 г.) – на Государственном подшипниковом заводе (г. Вологда), а четвертый – на ПО «Донвортцветмет». Аналогичные машины были построены на Верх-Нейвинском, Сухо-Ложском и Кольчугинском заводах по обработке вторичных цветных металлов, на Токмакском дизелестроительном заводе им. С.М. Кирова.

В 1961 г. **М.В. Чухров** и **И.П. Вяткин** на машине ГНЛ проводят опыты по разливке Al- и Mg-сплавов до $\varnothing$ 100 мм в кристаллизатор длиной 110 мм, при скорости литья 0,2...0,6 м/мин. В 1961 г. на машине ГНЛ отливают заготовки $\varnothing$ 8,5 мм из кадмия в стальной 300-мм кристаллизатор, при скорости литья 13,8 м/мин.

В 1966...67 гг. начинают лить оловянно-свинцовистые сплавы (припой) на двухручьевой машине ГНЛ конструкции УкрНИИМет на Рязанском заводе цветных сплавов. Ее особенность – два водоохлаждаемых кристаллизатора, расположенные симметрично друг другу относительно вертикальной оси установки. Соответственно, и вытягивание заготовок производили в противоположных направлениях.

1965 г. – начало НЛ на японских мини-заводах.

1967 г. – освоение восьмиручьевых машин ГНЛ для бронз на Балхашском горно-металлургическом комбинате (Казахстан).

1968 г. – появляются наклонные машины, машины с изгибом слитка после кристаллизатора.

Олег Александрович принимает самое активное участие в освоении в промышленности машин ГНЛ, проводя в командировках до 200 дн. в

году. Обработка результатов работы этих машин заканчивается защитой докторской диссертации в 1978 г. Причем, экономический эффект от их освоения только при литье цветных сплавов > 2,5 млн руб. (по курсу 70-х гг. XX в.).

В 1978 г. принята к серийному производству на липецком «Центролите» новая модель ЛНЛЧ-3 (линия ГНЛ чугуна III поколения). При получении чугунной отливки производилось вытягивание, например, на 50 мм вперед и тут же на 10...15 мм назад. Возвратное движение профиля в кристаллизаторе позволяло ликвидировать щели в разорвавшейся корочке затвердевающего чугунного профиля и тем самым не допустить прорыв расплава из кристаллизатора, а, кроме того, за счет выравнивания температуры отливки предотвращался возможный отбел чугуна.

Первая в СССР опытно-промышленная двухручьева сортовая МНЛЗ горизонтального типа для литья стали была в 1979 г. построена, совместно с УкрНИИМетом, в НПО «Тулачермет».

В 1983 г. машины ГНЛ были использованы на Торезском заводе наплавочных твердых сплавов для получения присадочных прутков для сварки и наплавки из сплавов типа *сормайт* и *стеллит* производительностью до 1000 т/год.

В 1986 г. такие машины были установлены на киевском заводе «Ленинская кузница» для литья Al-бронз. На этом же заводе была построена и вторая машина ГНЛ, что позволило одновременно получать восемь заготовок $\varnothing$ 8 мм и до 2 тыс. т в год НЛ-заготовок из Al-бронз.

В 1988 г. на Карагандинском металлургическом комбинате была построена машина ГНЛ для стали, на которой был испытан кристаллизатор из бронзы новой марки.

Таким образом, НЛ впервые было запущено в цветной металлургии в конце XIX – начале XX вв., затем в середине XX в. получило применение при разливке стали; в 60-х гг. – для разливки не только стали, но и цветных сплавов, а с 70-х гг. и для получения чугунных отливок.

Но процесс ГНЛ развивался с трудом. В 1973 г. известные специалисты по вертикальному НЛ **В.С. Рутес** и **Д.П. Евтеев**, ссылаясь на зарубежный опыт, признают машины ГНЛ бесперспективными. Но жизнь подтвердила абсурдность такого заявления. По состоянию на 1999 г., в мире работало 30 машин НЛ круглых заготовок сечением < 150 мм, из которых 19 (то есть 63%) – установки ГНЛ.



Олег Александрович Шатагин с аспирантами. Слева и справа от руководителя – авторы статьи. Фото 1995 г.

Кроме того, с дальнейшим развитием промышленности все острее встает проблема с энергоносителями, снижения их доли в себестоимости изделий. По подсчетам Энергетического центра металлургических заводов фирмы «Италсидер» (Италия), на каждую тонну проката, полученного из НЛ-заготовки, затрачивается меньше, чем при разливке металла в изложницы:

- стали – на 150 кг,
- чугуна – на 110,
- сырой руды – на 400...500,
- коксующегося угля – на 70 кг.

Естественно, такая технология более экологична.

Многолетний опыт использования доказал целесообразность установки двухручьевого машины ГНЛ, чему способствовали следующие факторы.

- Отсутствие деформации отливки позволяет получать хрупкие и трещиноватые стали и цветные сплавы, которые не выдерживают деформации в процессе литья, а также высоколегированные стали более высокого качества из-за отсутствия вторичного окисления при переливе металла из металлоприёмника в кристаллизатор. Так, в середине 90-х гг. во «ВНИИМетмаше» на установке ГНЛ с двусторонним вытягиванием получили из стали X18H10T заготовки 140×140

мм, которые потом на заводе «Серп и Молот» успешно прокатали на полосу без обычной для этой марки зачистки поверхности.

- Возможность получения заготовок малых сечений, благодаря прямой связи металлоприёмника с кристаллизатором.

- Наиболее существенное преимущество способа – возможность более стабильно получать заготовки круглого сечения. Специалисты компании NKK (Япония) отмечают, что, ввиду высокого ферростатического давления в зоне начального формирования слитка, процесс затвердевания протекает достаточно равномерно, что облегчает литье круга, склонного к образованию овальности.

Наиболее значимые недостатки: меньшая стойкость кристаллизаторов и необходимость использования разделительного кольца из нитридной керамики в узле соединения металлоприёмника с кристаллизатором.

Между тем, методы НЛ стремительно набирают обороты: если в 1960 г. НЛ получали 1,65 млн т стали (0,5% от общей выплавки), а в 1987 г. в мире работало > 600 МНЛЗ, на которых разливалось 210 млн т стали (30% от общей выплавки), то в 2000 г. в мире (в 93 странах) этим способом разливалось > 80...85% всей выплавляемой стали (~ 600 млн т), а общее число установок МНЛЗ составило > 1650, при количестве ручьев > 5500.



Безусловно, 50 лет назад, начиная заниматься машинами ГНЛ, ни О.А. Шатагин, да и никто в мире и предположить не могли, к чему же приведет технический прогресс в этой области знания. Но то, что именно он с сотрудниками (среди них – В.А. Радзиховский, С.М. Козаченко, М.А. Вартазаров, Ф.П. Изюмский, В.Н. Терехов, В.С. Патрикеев, Г.А. Герасименко, И.Г. Панченко, И.А. Свистунов, А.Ф. Долгополов, Л.И. Белякова и др.) стоял у истоков этого процесса, покорившего весь мир; что эти ученые заложили научные основы технологических параметров разливок, режимов охлаждения, стойкости кристаллизаторов, технологии сборки МНЛЗ горизонтального типа – сомнения не вызывает.

В середине 80-х гг. XX в., в результате смены руководства УкрНИИМета, массово сокращается тематика, уходят научные сотрудники, падает уровень научных разработок.

Наиболее активные работники УкрНИИМета уходят в вузы города, становясь руководителями кафедр и лабораторий. Среди них – и Олег Александрович Шатагин, возглавивший кафедру литейного производства ХПИ в окт. 1984 г. Если до этого механико-металлургический факультет был на последнем месте по количеству авторских свидетельств, то уже через год он переместился на I место, причем, количество полученных авторских свидетельств было большим, чем на остальных факультетах ХПИ.

О.А. Шатагин сосредоточивается на дальнейшем освоении в производстве машин ГНЛ. В 1985 г. «За разработку и внедрение в производство технологии и установок горизонтального непрерывного литья цветных металлов» проф. Шатагину в составе творческого коллектива присуждается премия Совета Министров СССР. В это время на кафедре открывается специализированный совет по защите кандидатских диссертаций, ведется интенсивная научная тематика в области НЛ. Научная школа О.А. Шатагина составляет девять кандидатов наук.

Зная материальное положение своих аспирантов, Олег Александрович всегда старался подобрать хотя бы разовую, но оплачиваемую работу. Неудивительно, что несколько детей бывших его сотрудников и аспирантов названы в его честь...

Нередко одни и те же технические решения приходят одновременно в головы нескольким исследователям из разных городов, стран, континентов. То же – в литейном производстве. Например, ГНЛ медных заготовок малого сечения исследовали практически одновременно в Украине (под руководством проф. **О.А. Шатагина**) и на Урале (под руководством проф. **Ю.П. Поручикова**), что позволяло получать заготовки $\varnothing$ 11 мм и более, причем, самая компактная машина занимала площадь 1,0×1,5 м, что позволяло размещать ее практически на любом промышленном предприятии.

В янв. 2000 г. О.А. Шатагин ушел на заслуженный отдых. К сожалению, темпы развития кафедры после его ухода замедлились. За последние 15 лет на кафедре защищено три докторские диссертации, но только одна – по литейному производству.

Что касается юбиляра, то еще какое-то время он консультировал, рецензировал работы, приходил на предварительные защиты диссертаций (впрочем, к сожалению, сделавшихся редкостью на кафедре), но это была не та работа, к которой он привык. И на пенсии он сохраняет юмор, общительность и доброжелательность к ученикам.

За это мы его любим и от всего сердца желаем ему здоровья, счастья и оставаться таким же, каким мы его знаем долгие годы. К этим пожеланиям, безусловно, присоединятся многочисленные коллеги, товарищи и друзья уважаемого ученого и педагога.

А.Г. Журило, Д.Ю. Журило

(НТУ «Харьковский политехнический институт», Украина)

К 80-летию юбилею ВГУП «Всероссийский институт авиационной промышленности»

ВОСПОМИНАНИЯ О СОЗДАНИИ АВИАКОСМИЧЕСКОЙ И АТОМНОЙ ТЕХНИКИ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ¹

Тесное сотрудничество с фирмой Эрбас. Сложности с Al-Li-сплавами

В начале 2001 г. я был в Бремене на фирме Эрбас вместе с Н.И. Колобневым и Л.Б. Хохлатовой. У нас там был вопрос о сплаве 1424 – Al-Li. Мы очень хотели, чтобы сплав 1424 попал на обшивку фюзеляжа огромного самолета А3ХХ (А380), который делает Эрбас Индастри.

Мы в течение ~ 5 лет вели работы по сплаву 1424 системы Al-Mg-Li, модификации сплава 1420. У него более высокая вязкость разрушения, чем у сплава 1420. Для А380 нужны листы шириной 2600 мм. Такие листы в России мы сделать не можем, нет прокатных станов с большой длиной бочки, поэтому организовали кооперацию: слитки и предварительный подкат у нас в России на Каменск-Уральском металлургическом заводе, дальнейшая прокатка и термообработка – на ширину 2600 мм в Германии на заводе в г. Кобленц.

В 2000 г. состоялось представление «Русского алюминия» фирме Эрбас Индастри в Тулузе. Я участвовал в этой встрече. От «Русского алюминия» там выступала Г.Т. Малдажанова. Прилетели в Тулузу. Малдажанова сделала обзор, что из себя представляет «Русский алюминий», тогда он был «Сибирским алюминием», я сделал доклад о наших Al-сплавах, впрочем, меня в Тулузе хорошо знали по предыдущим посещениям. Компания Эрбас Индастри возникла сравнительно недавно. До этого рынок больших само-

летов делили три американские фирмы: Боинг, МакДоннелл Дуглас и Локхид. При этом Боинг занимался только пассажирскими самолетами, а две другие фирмы производили также ракеты и военные самолеты. Эрбас начинала с нуля. В нее входили четыре страны: Франция, Германия, Англия и Испания. Англия производила крылья, Германия и Франция – фюзеляжи, Испания – хвостовое оперение.

Вице-президент уделил много внимания сотрудничеству с Россией, с ВИАМОм, который известен Эрбас как разработчик прогрессивных Al-сплавов, и «Русским алюминием», который имеет большие производственные мощности и может поставлять разработанные ВИАМОм сплавы в виде широкой номенклатуры полуфабрикатов. Вопрос о сплаве 1424, подводим итог пятилетней работы. К Al-сплавам для такого большого самолета, как А380, требуется все больше и больше мер повышенной надежности, предъявляются новые требования. Раньше мы изучали влияние солнечных нагревов на металл в течение 1000 ч, теперь – после 4000 ч.

Обычно скорость развития усталостной трещина должна быть минимальной при частоте испытаний 20...30 Гц. Это примерно соответствует вибрации, которая возникает в самолете под влиянием работы двигателя. Чем меньше частота, тем сильнее ее воздействие на металл. Однако в последние годы было установлено, что при заходе на посадку и взлете частота колебаний резко снижается. Возникают редкие колебания – 0,01 Гц, а самолет при этом проходит через облака, то есть через насыщенную влагой атмосферу, которая

¹ Окончание. Начало см. «Библиотечка литейщика», №5...8, 2012 г. По одноименной книге И.Н. Фридляндера. – М.: Наука, 2005. – 277 с. – С сокращ.



производит коррозионное воздействие, поэтому появилось испытание при 0,01 Гц в коррозионной среде (3,5%-й раствор NaCl).

Оказалось, что обычный дуралюмин Д16, 1163, американский 2024 ведет себя нормально, а вот 1424 показал резкий рост скорости усталостной трещины. Это вызвало у всех тревогу, вместе с тем, на некоторых Al–Li-сплавах, и в том числе на 1424, наблюдался так называемый поворот трещины. Если вы берете образец и начинаете его тянуть, то трещина должна развиваться перпендикулярно действию силы, то есть поперек образца. У сплава 1424 при увеличении нагрузки трещина может поворачиваться на 25, 30 и даже 70 град. и идти вдоль образца параллельно действию силы.

Все эти вопросы мы обсуждаем в Бремене. Договорились, что будем настойчиво проводить дальнейшие совместные исследования и попытаемся улучшить поведение сплава 1424. Конкретные программы составлены на 2002...2004 гг., параллельно в эти же годы будут вестись работы по Al–Li-сплаву 1468, обладающему рекристаллизованной зернистой структурой, которая, по идее, должна препятствовать повороту трещины и уменьшить скорость развития усталостных трещин в сложных условиях нагружения. Эту работу в нашей лаборатории ведут высококвалифицированные специалисты В.С. Сандлер и С.Н. Боровских.

Нашим очень большим успехом во взаимодействии с Эрбас стал высокопрочный сплав 1933, в разработке которого ведущую роль сыграла талантливый исследователь и хороший организатор Е.А. Ткаченко. Этот сплав по своим характеристикам, в том числе, по такой важной, как вязкость разрушения, превосходит аналогичные сплавы американской Алькоа и французской Пешине.

Из 1933 на Самарском металлургическом заводе изготовили очень сложный и крупногабаритный ответственный фитинг, с помощью которого крыло крепится к фюзеляжу. К фитингу предъявляется очень много требований, испытания велись в ВИАМе и в Тулузе, они заняли почти год. Получились хорошие результаты, и фитинги из сплава 1933 приняты для установки на всех самолетах Эрбас. Поскольку 1933 имеет значительное преимущество, по сравнению с американскими и французскими ковочными сплавами по вязкос-

ти разрушения, то по совместной программе с Эрбас мы ведем в 2003...2004 гг. работы по дополнительному повышению прочности сплава, что улучшит перспективы дальнейшего расширения областей его применения.

1992...2003 гг. Российские алюминиевые сплавы завоевывают Боинг и американскую НАСА

В июне 1992 г. ВИАМ и ВИЛС посетила делегация Боинга в составе Майка Хайята и Кента Марли. Мы знакомили их с нашими разработками в области Al-сплавов. Майк Хайят – главный прочнист Боинга, очень влиятельный человек в фирме. Следующая встреча в октябре того же года. Сизтлл посетили я и проф. В.Г. Давыдов из ВИЛСа. Мы с В.Г. Давыдовым сделали сообщение на совещании с участием конструкторов, прочнистов и технологов Боинга о некоторых наших сплавах, договорились о проведении совместных работ. Я им предложил ковочный сплав В93, из которого изготовлены наши гигантские военно-транспортные самолеты Ан22 («Антей»). Этот сплав очень технологичный, позволяет отливать слитки диаметром более метра и калий штамповки в горячую воду, что сильно снижает закалочные напряжения.

Затем – наш «джокер», как говорил акад. С.Т. Кишкин, сверхлегкий коррозионно-стойкий свариваемый Al–Li-сплав 1420, из которого мы сделали самолеты вертикального взлета Як38 и сварные МиГ29, и, наконец, прессованные панели из высокопрочных сплавов. В Америке и Европе для изготовления крыльев используют катаные плиты длиной 30 м, а у нас фирма Антонова для крыльев берет только прессованные панели той же длины 30 м, их делает металлургический завод в Верхней Салде. Прессованные панели обладают более высокими прочностными характеристиками, и, естественно, американцы ими заинтересовались.

По этим трем позициям мы подписали соглашение о направлении в Боинг наших полуфабрикатов из В93 и 1420, а также прессованных панелей. Позднее ВИАМ и Боинг оформили соответствующие контракты. Наши разработки получили высокую оценку. После совещания мы в сопровождении главного технолога Боинга осмотрели

корпуса, специально построенные для производства самолетов Б777.

В то же время у нас началась очень дружная работа с НАСА, которая продолжается и в XXI в. Я предложил им наш Al–Li-сплав 1441, который отличается высокой вязкостью разрушения и очень технологичен. Все Al–Li-сплавы, и наши, и зарубежные, очень быстро упрочняются при холодной прокатке листов, приходится подвергать их промежуточным отжигам или закалке и катать не в виде рулонов, как принято в прокатном производстве, а полистно. Это сильно снижает производительность труда. Единственное исключение – сплав 1441, который катается в рулонах до любых толщин, вплоть до 0,3...0,4 мм. Я договорился с фирмой Туполева и конкретно с главным технологом В. В. Садковым, чтобы изготовить натурный фрагмент фюзеляжа для испытаний на фирме Туполева и в НАСА из сплава 1441. Этот натурный фрагмент представлял собой замкнутую чечевицу сравнительно большого размера, которая почему-то носила название «кривой брус». Для фюзеляжей мы используем наш сплав 1163, аналогичный американскому 2024. И вот теперь подобные испытания проводим с Al–Li-сплавом 1441. Договорились с НАСА, что готовим четыре «кривых бруса», два испытываем на фирме Туполева, два – в НАСА. Испытания показали, что сплав 1441 имеет существенное преимущество перед нашим 1163 и американским 2024, он выдерживает на 30% больше циклов до появления первых трещин, к тому же он на 7% легче 1163 и 2024.

С НАСА у нас установились очень теплые, деловые отношения. Они проявляют заметный интерес к сплаву 1441, и поскольку они ориентируются на сварной фюзеляж, то мы совместно с институтом Патона выполнили очень большой объем работ по всем видам сварки, по различным сочетаниям конструктивных элементов, их форм и толщин. Эти работы мы закончили в 2002 г. и образцы в начале 2003 г. направили в НАСА, куда пришли очень деловые люди, масштабно мыслящие и настроенные на сотрудничество с нами. По их инициативе мы начали вместе с НАСА цикл работ по исследованию наших Al–Be–Mg-сплавов. В Америке имеются двойные Al–Be-сплавы локелой, но мы разработали тройные сплавы, введя Mg, и очень подробно их изучили. В результате у

нас появилась группа Al–Be–Mg-сплавов – АБМ1, АБМ2, АБМ4.

Договорились с НАСА, что мы готовим образцы для каждого вида испытаний из разных полуфабрикатов, разных сплавов и направляем их в НАСА. Эту работу мы выполнили, и в январе 2003 г. образцы были в Ленгли. Сами испытания не опасны. В твердом виде металл не оказывает токсического действия. Готовим новые проекты на ближайшие годы.

Другая линия – развитие нашего взаимодействия с Боингом: сотрудничество с бывшей самостоятельной фирмой МакДоннелл Дуглас, ныне это отделение Боинга в Лос-Анджелесе, и с центральной фирмой в Сиэтле. Обычная процедура совместного заседания. Мы показываем слайды, вопросы, обсуждение, со слайдов снимаются ксероксы, они будут тщательно изучены. Мы обсуждаем проект новой ракеты, которую планирует изготовить Боинг, и отдельные самолетные узлы для нового самолета фирмы. Наши сплавы вызывают у них большой интерес. В конце концов, это выливается в длительную работу – из наших сплавов на фирме «Энергия» изготавливаются большие самолетные узлы, отправляют их в Лос-Анджелес, очень успешно проходят испытания, и этот опыт используется Боингом в дальнейших разработках.

В начале XXI в. от Боинга в ВИАМ приезжает могучая делегация из десяти человек – конструкторы, прочнисты, технологи, они высоко ценят наши разработки в области Al-сплавов. Они знают, что их конкурент – европейская Эрбас очень активно сотрудничает с нами и применяет наши сплавы в своих самолетах, и поэтому хотят завязать с нами тесные контакты. Но в нынешней ситуации и конкурентной борьбе между фирмами приходится считаться с правилами игры – сплавы, по которым мы ведем работу с одной фирмой, мы не можем презентовать другой. Существуют правила о неразглашении и конфиденциальности, и их приходится строго придерживаться.

Грандиозный самолет Эрбаса А380. Новая концепция безопасности полета – трещин не должно быть

В 2004 г. должен совершить первый полет грандиозный самолет А380, а в 2006 г. он пойдет в эксплуатацию. Работа над самолетом ведется



10 лет. Этот двухэтажный гигант поднимает 555 пассажиров. Эрбас уже сейчас имеет заказы на 170 самолетов А380, примерно половина из них в VIP-варианте. Для самолета недопустима хотя бы одна катастрофа, сразу будут ликвидированы все заказы, придется оплачивать огромные страховые суммы и надолго прекратить эксплуатацию А380.

К чему приводит в нынешних условиях одна катастрофа большого пассажирского самолета, хорошо видно на примере Конкорда. Эти самолеты эксплуатировались много лет на линии Европа-США, однако, не так давно при взлете из аэропорта Ла Бурже произошла катастрофа, все пассажиры и экипаж погибли. Катастрофа нанесла сокрушительный удар по репутации Конкорда и привела к существенному изменению позиции Эрбаса относительно концепции безопасной повреждаемости.

Эта концепция появилась в 60-е гг., когда в эксплуатацию поступили большие самолеты аэробусы Боинг 747, Тристар фирмы Локхид, DC10 фирмы МакДоннелл Дуглас и Ил86. Эти самолеты – дорогостоящие, чтобы оправдать затраты, ресурс увеличили до 60 тыс. ч, вместо прежних 15...25 тыс. При таком ресурсе, если считать конструкцию, как было ранее принято, не допуская появления трещин, самолеты становятся такими тяжелыми, что не могут поднять ни пассажиров, ни грузы.

Трещины пришлось допустить, но при этом они не должны приводить к разрушению конструкции. Эта концепция была определяющей при создании новых самолетов до 90-х гг. В Боинге три семерки (Б777), как показали испытания, при наличии трещины длиной в 1 м на крыле и 500 мм на фюзеляже самолет не разрушается, а может эксплуатироваться еще 1 тыс. ч без разрушения. Это не значит, что в эксплуатации Б777 действительно имеются такие трещины. При эксплуатации самолетов проводятся регулярные осмотры, и при появлении небольших трещин принимаются меры к их нейтрализации, например укрепляются накладками. Однако самолет сконструирован таким образом, что даже большая трещина не приводит к его разрушению.

Естественно, что к Al-сплавам, идущим на изготовление самолетов, в свете концепции безопасной повреждаемости, были предъявлены новые

требования, главные из них – высокая вязкость, чтобы не было хрупкого разрушения и малая скорость развития усталостной трещины. Замечу, что наши сплавы В95пчТ2; В96ц-3, 1163, 1933 полностью отвечают этим требованиям. Однако в 90-е гг., с проектированием А380 и с учетом трагических последствий катастрофы Конкорда, отношение к концепции безопасной повреждаемости и к допустимости появления трещин в процессе эксплуатации стало меняться. Трещины вновь, как и в прежние времена, стали нежелательными. Теоретически проблема решается: на пути движения трещины надо создать много поверхностей раздела. Двигающаяся трещина, достигнув поверхности раздела, прекращает свое существование, под влиянием действующих в конструкции напряжений она зарождается вновь, но процесс зарождения занимает много времени. И так на каждом следующем разделе, в итоге трещина практически не движется.

Еще в 70-е гг. мы разработали материал, который получил название КАС – композиционный Al-сталь. Между тонкими листами Al-сплава располагаются тонкие проволоки из высокопрочной стали. Затем этот слоеный пирог прокатывается на горячем стане и превращается в монолит. Трещины в КАСе в направлении, перпендикулярном проволочкам, практически не растут.

В 90-е гг. в Голландии был разработан слоистый материал, в котором между тонкими листами из сплава 2024 (наш Д16) прокладывается стеклопластик, а затем все склеивается. Этот материал называется Глер. По его примеру мы создали материал из тонких листов Al-Li-сплава 1441 и стеклопластика, назвав его СИАЛ (силиций-стекло-алюминий). Сплав 1441 на 8% легче 2024, и модуль упругости у него выше, чем у 2024, поэтому он имеет несомненные преимущества перед Глером.

В самолете А380 особо нагруженные места фюзеляжа выполнены из Глера; в следующих больших самолетах Эрбаса практически весь фюзеляж будет изготавливаться из Глера; мы ведем работы с Эрбас и Боингом по применению в их самолетах СИАЛов со сплавом 1441 вместо Глеров. Мы также ведем работы по широкому применению СИАЛов в фюзеляжах российских больших самолетов. И в Глерах, и в СИАЛах трещины практически не растут.

ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛОВ НА РАЗВИТИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ ЦИВИЛИЗАЦИИ ¹

Производство перспективных материалов и развитие наук о материалах после 1945 г.

Исключительно велики заслуги ученых и инженеров – физиков, химиков, металлургов и металловедов – в организации атомной промышленности СССР в конце 40-х начале 50-х гг. XX в. Надо было в кратчайшие сроки заново создать физику, химию, технологию, металлургию, металловедение и другие разделы науки и производства принципиально новых радиоактивных металлических материалов с невиданными до тех пор требованиями по чистоте, технике безопасности и др. Все это потребовало организации работы, перевода мышления и в известной мере даже его методологии на качественно иной, более высокий уровень.

Сказанное можно полностью отнести и к созданию в нашей стране современной ракетной и космической техники, реактивной авиации и радиоэлектроники. Была создана заново редкометаллическая промышленность, полностью реконструированы и воссозданы цветная металлургия и металлообработка.

Появились совершенно новые разделы металловедения: монокристаллов, тугоплавких металлов, сверхпроводников, новых редких металлов с особыми физическими свойствами. Современное материаловедение – это наука о взаимосвязи

электронного строения, структуры металлов и сплавов с их составом, физическими, химическими, технологическими и служебными свойствами в различных термодинамических и кинетических условиях.

Предметом исследования металловедения, физикохимии металлов и физической металлургии служат металлы и их сплавы, в том числе твердые растворы, эвтектические смеси и металлические соединения. *Главная цель этой науки – создание теории и выявление экспериментальных закономерностей, которые должны позволить количественно рассчитывать металлические сплавы с заданными свойствами и способы их изготовления для всех условий работы на любые параметры.*

Что касается методов исследования металлов и сплавов, то металловедение может и должно использовать любые теоретические и экспериментальные методы, которые помогают решению задач этой науки по разработке новых металлических материалов, научно обоснованных методов получения и правильного использования этих материалов.

У металловедения, как известно, есть и важная техническая ветвь, связанная с обслуживанием и контролем металлургического и машиностроительного производства. Техническое металловедение должно уделять больше внимания разработке дешевых и высококачественных металлических материалов для изделий народного потребления, быта, медицины, строительства и общественного транспорта.

¹ **Продолжение.** Начало см. «Библиотечка литейщика», №3...8, 2012. Из книги **Верхотуров А.Д.** «Введение в материаловедение». – Владивосток: Дальнаука, 2010. – 780 с.



Новые металлы и сплавы, новые методы их получения и исследования, новые обширные экспериментальные данные и области применения – все это неизмеримо расширило горизонт современного металловедения, физикохимии металлов, металлофизики.

В эти годы работниками науки и производства создан новый комплекс химической технологии получения чистых веществ и вакуумной металлургии:

- электролиз,
- вакуумная и аргоно-дуговая,
- электронно-лучевая, плазменная и лазерная плавки,
- вакуумное рафинирование с разными источниками нагрева,
- обработка давлением и сварка в вакууме или среде инертных газов,
- вакуумный отжиг,
- использование защитных покрытий и т. д.

Исследования материаловедов перешли в область высоких температур. Появились вакуумная металлография, вакуумная динамометрия и определение электрофизических свойств, высокотемпературный термический анализ, нейтронография, электронная, ионная и протонная микроскопия с увеличением в сотни тысяч и даже миллионы раз. Наряду с этим, все шире развиваются исследования структуры и особых свойств металлов и сплавов вблизи абсолютного нуля температуры. В связи с бурным развитием металлофизики, физикохимии и металловедения сверхпроводящих материалов созданы микрорентгеновский анализ, масс-спектрометрия, автоматические дифрактометры и др., возникло космическое материаловедение.

Физикохимики, металловеды и металлофизики достигли некоторых успехов в познании специфических особенностей взаимодействия атомов в металлах, сплавах:

- выявлена фундаментальная роль периодического закона, физико-химического анализа металлических систем и законов Курнакова об изменении физических свойств с изменением состава систем;
- разработаны зонная теория, критерии сплавовообразования;
- сделаны с помощью рентгенографии и нейтрографии попытки экспериментального определения распределения электронной плотности в кристаллах нескольких металлов и неорганических

соединений;

- разработаны физические методы экспериментального построения поверхностей электронных состояний с максимальной энергией валентных электронов;
- для ряда металлов выращены нитевидные металлические кристаллы, обладающие теоретической прочностью;
- развиты представления о распределении и роли примесей и дефектов в металлических кристаллах.

Достигнуты успехи в исследовании влияния высоких и низких температур, напряжений, невесомости, окружающей среды и проникающих излучений на свойства металлических монокристаллов и поликристаллов.

Получены чистые кристаллы соединений с новыми электрофизическими свойствами (полупроводники, сверхпроводники, тугоплавкие материалы). Расширен круг знаний о редких металлах и сплавах, разрабатываются теории легирования, деформируемости, прочности и жаропрочности металлов, сделаны обобщения о влиянии температуры на механические свойства металлических соединений, полиморфных металлов и использования ЭВМ для расчета сил связи и прогноза неорганических соединений, а также некоторых диаграмм фазовых равновесий.

Достигнуты первоначальные успехи в теоретическом расчете электрофизических свойств простейших металлов и непрерывных твердых растворов методом псевдопотенциалов и другими путями. Но это еще только начало длинного пути к полному расчету сплавов.

Наряду с экспериментальными исследованиями создание количественной теории металлов и сплавов должно стать одной из самых актуальных задач металловедения.

Дальнейшее развитие металловедения и физико-химического анализа в наше время происходит в условиях научно-технической революции, которая накладывает глубокий отпечаток на объекты, методы и даже цели этих наук, резко ускоряет темпы накопления научных знаний о строении, свойствах, способах получения и областях использования металлических материалов.

Физико-химия металлов, металловедение, материаловедение становятся фундаментальными науками и проявляют интерес ко всему, что касается металлов и органических материалов, начиная от сырья и кончая их рациональным ис-

пользованием в промышленности, сельском хозяйстве, биологии и медицине.

Материаловеды проявляют интерес не только к металлическим, но и ко всем органическим и неорганическим материалам, чтобы использовать достижения, подходы и методики этих наук для более глубокого познания органической и неорганической природы. Все шире начинают использоваться научное прогнозирование, электронно-вычислительная техника и автоматизация экспериментальных исследований.

Для воздействия на вещества и материалы все шире используются экстремальные условия: высокие и сверхнизкие температуры, глубокий вакуум и сверхвысокие давления, ударные волны, ускорения взаимодействия частиц и излучений высокой энергии, электрические, магнитные и ультразвуковые поля, невесомость, неравновесность, закалка, дисперсность, анизотропия и др. Среди применяемых металлических материалов все большее распространение получают полиморфные металлы, металлические соединения, редкие металлы и сплавы с особыми физическими и химическими свойствами, сплавы изотопов.

Потребность в металлических материалах непрерывно возрастает, особенно для работы в экстремальных условиях. Предполагается увеличение их производства. При этом, на первый план выдвинулись социально-экономические и экологические проблемы: нехватка энергии и сырьевых ресурсов, необходимость защиты среды обитания живых существ на земле.

Теперь все металлы в разной степени стали дефицитными, а в отношении таких, как Cu, Ni,

Zn, Sn, благородные металлы, появился термин «исчезающие металлы». Поэтому, наряду с освоением новых месторождений, огромное значение имеет переработка бедных руд и комплексная переработка руд и концентратов с безусловным извлечением всех компонентов, очисткой и возвратом в производственный цикл загрязненных воды и воздуха (безотходная технология).

При конструировании сплавов все большее распространение будут получать т. н. природно-легированные металлы и сплавы, состав которых будет определяться соотношением компонентов в природных минералах и рудах.

При создании новых материалов будут широко использоваться компоненты воздуха, металлы океанов и морей, а впоследствии, видимо, магмы земли и, может быть, даже астероидов и Луны. В будущем человечество встретится с новой технологией – превращением химических элементов, что позволит изменять химсостав земли.

Чрезвычайно важно снизить металлоемкость конструкций, максимально увеличить время службы материалов, а для их производства разрабатывать наименее энергоемкие технологии. Должен быть скорректирован наш подход к разработке металлических материалов для народного хозяйства и новой техники. Любое нарушение равновесия в биосфере должно сопровождаться обязательным стремлением восстановить равновесие научно-техническими средствами, воспроизвести используемые органические и неорганические богатства.

Продолжение следует

ВНИМАНИЕ!

Наши журналы Вы найдете в каталогах:

	«Литейное производство»	«Металлургия машиностроения»	«Литейное производство» и «Библиотечка литейщика» (комплект)
	полугодие / год	полугодие / год	полугодие / год
Каталог «Роспечать», индекс	70491 / 47310	80468 / –	81292 / –
Объединенный каталог «Пресса России», индекс	42306 / 42422	42207 / 42423	42208 / 42440

Подписку также можно оформить в редакции.

Для правильного оформления документов в назначении платежа укажите ваш юридический адрес, адрес доставки, контактное лицо.

У нас новый адрес: 111394, Москва, Мартеновская ул., д.39, корп. 2, офис 4.

Тел./факс: +7 (495) 303-85-81; e-mail: lp@niit.ru (не изменился)

ХУДОЖЕСТВЕННОЕ ЛИТЬЕ ДРЕВНЕЙ ГРУЗИИ

1. Бронзовый кинжал, XIII-XVII до н.э.
2. Серебряный браслет, V до н.э.
3. Серебряная чаша, V до н.э.
4. Золотая чаша, XIII-XVII до н.э.

5. Колхский бронзовый топор, XIV-XV до н.э.
6. Железный топор, VIII до н.э.
7. Серебряный браслет, III-IV н.э.
8. Медный браслет, III н.э.
9. Кулон, XV-XIV до н.э.
10. Тотемные фигуры, II до н.э.



11. Олень, IV н.э.
12. Бронзовые мотыги XIII-XII до н.э.
13. Кинжалы, копья, клинки, мечи, вторая половина тысячелетия до н.э.

К 100-летию Фердинанда Несторовича Тавадзе

ХУДОЖЕСТВЕННОЕ ЛИТЬЕ ДРЕВНЕЙ ГРУЗИИ

На территории Грузии развитие металлургии и металлообработки началось издревле. Во 2-й половине XX в. крупномасштабные археологические раскопки позволили определить уровень развития этой палеоэкономической отрасли на разных исторических этапах.

Полевые моделирования и лабораторные исследования металлургических процессов проводили: Институт металлургии, Государственный музей Грузии и Центр археологических исследований под руководством выдающегося ученого-металлурга акад. **Фердинанда Несторовича Тавадзе**.

В трудах ученого и его продолжателей, посвященных древнегрузинской металлургии и художественному литью, приведен огромный фактический материал, результаты спектрально-металлографических анализов, определены технологические схемы изготовления художественного металлического инвентаря, установлена система исторического развития литейного дела в Грузии.

Хорошо сохранившиеся многочисленные металлические изделия и уникальные экземпляры художественных отливок дают наглядное представление о том, какое значительное место занимало литейное производство в жизни и культуре Древней Грузии.

Металлургическая переработка меди и ее сплавов тесно связана с племенами – носителями

куро-араксской культуры, заселявшими почти все Закавказье во 2-й половине IV и 1-й половине III тыс. до н. э. На всей территории распространения куро-араксской культуры археологи нашли литейные формы, тигли, желоба из огнеупорной глины, следы металла, шлаки и др., а также многочисленные металлические изделия: орудия труда, боевое оружие, предметы хозяйственного назначения, украшения.

Кованые или литые изделия были изготовлены из мышьяковой бронзы. Большинство топоров и кинжалов отлиты в глиняных или каменных формах, сложные фигуры и отдельные экземпляры украшений получены литьем по восковой модели.

Среди этих находок особо следует отметить самый древний орнаментированный кинжал с металлической рукояткой из сачхерских курганных могильников (**см. обложку**): лезвие – кованое, плетеная рукоятка отлита по восковой модели.

Во 2-й половине III тыс. до н. э. куро-араксскую культуру сменила культура курганных захоронений. Наиболее ранние курганные захоронения обнаружены в Вост. Закавказье на высокогорном плато Бедени и в Алазанской долине.

Количество бронзовых изделий в них не столь велико, но значительная часть металлического инвентаря искусно отлита из мышьяковой, оловянной и сурьмяной бронзы. Появляются серебряные и золотые изделия, главным образом укра-



шения. Среди них встречаются образцы тореvтики и златокузнечества.

Одно из ранних произведений – золотая литая скульптура льва со стилизованной гривой, с рельефными ободками и псевдозернами, орнаментом меандра. Скульптура найдена у с. Цнори в Алазанской долине, она не имеет аналогий среди известных изображений столь раннего периода.

Следующий этап развития металлургии и литейного производства – со 2-й половины II тыс. до н. э., совпадает с эпохой поздней бронзы и раннего Fe, охватывающей почти тысячелетие. Появляется множество центров, перерабатывающих цветной металл в готовые изделия.

Обнаружены многочисленные остатки бронзолитейных мастерских – литейные формы, тигли, металлический шлак, желоба, литейные полуфабрикаты, заготовки и т. п. Высококвалифицированные мастера-металлурги, владевшие сложной технологией фасонного литья, изготавливают разнообразный металлический инвентарь.

Примером художественно-декоративного литья этого периода могут служить датированные XIV...XIII вв. до н. э.: инкрустированная скульптура оленя из с. Цителгороби; штандарт с инкрустацией и изображением оленя из с. Бериклдееби; сосуд с орнаментированной крышкой с изображением птицы из Сасиретского клада; а также датированные VIII...VII вв. до н. э.: бляха со скульптурным изображением собаки из погребальных комплексов г. Мцхета и скульптура божества из Трельского могильника (зап. окраина г. Тбилиси).

Типичный образец художественного ремесла IX...VII вв. до н. э. – бронзовый Колхидский топор отличается исключительным изяществом форм и пропорций, пластическими и гравированными украшениями, являющимися шедеврами древнеколхидского изобразительного искусства. В гравированных экземплярах встречается геометрический орнамент и стилизованные изображения зверей (см. обложку).

В археологических памятниках античного периода прослеживается влияние эллинистическо-римской цивилизации. Наглядный перелом виден в стиле оформления ремесленной продукции: статуй и скульптур, металлических украше-

ний, ювелирных изделий и других, украшающих храмы, святилища, алтари, общественные здания и отражающих быт и идеологию общества. Производится огромное количество изделий из цветного и драгоценного металла, предметов роскоши.

Традиции художественного литья и металлообработки прослеживаются в изделиях из раскопок древних городищ, в инвентаре из богатых погребений и кладов. К новой стилистической волне художественного литья относят бронзовую статуэтку Ники из храмового комплекса городища Вани (II в. до н. э.), бронзовую ажурную бляху из с. Сурами I...III вв. и золотую скульптуру юноши из клада Гонио I...II вв. (см. обложку).

В целом, с III тыс. до н. э. – с возникновения металлургии и металлообработки, широко развернувшихся во II...I тыс. до н. э. и многогранно развивающихся в последующих столетиях на основе христианской идеологии и искусства, художественное литье сыграло важную роль в сложном процессе формирования самобытной культуры Древней Грузии.

Г.В. Инанишвили (Центр археологических исследований АН Грузии)

Особенности булатной стали

При изучении булатной стали актуальны два аспекта: исторический – исследование истории булата, определение его места в истории металлургии, и технологический – восстановление утраченных секретов, которые могли бы положительно сказаться на технологии выплавки и обработки современных Fe–C-сплавов. В Институте металлургии АН Грузии им. Ф.Н. Тавадзе группа специалистов по палеометаллургии >20 лет изучает многочисленные музейные экспонаты, а также изделия, принадлежащие частным коллекционерам.

Для булатных сабель XVII...XIX вв. характерны кривые клинки, что указывает на их восточное происхождение. Мастер изгибал клинок, принимая во внимание центр тяжести сабли и центр удара и увеличивая тем самым площадь поражения и раздробительную силу оружия. Во многих изделиях конец сабельной части соединяется с клинком «кузнечной сваркой».

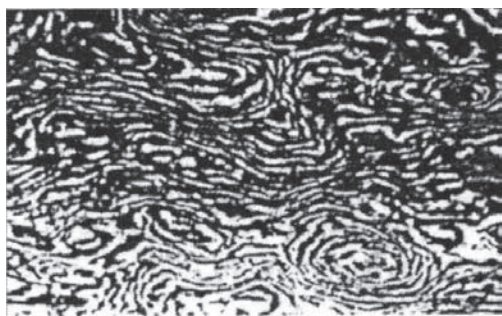


Рис. 1. Узорчатая поверхность булата, ×4

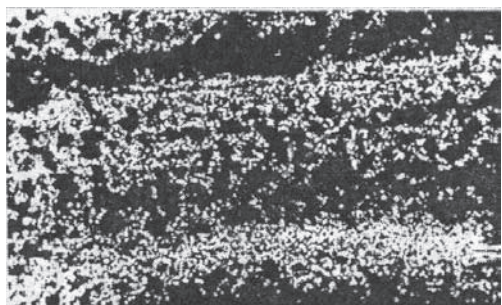


Рис. 2. Микроструктура булатного клинка, ×60

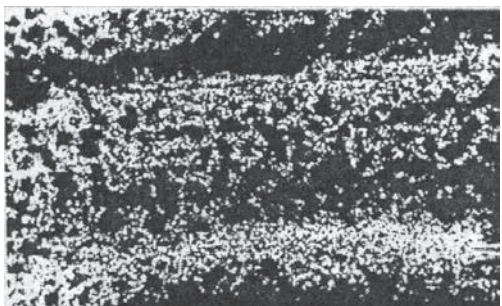


Рис. 3. Микроструктура переходной зоны, ×200

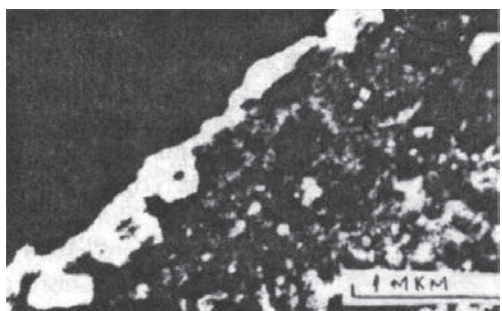


Рис. 4. Электронная микрофотография режущей кромки

Для большинства сабель характерна волнистая узорчатая макроструктура (**рис. 1**). В микроструктуре клинка, изготовленного из высокоуглеродистой булатной стали, на фоне распада переохлажденного аустенита видны параллельно расположенные карбидные колонии (**рис. 2**). Рукоятка изготовлена из низкоуглеродистой стали, в структуре которой заметны шлаковые включения, вытягивающиеся вдоль направленияковки (**рис. 3**).

Отсутствие карбидной сетки, то есть неполное растворение FeC , указывает, что изделие для «кузнечной сварки» нагревали локально до 950°C . Такие дефекты сварки, как поры в местах стыковки эфеса с клинком, не влияли на прочность оружия, так как на заваренную часть надевали крестовину оружия, а пространство между ними заполняли квасцом.

Рукоятка сабли, изготовленная из мягкого материала, служила, видимо, своеобразным демпфером, заглушающим механические колебания, которые возникали от удара клинка, и тем самым предохраняла владельца от падения оружия.

Данные химанализа булатных экспонатов показали, что основным материалом для изготовления изделий служила заэвтектоидная, сравнительно чистая от примесей, сталь с $\sim 1,35\%$ C. Температура плавления углеродистых сталей такого химсостава $\sim 1460^\circ\text{C}$. Поскольку линия ликвидуса Fe-C сплавов повышается с понижением содержания C, а минимальное содержание последнего в булатных сталях $\sim 1,0\%$, можно полагать, что древние мастера-оружейники располагали высокотемпературными плавильными печами.

Булатную сталь в основном применяли для изготовления холодного оружия, к которому предъявляли требования высоких механических и режущих свойств в продольном направлении. Поэтому механические свойства вдоль изделий, за редким исключением, были намного выше, чем в поперечном направлении.

Анизотропия механических свойств по сечению изделий обусловлена неоднородным полосчатым распределением сравнительно крупных включений FeC в матрице, направление которого зависит от температуры и направленияковки.

Большинство исследователей считает, что основной фактор получения булатной структуры – медленное охлаждение слитка в процессе кристаллизации. В связи с этим, сталь булатного типа выплавляли в высокочастотной электропечи типа МГД-52 с магнезитовой футеровкой и в лабораторном горне в корундовых тиглях. Цементацию исходного материала – технического и археологического Fe прямого восстановления, проводили в силитовой печи типа КО-11 при 1150°C .

После плавки часть стали разливали в предварительно нагретые корундовые тигли, которые переносили в печь с температурой $800\ldots 1400^\circ\text{C}$. За счет регулирования остывания печи слитки охлаждались с разной скоростью. Другую



часть стали разливали в чугунные изложницы, и они остывали на воздухе.

Следует отметить, что уменьшение скорости остывания слитка от 0,5 до 0,1°C/с приводит к увеличению размера бывшего аустенитного зерна от ~ 300 до ~ 800 мкм, что выявляли с помощью заэвтектоидного цементита, выделявшегося в виде сетки.

Профиль слитков изменяли ковкой как вручную, так и с помощью пневматического молота. Степень деформации ψ , %, оценивали по уменьшению поперечного сечения. Исследовали семь вариантов температурных режимов T , °C,ковки (см. ниже).

	<i>T</i> начала/ концаковки, °C	Дефекты
I.....	650/550	Трещины есть
II.....	700/600	—“—
III.....	750/600	Трещин нет
IV.....	800/650	—“—
V.....	850/650	—“—
VI.....	900/700	—“—
VII.....	1000/700	—“—

Структурные исследования кованных при 700°C образцов показали, что в случае низкой степени обжатия ($\psi < 40\%$) сетка цементита не раздроблена полностью, и, следовательно, получается грубая структура. Сравнительно равномерного распределения карбидов достигли при значительной деформации ($\psi = 80\%$).

Однако и при такой степени обжатия скопление карбидов все еще сохраняется, фиксируя резко выраженную полосчатость. Расстояние между отдельными полосами составляет 200...400 мкм, то есть чередование полос заметно невооруженным глазом.

На макрошлифах после такой обработки наблюдается булатный узор, идентичный представленному на **рис. 1**. Скорость остывания слитков при этом 0,1°C/с. При быстром остывании слитков (0,5°C/с) и деформации $\psi = 80\%$ расстояние между полосами < 200 мкм, и на макрошлифах булатный узор не заметен.

Следовательно, медленное остывание слитка, обеспечивающее размер бывшего аустенитного

зерна >500 мкм, — необходимое условие получения булатного узора.

Повышение температуры началаковки до 800°C облегчает дробление карбидной сетки, ее вытягивание вдоль направленияковки, коагуляцию отдельных карбидов и способствует их равномерному распределению в структуре. Полосчатость, при этом, не исчезает, а расстояние между полосами различимо невооруженным глазом.

Дальнейшее повышение температурыковки до 900°C увеличивает пластичность металла, но в связи с почти полным растворением вторичных карбидов полосчатость структуры не наблюдается, и булатный узор исчезает. Поэтому температуруковки следует подбирать так, чтобы обеспечить высокую деформируемость материала и сохранить структурно обособленные вторичные карбиды.

Для получения стали булатного типа оптимально 0,95...1,7% С. При > 1,7% С деформируемость слитков ухудшается, причем теряется четкость булатного узора на изделиях, так как возрастает количество карбидов, выделившихся внутри зерен.

Дозэвтектоидные стали с крупным зерном аустенита после деформации в двухфазной области $P+\alpha$ за счет вытянутых строчек феррита дают видимые невооруженным глазом узоры, которые не являются узорами булатного склада, а эвтектоидная сталь (0,81% С) со структурой перлита вообще не склонна к образованию узора.

Режущая способность изделий из булатной стали зависит не только от твердости материала, но и от строчечного расположения вторичных карбидов у кромки лезвия, формирующих микро-скопическую пилу (**рис. 4**).

Таким образом, булат — это высококачественная сталь, для которой послековки, полировки и травления характерна своеобразная узорчатая поверхность и высокая режущая способность.

**Б.Г. Амаглобели, О.И. Микадзе,
В.Ш. Метревели, Р.К. Зекалашвили**
(ИМЕТ АН Грузии им. Ф.Н. Тавадзе)

Источник: «Литейное производство», 2001, №7

НУЖНА НАСТОЯЩАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ

• **Каких решений в интересах бизнеса вы будете добиваться от власти в первую очередь? Что является для вас первоочередными задачами?**

Мы будем добиваться от властей создания нормального климата в защите предпринимателей, защите частной собственности. Будем работать с конкретными случаями нарушения прав. Для этого у нас есть механизм – *Центр общественных процедур против коррупции* (ЦОП «БПК»).

Будем требовать от власти, чтобы проводилось рассмотрение этих дел, если бизнес заведомо несправедливо осужден. Власть должна адекватно реагировать на «наезды» чиновников на бизнес. Необходимо изменить законодательное поле: мы будем просить и требовать, чтобы нам поменяли некоторые статьи Уголовного и Уголовно-Процессуального кодекса, которые сегодня не обеспечивают нормальную систему взаимодействия бизнеса и власти. Основной упор будет направлен на защиту прав предпринимателей.

Будем работать над тем, чтобы среда становилась лучше, чтобы было не только безопасно, но и выгодно работать. *Будем вместе с ассоциациями предпринимателей добиваться наилучших условий для ведения бизнеса в России.*

• **Есть ли у вас данные, сколько сейчас бизнесменов осуждено по экономическим статьям?**

Более 13 тысяч сидят по экономическим статьям. Плюс к этому, 120 тысяч – на условных сроках

или с неснятой судимостью.

• **Какие наказания от бизнесменов вы получали, когда стало известно о вашем назначении?**

Это все так неожиданно получилось. Но мы работаем, это, ведь, – не начало, это – процесс, который мы уже давно запустили. Просто создание института *омбудсмена*¹ поможет сделать его более эффективным. Расширить и качественно, и количественно. ЦОП «БПК» в рамках «Деловой России» мы создали более года тому назад, и за последнее время сумели пять бизнесменов освободить от уголовного преследования. Двоих – даже из тюрьмы, после приговоров.

• **В таком случае пожелания от бизнес-сообщества вы же слышите, какие они?**

Сейчас самые главные проблемы – это коррупция и административное давление на бизнес. Главная задача омбудсмана – обеспечить серьезные изменения именно здесь. В целом, конечно, деловой климат у нас не очень хороший. Придется заниматься и другими вопросами, связанными с экономикой.

¹ **Омбудсмен** (от швед. *ombudsman*, *омбудсман*, стар. норв. *omborsman* «представитель») – в некоторых государствах должностное лицо, на которое возлагаются функции контроля за соблюдением законных прав и интересов граждан в деятельности органов исполнительной власти и должностных лиц. Официальные названия должности в разных странах различаются.



- **Как именно омбудсмен может обеспечить борьбу с коррупцией?**

Обнарождением конкретных фактов, когда властные и силовые структуры «наезжают» на собственность и пытаются ее захватить. Защита бизнеса – это главное. Сегодня нужно улучшать ситуацию с взаимодействием силовых структур. *Изменяя законодательную базу, мы сужаем поле для возможной деятельности коррупционеров.*

- **Согласно внутривоссийскому рейтингу делового климата, лучший город для ведения бизнеса – Ульяновск, а Москва оказывается в числе худших. Почему так?**

Москва – суетная, большая, коррумпированная. Ульяновск в последнее время сильно продвинулся с новым губернатором Морозовым. В области принят стандарт делового климата, и они живут по нему, улучшают его. Они подписали специальный документ, где KPI (Key Performance Indicators – ключевые показатели эффективности) – именно привлечение инвестиций, создание условий для бизнеса, создание новых рабочих мест, то есть, Ульяновский регион сегодня очень «заточен» на развитие экономики, предпринимательства, создание условий для притока инвестиций. Вот, Калуга была, Татарстан, а сегодня Ульяновск в этом отношении движется вперед. То есть, про Ульяновск этот вывод справедлив. Про Москву – не могу пока точно определить. Когда мы делали замеры, Москва была в середнячках, так скажем.

- **Сейчас многие бизнесмены переводят свой бизнес в Казахстан из-за благоприятной налоговой системы. Да что там, в Казахстан – в Белоруссию даже...**

Так оно и есть. Мы создаем единое экономическое пространство, Таможенный союз уже создан. Сегодня абсолютно открытые границы, свободное перемещение финансов и услуг, усло-

вия совершенно разные в трех странах. И Россия проигрывает. Она неконкурентна по отношению к Казахстану точно, а во многих аспектах – и к Белоруссии.

В Казахстане социальный налог, который у нас сейчас 30%, а был 34%, составляет 11%. У них все налоги ниже, кроме того, у них сегодня тарифы дешевле, особенно, на электроэнергию и прочее. Кроме того, в Казахстане за каждым инвестором бегают – только бы он пришел, открыл производство и начал создавать рабочие места. У них главный KPI – рабочие места, все на это нацелено.

Только из Оренбургской обл. около 250 компаний было перерегистрировано в Казахстане. Это касается также и Томской обл., и граничащей с Казахстаном Астраханской обл. – такое движение есть. Люди просто перерегистрируют компании, а потом переводят туда производственные активы. *Поэтому надо выравнивать конкурентные условия, улучшать деловой климат во всех аспектах – и защиты бизнеса, и налогов, и финансов.*

- **Диалог с новым правительством вести легче, чем со старым?**

В экономическом блоке все лица мы знаем. В целом, с правительством вести сегодня диалог все легче и легче. Этот диалог приносит свои плоды, потому что все нацелены на изменения, на развитие. Хотя, пока что – только на косметические изменения. Мы еще не видим готовности к тому, чтобы кардинально изменить модель экономического развития. *А ситуация уже настолько серьезная, что нужна настоящая экономическая революция.*

Б. Титов

(Уполномоченный при президенте РФ по защите прав предпринимателей)

Интервью газете «Московские новости»



13-16 ноября 2012

Москва, ВВЦ, пав. 69, 75



Международная выставка металлопродукции
и металлоконструкций для строительной отрасли
МеталлСтройФорум'2012



Международная выставка оборудования
и технологий для металлургии и металлообработки
МеталлургМаш'2012



Международная выставка транспортных
и логистических услуг для предприятий ГМК
МеталлТрансЛогистик'2012

18-я Международная промышленная выставка
Металл-Экспо'2012

Оргкомитет выставки: тел./факс +7 (495) 734-99-66
www.metal-expo.ru

Генеральный информационный партнер: специализированный журнал «Металлоснабжение и сбыт»