

В НОМЕРЕ

- Выбор параметров газификации углей для вдувания продуктов газификации в доменную печь
- Проект сортовой МНЛЗ для получения качественных заготовок из сталей широкого марочного сортамента
- Освоение производства высокопрочной износостойкой свариваемой стали для несущих металлоконструкций
- Феноменология уплотнения порошков композиционных материалов на основе W и C



STEULER
KCH

ОГНЕУПОРНАЯ ФУТЕРОВКА

ИНЖИНИРИНГ | ПРОИЗВОДСТВО | УСТАНОВКА | МИРОВОЙ МАСШТАБ

Разработка, инжиниринг, производство
И установка – все из одного источника

Полная концепция футеровки, общий вид футеровки,
Чертежи по установке, расчет передачи тепла
и рекомендации по разогреву.

Комплексная укладка футеровки и шеф-монтаж
При технической поддержке экспертов STEULER-KCH.

12-15 ноября 2013

Москва, ВВЦ, пав. 69, стенд № 4Е48

Металл-Экспо'2013

УЧАСТНИК ВЫСТАВКИ



ЛИЦОМ К ОГНЮ

STEULER-KCH является новатором и мировым лидером рынка в области огнеупорных систем.

STEULER-KCH предлагает полный спектр огнеупорных решений: разработка и инжиниринг, собственное производство, услуги по футеровке.

STEULER-KCH GmbH | Огнеупорные Системы

56203 Хёр-Гренцхаузен

| ГЕРМАНИЯ

Тел: +49 2624 13-0

| Факс: +49 2624 13-339

E-Mail: ff.info@steuler-kch.de

| www.steuler-kch.de



ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОРОШКИ ПРИПОЕВ ДЛЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПАЙКИ, А ТАКЖЕ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫЕ ПОЛУФАБРИКАТЫ НА ИХ ОСНОВЕ*

Припои, разработанные во ФГУП «ВИАМ», широко применяются при пайке элементов конструкций и деталей ГТД из коррозионностойких сталей и жаропрочных сплавов с необходимым уровнем прочностных и ресурсных характеристик паяных соединений, а также для ремонта литых деталей и восстановления деталей после наработки (пайка теплообменников, ЗПК, ремонт и упрочнение контактных мест бандажных полок рабочих лопаток ГТД, заделка знаковых отверстий лопаток и т.п.)

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОРОШКОВ ПРИПОЕВ

Класс	Фракция частиц, мкм	Содержание основной фракции, % не менее	Допускаемые отклонения от основной фракции, %, не более		Выход годного, %	Содержание [O] в порошках, %
			остаток на сите	прохождение через сито		
1	10 – 40	90	5	5	≥70	0,01-0,02
2	40 – 100	95	2	3	40-50	0,01
3	10 – 200	90	5	5	≥90	0,01

ТЕМПЕРАТУРА ПАЙКИ ПРИПОЕВ И НАЗНАЧЕНИЕ

Марка припоя	Пайка в печах, °С	Назначение
ВПр11-40Н	800	пайка деталей из сплавов ЖС6, ЭИ435
ВПр24	1200-1220	пайка деталей из сплавов ЖС6, ВЖЛ12, ЖС32
ВПр27	1120-1150	пайка деталей из сплавов ЖС6, ВЖЛ12
ВПр36	1240-1270	пайка деталей из сплавов ЖС32, ВЖМ4
ВПр37	1200	пайка деталей из сплавов серии ВКНА и ВИН
ВПр44	1260-1270	пайка деталей из сплавов ЖС36
ВПр50	1130-1160	пайка деталей из сплавов ЖС6, ЭИ435, 2Х18Н10Т

ПРЕДЛАГАЕМ СЕРИЙНУЮ ПОСТАВКУ ПРИПОЕВ:

– в виде порошков марок: ВПр11-40Н, ВПр16, ВПр24, ВПр27, ВПр32, ВПр37, ВПр42, ВПр44, ВПр50;

– указанных припоев в виде лент и паст на органическом связующем, обеспечивающих высокую точность дозировки припоя при укладке и нанесение на практически любые криволинейные поверхности.

*Технология и материалы защищены патентами РФ.



Журнал «Металлург» переводится на английский язык фирмой SPRINGER/www.springerlink.com

Журнал входит в перечень утвержденных ВАК РФ изданий для публикации трудов соискателей ученых степеней.
Журнал представлен в информационных системах: Web of Science, SCOPUS, РИНЦ "Science Index".

УЧРЕДИТЕЛИ:

ФГУП «ЦНИИчермет им.И.П.Бардина», Центральный Совет Горно-металлургического профсоюза России, Профцентр «Союзметалл», Ассоциация промышленников горно-металлургического комплекса России (АМРОС)

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

- А.А. Безымянных** – председатель Горно-металлургического профсоюза России
- Н.Н. Гугис** – президент ООО «Корпорация производителей черных металлов»
- С.А. Гурова** – начальник отдела Департамента черной металлургии и тяжелого машиностроения Минпромторга России
- К.А. Косырев** – генеральный директор ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина»
- Ю.Н. Райков** – генеральный директор ОАО «Цветметобработка»
- А.Г. Романов** – президент Российского Союза поставщиков металлопродукции
- Б.А. Сивак** – первый заместитель генерального директора ОАО АХК «ВНИИМЕТМАШ им. академика А.И. Целикова»
- Г.В. Скопов** – заместитель технического директора по металлургии ООО «УГМК-Холдинг»
- М.В. Тарасенко** – депутат Госдумы ФС РФ, секретарь ЦС ГМПР по связям с Федеральным Собранием и международными объединениями профсоюзов

РЕДАКЦИЯ:

- О.Н. Новоселова** – главный редактор
- Е.Х. Иванова** – заместитель главного редактора
- И.Я. Паршина** – научный редактор
- Е.Л. Гавриченко** – ответственный секретарь
- И.М. Мартынова** – корректор

Издание зарегистрировано в Комитете РФ по печати 15.04.1997 г. Регистрационный номер 015957

Номер подписан в печать 21.10.2013 г. Формат 60×88 1/8. Печать офсетная.

Отпечатано в ОАО «Лига-Принт» 105103, Москва, 12-я Парковая ул., д. 11/49

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

- В.Ж. Аренс** – вице-президент РАЕН, проф., д-р техн. наук
- В.И. Большаков** – директор ИЧМ им. З.И. Некрасова НАН Украины, акад. НАНУ
- С.В. Вестфаль** – заведующий социально-экономическим отделом ЦС ГМПР
- С.М. Горбатьюк** – зав. кафедрой «Инжиниринг технологического оборудования» МИСиС, проф., д-р техн. наук
- А.И. Зайцев** – директор Центра физической химии, материаловедения, биметаллов и специальных видов коррозии (ЦФМК) ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», д-р физ.-мат. наук
- Я.А. Кац** – зам. начальника отдела ОАО АХК «ВНИИМЕТМАШ им. акад. А.И. Целикова», канд. техн. наук
- Г.В. Кашакашвили** – проф. Грузинского технического университета, д-р техн. наук
- Л.А. Кондратов** – консультант Департамента базовых отраслей промышленности Минпромторга России
- Н.А. Коротченко** – директор информационно-аналитического центра МИСиС
- А.Н. Крестьянинов** – зам. генерального секретаря Профцентра «Союзметалл», д-р социологич. наук, проф.
- И.Ф. Курунов** – главный доменщик ОАО НЛМК, проф. МИСиС, д-р техн. наук
- Л.П. Макаров** – зам. директора Института экономики черной металлургии ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», канд. экон. наук
- Ю.А. Морозов** – директор ЦТСК ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», канд. техн. наук
- С.Ю. Настич** – ведущий научный сотрудник ЦТСК ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», канд. техн. наук
- А.М. Неменов** – начальник ПТО ООО «МетПромГрупп», канд. техн. наук
- А.Н. Никулин** – старший научный сотрудник ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», д-р техн. наук
- А.М. Окуньков** – исполнительный директор Ассоциации промышленников горно-металлургического комплекса России
- В.А. Прохоров** – заведующий отделом охраны труда и окружающей среды ЦС ГМПР
- И.Ю. Пышминцев** – генеральный директор ОАО «РосНИТИ», д-р техн. наук
- А.Н. Серегин** – директор ИЦ «Ферросплавное производство и переработка техногенного сырья» ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», канд. хим. наук
- В.В. Сидоров** – начальник сектора лаборатории «Металлургия жаропрочных и специальных сплавов» ФГУП «ВИАМ», д-р техн. наук
- В.М. Сизяков** – профессор кафедры металлургии цветных металлов С.-Петербургского государственного горного университета, д-р техн. наук
- В.В. Тиняков** – старший научный сотрудник ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», канд. техн. наук
- В.А. Углов** – первый заместитель генерального директора ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», канд. техн. наук
- Г.А. Филиппов** – директор Института качественных сталей ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», д-р техн. наук, проф.
- А.Г. Шалимов** – старший научный сотрудник ИМЕТ им. А.А. Байкова РАН, д-р техн. наук
- Р.Л. Шаталов** – зав. кафедрой МиОМД Московского государственного открытого университета им. В.С. Черномырдина, д-р техн. наук
- Л.И. Эфрон** – научный руководитель Инженерно-технологического центра ЗАО ОМК, д-р техн. наук

Перепечатка материалов журнала «Металлург» допускается только с письменного разрешения редакции. При цитировании ссылка обязательна.

Адрес редакции журнала «Металлург»: 105005 Москва, 2-я Бауманская ул., д. 9/23, офис 474.

Тел.: +7 (495) 777-9561. Тел./факс: +7 (495) 777-9524, +7 (495) 926-3881

E-mail: metallurg_izd@mtu-net.ru, info@metallurgizdat.com, www.metallurgizdat.com

SOCIAL PARTNERSHIP

Kulagin A. Towards a sustainable industrial policy

JUBILEES

65 years of V.F.Rashnikov

75 years of V.P.Polukhin

PROFESSIONAL TRAINING

Chernyshov E.A., Romanov A.D. Improvement of quality of personnel training in metallurgical industry with use of new technologies

METALLURGIST-INFO

Events in Figures and Facts.
Prepared by **A.M. Nemenov**

SCIENCE • TECHNICS • PRODUCTION

Bizhanov A.M., Kurunov I.F., Pavlov A.V., Chadaeva O.V., Chizhov P.S. Study of high temperature reduction of iron ore and coal extruded briquettes (brexes)

Kirillova N.L., Radyuk A.G., Titlyanov A.E. Reduction of heat losses through surface of BF air tuyeres

Tovarovskiy I.G., Merkulov A.E. Selection of parameters of coals gasification for gasification products injection into blast furnace

Boyko S.Yu., Karatsuba V.I., Shevenionov D.N., Kuklev A.V., Longinov A.M., Tinyakov V.V., Danilov V.L. Project of CCM for production of quality billets from steels of wide range of steel grades

Konovalov S.S., Zyuban N.A., Rutsky D.V., Gamanyuk S.B., Puzikov A.Ya. Off-axis segregation and influence of thermal factors on it at crystallization of large ingots from Cr–Ni–Mo steels

Gulyaev Yu.G., Shifrin E.I. Method for calculating speed mode when continuous rolling of pipes

СОЦИАЛЬНОЕ ПАРТНЕРСТВО

4 Кулагин А. На пути к устойчивой промышленной политике

ЮБИЛЕИ

7 В.Ф.Рашникову – 65 лет

8 В.П.Полухину – 75 лет

ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА

9 Чернышов Е.А., Романов А.Д. Повышение качества подготовки кадров металлургической промышленности с использованием новых технологий

МЕТАЛЛУРГ-ИНФО

12 События в цифрах и фактах.
Подготовил **А.М. Неменов**

НАУКА • ТЕХНИКА • ПРОИЗВОДСТВО

23 Бижанов А.М., Курунов И.Ф., Павлов А.В., Чадаева О.В., Чижов П.С. Исследование высокотемпературного восстановления рудоугольных брикетов экструзии (брэксков)

28 Кириллова Н.Л., Радюк А.Г., Титлянов А.Е. Снижение тепловых потерь через поверхность воздушных фурм доменных печей

32 Товаровский И.Г., Меркулов А.Е. Выбор параметров газификации углей для вдувания продуктов газификации в доменную печь

39 Бойко С.Ю., Карацуба В.И., Шевенионов Д.Н., Куклев А.В., Лонгинов А.М., Тиняков В.В., Данилов В.Л. Проект сортовой МНЛЗ для получения качественных заготовок из сталей широкого марочного сортамента

47 Коновалов С.С., Зюбан Н.А., Руцкий Д.В., Гаманюк С.Б., Пузиков А.Я. Внеосевая ликвация и влияние на нее теплофизических факторов при кристаллизации крупных слитков из хромоникельмолибденовых сталей

51 Гуляев Ю.Г., Шифрин Е.И. Методика расчета скоростного режима при непрерывной прокатке труб

- Nazarov A.V., Yakushev E.V., Shabalov I.P., Morozov Yu.D., Kireeva T.S.** Comparison of weldability of high-strength pipe steels microalloyed by niobium, niobium and vanadium
- Talanov O.P., Nastich S.Yu., Nikitin V.N., Denisov S.V., Shirayev O.P., Kudryakov E.A., Bogach D.I., Trayno A.I.** Mastering the production of high-strength wear-resistant welded steel with yield strength of more than 950 N/mm² for bearing metalworks
- Shaburov A.D., Hyakkinen V.I., Mirzaev D.A.** Hydrogen emission from steel 40ХГМ at elevated temperatures
- Pokrovsky A.M.** Comparative analysis of durability of solid-forged and bimetal supporting rolls
- Samodurova M.N., Barkov L.A., Mymrin S.A., Ivanov V.A., Kanatnikova Ju.A.** Phenomenology of densification of powder composite materials based on tungsten and carbon
- Tavolzanskiy S.A., Pashkov I.N., Koletvinov K.F.** Development and use of alternative methods of continuous casting for manufacturing high temperature solders of small range of products
- Non-ferrous metallurgy**
- Ospennikova O.G., Lomborg B.S., Moiseyev N.V., Kapitanenko D.V.** Isothermal deformation of heat-resisting alloys
- Konovalov G.V., Bazhin V.Yu., Nikolayev A.K.** Improving blast supply at converting of copper-nickel mattes
- 56 Назаров А.В., Якушев Е.В., Шабалов И.П., Морозов Ю.Д., Киреева Т.С.** Сравнение свариваемости высокопрочных трубных сталей, микролегированных ниобием, ниобием и ванадием
- 62 Таланов О.П., Настич С.Ю., Никитин В.Н., Денисов С.В., Ширяев О.П., Кудряков Е.А., Богач Д.И., Трайно А.И.** Освоение производства высокопрочной износостойкая свариваемая сталь с пределом текучести более 950 Н/мм² для несущих металлоконструкций
- 67 Шабуров А.Д., Хяккинен В.И., Мирзаев Д.А.** Выделение водорода из стали 40ХГМ при повышенных температурах
- 71 Покровский А.М.** Сравнительный анализ долговечности цельнокованых и биметаллических опорных прокатных валков
- 76 Самодурова М.Н., Барков Л.А., Мымрин С.А., Иванов В.А., Канатникова Ю.А.** Феноменология уплотнения порошков композиционных материалов на основе вольфрама и углерода
- 84 Таволжанский С.А., Пашков И.Н., Колетвинов К.Ф.** Разработка и применение альтернативных способов непрерывного литья для изготовления высокотемпературных припоев малого сортамента
- Цветная металлургия**
- 88 Оспенникова О.Г., Ломберг Б.С., Моисеев Н.В., Капитаненко Д.В.** Изотермическая деформация жаропрочных сплавов
- 93 Коновалов Г.В., Бажин В.Ю., Николаев А.К.** Совершенствование подачи дутья при конвертировании медно-никелевых штейнов

CONFERENCES • SEMINARS • EXHIBITIONS

- Ermakov A.V.** Results of VI International Conference "Dust Gas Cleaning-2013"
- International Scientific and Technical Conference "Development of fundamental bases of material science of light alloys and composite materials on their basis for creation of articles for aerospace and nuclear engineering"

HISTORY OF METALLURGY

To 100 years of I.N.Fridlyander

КОНФЕРЕНЦИИ • СЕМИНАРЫ • ВЫСТАВКИ

- 97 Ермаков А.В.** Итоги VI Международной конференции «ПЫЛЕГАЗООЧИСТКА-2013»
- 98 Международная научно-техническая конференция «Развитие фундаментальных основ материаловедения легких сплавов и композиционных материалов на их основе для создания изделий аэрокосмической и атомной техники»**

ИСТОРИЯ МЕТАЛЛУРГИИ**99** К 100-летию И.Н.Фридляндера

НА ПУТИ К УСТОЙЧИВОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПОЛИТИКЕ

Глобальный союз «ИндастриОл», членом которого с 2012 г. состоит Горно-металлургический профсоюз России, объединяет более 50 миллионов работников добывающих производственных и перерабатывающих отраслей промышленности мира. Профсоюзы призваны активно сотрудничать с органами власти и бизнесом, чтобы соблюдались права человека, выполнялись признанные мировым сообществом социальные гарантии и охрана окружающей среды. Поэтому Глобальный союз начинает амбициозную программу работы с членскими организациями для развития и реализации устойчивой промышленной политики, обеспечивающей вышеназванные цели.

На Конгрессе «ИндастриОл», проходившем 10–13 сентября, отмечалось, что устойчивая промышленная политика должна создавать здоровую экономику и качественную занятость (достойный, безопасный труд с выплатой заработной платы в размере прожиточного минимума), в то же время минимизируя негативное воздействие на окружающую среду.

Устойчивая промышленная политика не имеет ничего общего с созданием условий для обогащения компаний за счет работников, общества и вреда окружающей среде. В настоящее время профсоюзы противостоят трем кризисам: экономическому, моральному и в окружающей среде.

Изменение климата – реальная угроза. По оценкам Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), для того чтобы поддерживать глобальное среднее потепление ниже 2 °С от доиндустриального уровня (уровень потепления, который имеет серьезные последствия), необходимо предпринять очень серьезные действия в 2015–2018 гг.

Замедление действий грозит тем, что социальные стандарты и права человека будут в панике принесены в жертву ради сохранения планеты. Деграция природных систем продолжается на планете с отчаянной скоростью. Бизнес не может ничего предложить, к тому же нередко он активно старается предотвратить поиск или реализацию решений, так как сосредоточен на получении максимальной быстрой прибыли.

В странах, наиболее пострадавших от кризиса, работники заплатили массовой потерей рабочих мест и ростом безработицы, в то время как

деньги налогоплательщиков были использованы для помощи банкам, чья деятельность привела к кризису.

Двойной кризис в окружающей среде и экономике привел к третьему, социальному кризису. Возрастающие диспропорции в благосостоянии и доходах, сократившийся доступ к образованию, ухудшение здоровья населения (включая гигиену труда), атаки на здравоохранение, взрыв нестандартной занятости и исчезающие возможности, особенно для молодежи и традиционно уязвимых групп, – вот последствия ошибок при реализации намерения построить устойчивое общество.

Деятельность капитала больше не ограничена национальными границами. Компании всех размеров и отраслей взаимосвязаны через глобальные сети, известные как цепочки добавленной стоимости (ЦДС). Многонациональные корпорации (МНК) продвигают развитие ЦДС через аутсорсинг отдельных частей или всего производственного процесса.

Страны конкурируют за право быть частью цепочек добавленной стоимости часто посредством узкой специализации на трудоемких низкоквалифицированных уровнях производства. Правительства ряда стран полагаются на особые экономические зоны (ОЭЗ), чтобы привлечь зарубежные инвестиции. Налоговые отсрочки и иные стимулы позволяют богатству, созданному производством и трудом, идти прямо в казну МНК, находящихся на вершине цепочек, а отнюдь не работникам, либо на развитие местной промышленности.

Правительства позволяют МНК диктовать условия, в которых трудятся работники в их странах, определенные ценами, которые не отражают реальной стоимости труда, но которые они устанавливают благодаря своей доминирующей позиции в цепочке. Итогом стала глобальная конкуренция, тянущая зарплаты вниз.

Наблюдается разрыв исторической связи между зарплатой и производительностью из-за ослабления коллективных переговоров как механизма в стремлении к честному распределению прибыли и выручки, полученных от возросшей эффективности производства.

Социальная устойчивость начинается с уважения к честности, равенству, справедливости,

правам человека, национальной культуре. Многие из этих ценностей нашли отражение во Всеобщей декларации прав человека ООН и трудовых стандартах Международной организации труда. Устойчивость противостоит неравенству, но не путем конкуренции за самую низкую зарплату, а через содействие коллективным переговорам, благодаря которым рост производительности приносит пользу тем, кто его обеспечивает, тем самым повышая зарплаты и способствуя промышленной и социальной стабильности, сокращая неравенство и стимулируя рост спроса на промышленные товары и услуги.

Ключевой аспект устойчивой промышленной политики – построение эффективных трудовых отношений, опосредующих конфликтующие интересы работников и капитала. Устойчивая промышленная политика предполагает разработку стратегий содействия более экологичным технологиям, ориентированным на решение проблемы изменения климата и одновременно – на создание большого количества хороших рабочих мест. Технологическое развитие должно приносить пользу работникам и облегчать их труд, тем самым повышая его производительность, и вместе с тем не должно вести к депрофессионализации работников, вызывать болезни и травмы, сокращать рабочие места.

Устойчивая промышленная политика включает реализацию трудовых стандартов: содействие коллективным переговорам, развитие диалога между отраслью и профсоюзами, а также принятие законов в сфере трудовых отношений, которые ограничивают нестандартную занятость. Все международные институты, связанные с проблематикой устойчивого развития, должны содействовать свободе объединения и коллективным переговорам как эффективным правам, чтобы обеспечить справедливое распределение прибыли по отношению к рабочим.

Кроме того, устойчивая промышленная политика должна подкрепляться мерами социальной защиты, решающей проблемы безработицы, пенсионного обеспечения и здравоохранения, способствовать более справедливому распределению добавленной стоимости, как по отношению к работникам и обществу в целом, так и инвестициям в НИОКР и повышению профессиональных навыков.

Свободный рынок не может привести к устойчивому развитию. Между экономическим ростом и повышением жизненных стандартов отнюдь нет автоматической связи. ВВП на душу на-

селения может расти, но при этом может расти также и неравенство, и вместе с ним – вред, наносимый окружающей среде. Правительства, будучи единственными институтами, способными противостоять жадности корпораций, должны проводить политику, по-настоящему ориентированную на общественные интересы. Эту политику должно поддерживать сильное и эффективно применяемое законодательство. В реальной жизни идеология свободного рынка приводит в упадок промышленную политику государств. Государственное вмешательство с целью определить направление промышленного развития осуждается как протекционизм и незаконное ограничение свободы капитала. Торговые соглашения сокращают возможности государства по введению норм экологической и социальной защиты в интересах его собственных граждан. Пункты о разрешении споров между инвесторами и государством в международных торговых соглашениях позволяют корпорациям подавать в суд на правительства, когда вводимое в стране законодательство противоречит их инвестиционным интересам.

Устойчивая промышленная политика требует интегрированного подхода, который обеспечивает согласованность действий различных органов власти, включая те, что отвечают за трудовые отношения, защиту окружающей среды, промышленную политику, торговлю, исследования и энергетику. Такими же согласованными должны быть действия глобальных институтов – ВТО, МВФ, Всемирного банка, МОТ, ООН, ОЭСР, – чтобы правительства не получали конфликтующих рекомендаций, особенно в вопросе дерегулирования рынка труда, и могли ориентироваться на качественные и количественные показатели, в измерении которых участвуют социальные партнеры: бизнес и профсоюзы.

Профсоюзы должны участвовать в разработке разделов промышленной политики, касающихся занятости и создания рабочих мест, НИОКР, энергоэффективности, углеродных выбросов, сокращения неравенства, соблюдения трудовых стандартов, повышения профессиональных навыков молодежи.

Глобальный союз «ИндастриОл» считает, что глобальные доходы корпораций достигли беспрецедентного уровня. Дивиденды акционеров растут за счет расходов на инвестиции, новые рабочие места и социальную защищенность. Вместо инвестирования прибыли в НИОКР и инновации

деньги используются для спекуляций и выплаты ренты.

Программа действий «ИндастриОл» на 2013–2016 гг. призывает к сильной промышленной политике, в рамках которой ключевым признавался бы рост национальных экономик. В настоящее время повсеместно высокооплачиваемые рабочие места в промышленности, ставшие источником социального прогресса, сокращаются, в том числе из-за глобального «соревнования» за самые низкие зарплаты и распространения нестандартных форм занятости.

В связи с вышеизложенным «ИндастриОл» выступает за:

- продвижение сильной промышленной политики, в рамках которой материальное производство было бы признано ключевым источником роста национальных экономик;
- содействие инвестициям в НИОКР, обучение и повышение профессиональных навыков, что обеспечило бы устойчивость промышленного производства и долгосрочное положительное влияние на занятость;
- содействие перенесению навыков и технологий в развивающиеся страны, чтобы ускорить их индустриализацию и способствовать созданию современных рабочих мест, обеспечивающих защиту окружающей среды;
- разработку активной энергетической политики, обеспечивающей энергетическую безопасность и устойчивость как базы для проведения промышленной политики во всем мире;
- поддержку стремления к разработке и принятию справедливого, широкого и обязательно соблюдения глобального соглашения против изменения климата, которое бы содействовало созданию рабочих мест в «зеленых» отраслях экономики, содержало принципы справедливого перехода к низкоуглеродному обществу;
- содействие участию профсоюзов во всех аспектах разработки и реализации промышленной политики;

- взаимодействие с другими глобальными профсоюзами для обеспечения того, чтобы глобальные финансовые институты и правительства принимали конкретные меры по борьбе с бедностью, безработицей, неравенством и социальной несправедливостью;

- борьбу за новую глобальную экономическую и социальную модель, которая решила бы проблему неравенства возможностей и богатства внутри и между странами;

- обеспечение того, чтобы голос промышленных рабочих был услышан в глобальных институтах, включая МОТ, ОЭСР, ВТО, глобальные финансовые институты и «Большую двадцатку»;

- принципы справедливости и равенства в торговле, чтобы жизненный уровень повышался через рост занятости, усиливалась социальная защищенность и защита основополагающих трудовых прав, демократии, экологических стандартов и прав человека;

- обеспечение учета основополагающих трудовых стандартов МОТ во всех торговых соглашениях и механизмах глобальных финансовых институтов;

- солидарность членских организаций против негативного влияния на занятость и права работников в рамках торговых сделок;

- содействие регулированию глобальных финансовых рынков, которое предотвратит еще одну катастрофу реальной экономики из-за финансовых спекуляций и поставит барьер на пути использования «налоговых гаваней»;

- введение международного налога на финансовые транзакции.

Реализация наших требований позволит разработать согласованную и устойчивую промышленную политику на международном уровне и помочь членским организациям «ИндастриОл» в их работе на национальном и региональном уровнях.

А.Кулагин

Международный отдел ЦС ГМПР



Председатель совета директоров ОАО «ММК» В.Ф.Рашников отметил юбилей

13 октября исполнилось 65 лет председателю совета директоров ОАО «ММК», президенту ООО «Управляющая компания ММК» **Виктору Филипповичу Рашникову**.

Вся трудовая деятельность Виктора Филипповича связана с Магнитогорским металлургическим комбинатом, на котором он трудится уже более 45 лет. В 1967 г. В.Рашников пришел на ММК слесарем цеха ремонта металлургического оборудования. В последующие годы он работал оператором, бригадиром, мастером, начальником смены, начальником цеха, начальником управления по производству и поставкам продукции. В 1974 г. окончил Магнитогорский горно-металлургический институт по специальности «Обработка металлов давлением», в 1994 г. получил второй диплом по специальности «Организация управления производством». В 1991 г. В.Рашников был назначен главным инженером-первым заместителем генерального директора, с 1997 г. возглавил ОАО «ММК» в качестве генерального директора. С апреля 2005 г. Виктор Рашников – председатель совета директоров ОАО «ММК», с 2006 г. – президент ООО «Управляющая компания ММК».

За годы руководства В.Ф.Рашниковым комбинат достиг высоких показателей по всем направлениям деятельности. С 1997 по 2012 гг. производство стали и товарной продукции на комбинате возросло более чем в 1,6 раза. Существенно возросла эффективность технологических процессов компании, что стало следствием реализованной за последние полтора десятка лет масштабной инвестиционной программы, направленной на расширение сортамента и освоение дефицитных видов продукции, повышение эффективности производства, увеличение объема продукции с глубокой степенью переработки для удовлетворения спроса на внутреннем рынке.

В числе крупнейших инвестиционных проектов, реализованных в этот период, можно назвать ввод в строй современного электросталеплавильного комплекса (2006 г.), коренное обновление сортопрокатного производства (2005–2006 гг.), строительство нескольких агрегатов оцинкования и окрашивания металла (2002–2009 гг.), строительство ком-

плекса по производству толстолистового проката (2009 г.) и пуск универсального комплекса по выпуску высококачественного автолиста (2011–2012 гг.). Общий объем инвестиций ММК в техническое перевооружение с 2000 по 2012 гг. составил 8,8 млрд долл. Сегодня Магнитка – современная, высокоэффективная и динамично развивающаяся компания мирового уровня, социально ориентированное предприятие, от успешной работы которого зависит благополучие не только жителей Магнитогорска, но и всех южноуральцев.

ОАО «ММК» уже в течение многих лет проводит социально ответственную политику, вкладывая средства в развитие социальной сферы, оказывая поддержку здравоохранению, культуре, образованию, физкультуре и спорту. Ежегодные затраты Группы ОАО «ММК» на реализацию социальных программ превышают 1,5 млрд руб. В 2012 г. среднемесячная заработная плата работников ОАО «ММК» составила 43 410 руб. Комбинат является крупнейшим налогоплательщиком Магнитогорска и Челябинской области.

В.Ф.Рашников – один из крупнейших специалистов черной металлургии, д-р техн. наук, профессор, автор многих научных исследований и технических разработок. Большой личный вклад В.Ф.Рашникова в развитие отечественной промышленности отмечен государственными наградами. Среди них – медаль «За трудовую доблесть» (1986 г.), орден Почета (1995 г.), орден «За заслуги перед Отечеством» IV степени (1998 г.), III степени (2004 г.) и II степени (2013 г.), орден Петра Великого (2004 г.), ордена Русской Православной церкви – Преподобного Сергия Радонежского (2001 г.) и Святого Благоверного князя Даниила Московского (2005 г.). В.Ф.Рашников является президентом Союза промышленников и предпринимателей Челябинской области, членом бюро правления Российского союза промышленников и предпринимателей, президентом хоккейного клуба «Металлург», депутатом Законодательного Собрания Челябинской области I–V созывов, почетным гражданином Челябинской области и города Магнитогорска.

«Парламентская газета» опубликовала список награжденных Почетной грамотой Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации в сентябре текущего года. Среди отмеченных этим ведомственным знаком отличия – председатель совета директоров ОАО «ММК», президент ООО «Управляющая компания ММК» Виктор Рашников.

Почетная грамота Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации учреждена в 1997 г. Ею награждаются граждане Российской Федерации и организации за большой вклад в развитие парламентаризма, федерального законодательства, законодательства субъектов Российской Федерации, укрепление местного самоуправления, обороноспособности и безопасности Российской Федерации, реализацию социальной и экономической политики Российской Федерации, развитие науки, культуры и искусства, международных и межпарламентских связей, активную общественно-политическую деятельность.



Владимиру Петровичу ПОЛУХИНУ – 75 лет

14 октября исполнилось 75 лет крупнейшему ученому в области обработки металлов давлением, доктору технических наук, профессору, лауреату Государственных премий СССР и УССР, премии Совета Министров СССР, заслуженному деятелю науки Российской Федерации **Полухину Владимиру Петровичу.**

После окончания в 1960 г. Московского института стали и сплавов по кафедре «Обработка металлов давлением» В.П. Полухин был принят в аспирантуру и после защиты кандидатской диссертации в 1963 г. работал доцентом. В 1970 г. успешно защитил докторскую диссертацию и с 1972 г. работал профессором кафедры пластической деформации специальных сплавов (1971–1975 гг.) и руководителем проблемной лаборатории процессов пластической деформации и упрочнения (1972–1984 гг.); в период 1984–1989 гг. был заведующим кафедрой машин и агрегатов металлургических предприятий МИСиС.

За 25-летний период педагогической деятельности В.П. Полухин подготовил много талантливых инженеров, которые работают на металлургических и машиностроительных предприятиях, в НИИ и вузах России, а также в Украине, Казахстане, Киргизии, Грузии. Под его научным руководством подготовлены 70 кандидатов технических наук, несколько докторов технических наук.

Владимир Петрович Полухин – крупный ученый в области листопрокатного производства и оборудования, физического и математического моделирования процесса прокатки; Разработанные В.П.Полухиным математические модели процесса прокатки и полученные на их основе результаты явились важным этапом в развитии теории прокатки, позволили создать научные основы высокоточной прокатки листов и полос, решить многие задачи эксплуатации и конструирования прокатных станов, и в конечном счете – повысить качество и освоить ряд новых видов проката.

За разработку новых технологических и технических решений в этой области В.П. Полухин дважды удостоен Государственных премий СССР (1973 г. и 1982 г.), Государственной премии Украинской ССР (1978 г.), премии Совета Министров СССР (1981 г.)

В.П. Полухиным лично и в соавторстве опубликовано 38 монографий и учебников для вузов, свыше 450 научных статей, получено 220 авторских свидетельств и патентов.

Результаты прикладных работ, выполненных В.П. Полухиным совместно с сотрудниками, получили широкое внедрение на Магнитогорском, Череповецком, Новолипецком, Карагандинском, Мариупольском металлургических комбинатах, на таких предприятиях как «Электросталь», Ижорском заводе, Донецком металлургическом, «Запорожсталь», Московском заводе по обработке специальных сплавов, в ПО «Электростальтяжмаш». Теоретические и технологические разработки широко используются в НИИ, академических институтах, в вузах металлургического профиля в России и за рубежом.

Являясь с 2000 г. советником генерального директора и заведующим планово-экономическим отделом в ОАО «Институт Цветметобработка», членом специализированных советов по присуждению ученых степеней в ИМЕТе им. А.А.Байкова РАН, ВНИИМЕТМАШе и НИТУ «МИСиС» В.П.Полухин принимает активное участие в решении вопросов прокатного производства, в частности, по проблеме бесслитковой прокатки стальных полос, создании мини-заводов на основе валковых литейно-прокатных агрегатов.

За заслуги в подготовке высококвалифицированных специалистов для народного хозяйства и развитие науки Владимир Петрович награжден орденом «Знак Почета» (1980 г.); в 1998 году ему присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки Российской Федерации».

Научно-техническая общественность, коллеги, редколлегия и редакция журнала «Металлург» сердечно поздравляют Владимира Петровича с 75-летием, желают ему крепкого здоровья, бодрости и дальнейших успехов в научной и производственной деятельности!

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ КАДРОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

©Чернышов Евгений Александрович, д-р техн. наук, проф.;

Романов Алексей Дмитриевич

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева. Россия, г. Нижний Новгород.

E-mail: taep@nntu.nnov.ru

Наметившийся в последнее десятилетие устойчивый рост промышленного производства, исследований и разработок обусловил чрезвычайно острый дефицит высококвалифицированных специалистов, владеющих современными технологиями, способных разрабатывать и внедрять конкурентоспособную технику и технологии, ориентированных на инновационную профессиональную деятельность в условиях рыночной экономики. Необеспеченность квалифицированными кадрами сегодня – одно из главных препятствий в развитии приоритетных отраслей экономики страны. Основным противоречием в российском высшем техническом образовании является несоответствие профессиональных компетенций, приобретаемых выпускниками технических вузов в процессе обучения, возросшим требованиям высокотехнологичных предприятий, проектных и научных организаций. В результате при достаточно большом и часто избыточном количестве выпускников инженерных направлений и специальностей спрос со стороны бизнеса на высококачественных специалистов далеко не удовлетворен. В то же время в условиях современного высокотехнологичного производства с каждым годом все более возрастают требования к уровню профессиональной подготовки инженерно-технических кадров.

Инженер, занятый в сфере металлургического производства, должен знать и уметь использовать различные средства оснащения технологических процессов. Современное инженерное образование должно быть прогнозно-опережающим по отношению к динамично изменяющимся технологиям по профилю специальности. Учитывая, что в современном производстве появился термин «опережающие технологии», под которыми понимают принципиально новые технологии, обеспечивающие лидерство на мировом рынке, новое инженерное образование должно опережать

«опережающие технологии». Необходимость совершенствования профессиональной подготовки специалистов на предприятиях металлургической отрасли вызвана объективными тенденциями ускорения научно-технического прогресса, что требует принципиально новых технических и технологических подходов, которые могут разработать специалисты, способные интегрировать идеи из различных областей науки, оперировать междисциплинарными категориями, комплексно воспринимать инновационный процесс. Все это диктует необходимость подготовки кадров, способных обеспечить инновационные преобразования в технике, технологии и организации производственного процесса, многократный рост производительности труда.

Кроме того, знания, полученные в учебных заведениях, стремительно устаревают, возрастает необходимость их существенного обновления. В США, например, существует понятие «период полураспада компетентности», означающее продолжительность времени со дня окончания вуза, в течение которого компетентность специалистов вследствие появления новой информации и знаний снижается на 50%. Этот период постоянно сокращается.

Поэтому очень важно, чтобы выпускник не только получил необходимые для работы знания, но и пришел на работу по специальности. Для этого на факультете материаловедения и высокотемпературной технологии с каждым годом увеличивается доля целевой подготовки специалистов по заявкам предприятий, в том числе по сокращенной форме обучения. Только за последние годы таким образом были подготовлены более 100 человек по направлению «Металлургия» для ОАО «Выксунский металлургический завод» и ОАО «Русполимет».

В рамках реализации мероприятий, направленных на проведение профориентации и получе-

ние качественных знаний, умений и навыков для дальнейшей реализации их на предприятии для студентов всех уровней образования (бакалавр и магистр) организуются тематические экскурсии, производственные и преддипломные практики под руководством высококвалифицированных специалистов заводов. Руководители и ведущие специалисты осуществляют преподавательскую деятельность и входят в состав аттестационных комиссий, оказывается помощь в совершенствовании материально-технической базы учебных заведений, ведущие специалисты предприятия и профессора вуза работают совместно над совершенствованием учебных программ.

Одна из основных задач сегодня – сокращение общего цикла – от разработки до готового изделия, минимизация доработок и, соответственно, уменьшение временных и трудовых затрат. Если создание прототипа занимает половину времени проекта, то ни о какой экономии затрат времени не может быть и речи. Кроме того, прототип должен иметь возможность модифицироваться в соответствии с договоренностями заказчика и исполнителя, и происходить это должно быстро [1, 2].

В качестве ресурсного обеспечения создан научно-исследовательский центр «Новых высокотемпературных технологий и материалов», в составе которого имеются или планируются к созданию научно-исследовательские лаборатории: быстрого прототипирования, робототехники, проблем прочности, пластичности и предельного состояния веществ, учебно-научный центр ресурсосберегающих и энергоэффективных литейных и металлургических технологий. Приоритетными направлениями работы центра являются: разработка перспективных металлургических технологий, робототехника, 3D-технологии, неразрушающий контроль, исследование усталостной прочности материалов, альтернативная энергетика и ресурсосберегающие технологии и др.

Кроме того, реализуется комплексный подход к организации образовательного пространства региона, формированию системы непрерывной подготовки, развития и поддержки кадров и продвижения молодежных инициатив в сфере научно-технического творчества молодежи. Основа подхода – многоуровневая система выявления и развития научно-технического потенциала учащегося, начиная с начальной школы и заканчивая этапом внедрения практико-ориентированных знаний и навыков в реальных секторах экономи-

ки, в частности, высокотехнологичном, наукоемком и инновационном секторах [4].

На факультете материаловедения и высокотемпературных технологий НГТУ внедряется в процесс подготовки магистров следующий технологический цикл:

- проектирование литых заготовок металлургического назначения, в том числе для ремонтных целей, с использованием различных CAD (низшего уровня AutoCAD, Компас, среднего SolidWorks, высшего Unigraphics, Catia), CAE (Patran, MoldFlow) и CAM (T-Flex, SolidCAM). Для сканирования готового изделия применяется 3D сканер RangeVision или Roland;

- изготовление прототипа или пресс-формы на 3D принтере с послойной печатью из материалов: uPVC (unplasticised Poly Vinyl Chloride), PP (полипропилен), PLA (полилактид), LDPE (Low Density Poly Ethylene), HDPE (High Density Poly Ethylene), ABS;

- изготовление восковок на оборудование собственного изготовления и стандартных термических печей;

- изготовление форм;

- плавка в индукционных печах малой мощности и разливка сплавов цветных металлов заданных составов, в том числе с разливкой в вакууме или защитной атмосфере;

- контроль геометрии изготовленной детали с помощью 3D сканирования и анализа программного обеспечения Geomagic Qualify Probe;

- исследование структуры изделия методом неразрушающего контроля.

Перечисленные процессы и оборудование применяются при подготовке магистрских и кандидатских диссертаций студентами факультета материаловедения и высокотемпературных технологий и автомобильного института.

Научные исследования на факультете проводятся в рамках развития и укрепления научной школы «Материаловедение и прогрессивные технологии в металлургии и машиностроении».

Научная работа проводится по следующим основным направлениям:

- разработка новых прогрессивных технологий в металлургии и машиностроении;

- фильтрационное рафинирование металлических расплавов;

- совершенствование технологий выплавки чугуна, стали и цветных сплавов; производство ферросплавов и лигатур;

- обработка расплава внешними воздействиями;

- повышение экологической безопасности литейных и металлургических процессов; материалы литейных форм и покрытий;
- разработка ресурсо- и энергосберегающих технологий в металлургии;
- переработка вторичных металлов, сплавов, техногенных отходов;
- научное обоснование, разработка и реализация технологии получения плотных литых заготовок и способов повышения выхода годного;
- ресурсо- и материалосбережение при проектировании, сооружении и эксплуатации печей;
- экологическая экспертиза печных хозяйств;
- научные исследования в области создания новых металлических, неметаллических и композиционных материалов;
- разработка порошковых и композиционных материалов: алмазосодержащих, уплотнительных, фильтрующих, резистивных и других, в том числе с использованием наноразмерных порошков.

В рамках действующих направлений все кафедры факультета проводят фундаментальные, фундаментально-ориентированные, прикладные исследования и разработки.

Взаимодействие со стратегическими партнерами строится на основе хозяйственных договоров на выполнение образовательных услуг, целевую подготовку специалистов, формирование учебно-производственной базы, участие в учебном процессе (проведение практик, предоставление базы для выполнения дипломных проектов, привлечение специалистов к ведению занятий, участие в ГАК и др.), договоров на повышение квалификации и переподготовку преподавательского состава, участие в совместных проектах и программах.

Примерами могут служить работы, выполняемые в рамках проекта Formula SAE / Formula Student по созданию гоночного автомобиля для участия в международных соревнованиях, проводимых Ассоциацией инженеров-механиков (ImechE), обществом автомобильных инженеров США (SAE) и Ассоциацией инжиниринга и технологий (I&T), входящих в Серию Студенческих Инженерных соревнований (Collegiate Design Series) SAE.

Так, были проведены следующие работы: выполнен расчет предельной и усталостной прочности деталей подвески, выбран сплав, обеспечивающий заданную прочность, с помощью 3D принтера изготовлены пластиковые модели дистанционного элемента подвески, затем были изготовлены литейные формы (песчаные, а также силиконовые для литья по выплавляемым моделям), осуществлена разливка сплавов, затем механическая обработка отливок. После окончания сборки каркаса автомобиля планируется проведение 3D сканирования конструкций для инструментальной оценки точности сборки элементов. Затем, после проведения испытаний, будут выполнены повторное сканирование для оценки деформации конструкции после нагрузки, сопоставление с расчетными данными и определение с помощью дефектоскопа возможных трещин в конструкции.

Вывод. Комплексный подход с использованием современного оборудования позволяет подготовить квалифицированных специалистов для промышленности, которые на практике осваивают полный цикл изготовления сложных изделий, способных после окончания вуза сразу приступить к работе с современным наукоемким оборудованием и передовыми технологиями [3].

Библиографический список

1. **Чернышов Е.А., Сиднева Е.В.** Использование информационных технологий в учебном процессе при поиске новых технических решений // Заготовительные производства в машиностроении. 2010. № 2. С. 38–41.
2. **Чернышов Е.А.** Основы инженерного творчества в дипломном проектировании и магистерских диссертациях // Международный журнал экспериментального образования. 2010. № 12. С. 72–73.
3. **Чернышов Е.А., Евлампиев А.А.** Об актуальности подготовки кадров для литейного производства // Современные наукоемкие технологии. 2010. № 10. С. 169–170.
4. **Чернышов Е.А., Королёв А.В., Комиссаров А.Н., Шуладрин О.Ю., Евлампиев А.А.** Компьютерное моделирование питания отливки через сетчатый фильтр, установленный в прибыли // Литейное производство. 2012. № 6. С. 31–33.

СОБЫТИЯ В ЦИФРАХ И ФАКТАХ

В начале июля международное рейтинговое агентство Fitch изменило прогноз положительной динамики роста глобальной экономики на 2,4% по итогам 2013 г. и на 3,1% в 2014 г. в сравнении с мартовским прогнозом – 2,2 и 2,8% соответственно. При этом практически не изменились ожидания по совокупному росту ВВП развитых стран – 0,9% против 1% по мартовскому прогнозу – в 2013 г. и 1,9% – в 2014 г. Однако развивающиеся страны продолжают демонстрировать более высокие темпы роста, чем развитые (4,8 и 5,2% в 2013 и 2014 гг. соответственно). По оценке Fitch, ВВП КНР возрастет на 7,5% в 2013–2014 гг. (8% по предыдущему прогнозу), а рост ВВП Индии и Бразилии по итогам 2013 г. составит 5,7 и 2,5% соответственно. Российская экономика продемонстрирует за этот период рост на 1,5% в 2013 г. и 2% – в 2014 г., что хуже прошлого прогноза. Напомним, что ранее Всемирный банк снизил прогноз роста мировой экономики, согласно которому, ВВП в этом году возрастет на 2,2%, что на 0,1% меньше, чем в 2012 г.

◆
За последние 10 лет мировое производство стали возросло с 904 млн т в 2002 г. до более 1,54 млрд т в 2012 г. или в 1,7 раза. Это произошло несмотря на развитие в этот период технологий получения новых неметаллических материалов, рост производства алюминия и сплавов на его основе, а также снижение удельной металлоемкости промышленной продукции. Необходимо отметить, что в 2004 г. мировая черная металлургия перешагнула символический рубеж, когда впервые за год выплавляли более 1 млрд т стали, а в 2011 г. – следующий рубеж – 1,5 млрд т стали.

В настоящее время во всем мире, кроме нескольких стран СНГ

Выплавка стали в мире в 2012 г.
(по данным Всемирной стальной ассоциации)

Регион	млн т	Доля выплавки стали, %		
		конвертерная	электро-сталь	марте-новская
<i>Австралия и Новая Зеландия</i>	5,8	75,9	24,1	–
<i>Азия</i>	1012,0	79,5	20,4	0,1
в том числе КНР	716,5	89,9	10,1	–
Япония	107,2	76,8	23,2	–
Индия *	76,7	31,2	67,5	1,3
Республика Корея	69,1	62,4	37,6	–
Тайвань	20,7	51,0	49,0	–
другие страны	20,9	–	100,0	–
<i>Африка</i>	15,5	32,1	67,9	–
в том числе ЮАР	6,9	56,3	43,7	–
Египет *	6,6	8,0	92,0	–
другие страны	2,0	28,3	71,7	–
<i>Ближний Восток</i>	22,1	9,8	90,2	–
в том числе Иран	14,5	14,9	85,1	–
Саудовская Аравия	5,2	–	100,0	–
другие страны	2,4	–	100,0	–
<i>Европа</i>	207,1	52,1	47,9	–
в том числе 27 стран ЕС	168,5	58,3	41,7	–
из них Германия	42,7	67,7	32,3	–
Италия	27,3	34,2	65,8	–
Франция	15,6	60,9	39,1	–
Испания	13,6	25,1	74,9	–
Великобритания	9,6	78,6	21,4	–
Польша	8,4	50,6	49,4	–
Австрия	7,4	90,9	9,1	–
Бельгия	7,3	63,6	36,4	–
Нидерланды	6,9	98,0	2,0	–
Чехия	5,1	92,7	7,3	–
Швеция	4,3	66,9	33,1	–
Словакия	4,4	91,4	8,6	–
Финляндия	3,8	67,8	32,2	–
Румыния	3,3	46,8	53,2	–

Люксембург	2,2	–	100,0	–
Португалия*	1,9	–	100,0	–
Греция	1,2	–	100,0	–
Венгрия	1,5	96,5	3,5	–
Латвия*	0,8	–	100,0	–
Болгария	0,6	–	100,0	–
Словения	0,6	–	100,0	–
Остальная Европа	38,6	25,1	74,9	–
из них Турция	35,9	26,0	74,0	–
другие страны	2,7	12,8	87,2	–
Северная Америка	120,3	40,8	59,2	–
в том числе США	88,7	40,9	59,1	–
Мексика	18,1	27,6	72,4	–
Канада	13,5	57,8	42,2	–
Центральная и Южная Америка	47,4	63,5	36,5	–
в том числе Бразилия	34,5	76,3	23,7	–
Аргентина	5,0	44,3	55,7	–
Венесуэла	2,4	–	100,0	–
Чили	1,7	71,0	29,0	–
другие страны	3,8	10,2	89,8	–
СНГ	111,8	63,7	22,5	13,8
в том числе Россия	70,4	63,4	27,0	9,6
Украина	33,0	69,4	4,5	26,1
другие страны	8,4	44,0	55,0	1,0
Итого**	1542,0	69,6	29,3	1,1

* Оценка.

** Эти страны выплавили в 2012 г. более 99% всей стали в мире.

и Индии, сталь выплавляют только в конвертерах и электропечах. Доля мартеновской стали снизилась с 3,6% в 2002 г. до 1,1% в 2012 г., и сегодня мартеновское производство сохранилось только в России, Украине и некоторых странах Азии (Индия и Узбекистан). При этом соотношение объемов производства стали кислородно-конвертерным и электросталеплавленным способами, составлявшее в 2002 г. около 1,85, теперь возросло почти до 2,4.

Электросталеплавленное производство единственный способ выплавки стали в 46 странах мира, в том числе в Люксембурге, Гре-

ции, Швейцарии, Португалии, Белоруссии, Индонезии, Молдавии, Венесуэле, Малайзии, Таиланде, Саудовской Аравии и др. При этом в девяти странах доля электро-стали превышает 60%, а в Египте, Иране, Испании, Турции и Мексике – 70%. В 2012 г. в мире было выплавлено более 450 млн т электро-стали. Высокая доля электростали в промышленно развитых и развивающихся странах обусловлена существенными преимуществами электросталеплавленного производства, основными из которых являются меньшие удельные капиталовложения и энергозатраты, более высокая производитель-

ность и меньшее количество выбросов вредных веществ в окружающую среду. Сортамент сталей, выплавляемых в электропечах (от простой углеродистой и низколегированной до специальных высоколегированных сталей и сплавов), гораздо шире, чем в других агрегатах. Электроплавка отличается большей гибкостью в использовании металлошихты разного состава, меньшими издержками производства, возможностью мобильного реагирования на изменение потребностей рынка и др.

По словам министра финансов КНР Лоу Цзивэя, рост ВВП Китая в 2013 г. будет на уровне 7%, а «жесткой посадки» не будет. Он обратил внимание на причины замедления, которые обусловлены структурными реформами, но при этом качество экономики улучшается. Необходимо отметить, что этот прогноз несколько ниже предыдущего, однако он выглядит не так пессимистично, как у некоторых аналитиков.

По словам генерального директора одной из ведущих металлургических компаний Индии Jindal Steel & Power Ltd. (JSPL) Р.Уппала, JSPL планирует в октябре 2013 г. ввести в эксплуатацию в порту Сохар (Оман) металлургический завод мощностью 2 млн т/год стали, который станет крупнейшим сталеплавленным предприятием в регионе Персидского залива. В составе завода – цех с модулем Мидрекс мощностью 1,5 млн т/год металлургического железорудного сырья и горячебрикетированного железа, введенный в эксплуатацию в начале 2011 г., и электросталеплавленный цех (ЭСЦ) мощностью 2 млн т/год стали. В дальнейшем намечено организовать производство арматуры и катанки. Напомним, что в мае 2010 г. JSPL купила компанию Shadeed Iron and Steel (Оман) за 500 млн долл. По разным оценкам, с тех пор инвестировано еще 500 млн долл., чтобы завершить строительство цеха с модулем Мидрекс и ЭСПЦ, в составе которого дуговая сталеплавленная электропечь

вместимостью 150 т, установка ковш-печь и шестиручьевая комбинированная МНЛЗ. JSPL планирует расширить производство в зависимости от динамики спроса в регионе.



Металлургическая компания Voestalpine (Австрия) заключила с компаниями Siemens AG (Германия) и Midrex Technologies Inc. (США) контракт стоимостью 550 млн евро (713,5 млн долл.) на строительство в штате Техас завода мощностью около 2 млн т/год МЖС и ГБЖ для поставки их на европейские металлургические заводы Voestalpine. Консорциум поставит инжиниринговые услуги, механическое и электрическое оборудование, а также шефмонтаж. Производство намечено начать в начале 2016 г. Этот завод станет крупнейшей зарубежной инвестицией Voestalpine, которая также рассчитывает наращивать свое присутствие на рынке Северной Америки в долгосрочной перспективе.



Комиссия по защите конкуренции (Болгария) предоставила болгарской торговой компании Kris Mit разрешение на 100%-ную покупку капитала торговых компаний Eltrade Co., Nadin Metals Trade и Valpet Consult, владеющих активами металлургического комбината Kremikovtzi. Они купили эти активы весной 2011 г. за 161,6 млн евро, получив кредит от Первого Инвестиционного банка. Теперь комбинат Kremikovtzi может получить нового владельца. Покупатели отказались комментировать ситуацию, но (по сообщениям болгарских СМИ) их планы предусматривают восстановление работы электропечи, МНЛЗ и стана 1700. Необходимо отметить, что к настоящему времени списаны основные активы комбината – две доменные печи, коксохимическое производство и др.



По прогнозу Bureau of Resources and Energy Economics (BREE, Австралия), в 2013 г. Австралия увеличит экспорт желе-

зуродной продукции (ЖРП) до 571 млн т или на 16%, чем в 2012 г., за счет роста добычи сырья благодаря расширению мощностей горнорудных предприятий австралийских компаний Rio Tinto, BHP Billiton и Fortescue. Ожидается, что в 2014 г. Австралия увеличит экспорт ЖРП до 664 млн т. При этом экспорт железной руды из Бразилии возрастет в 2013 г. до 336 млн т (+ 3%), а в 2014 г. – до 370 млн т (+ 10%) за счет расширения мощностей рудника Carajas компании Vale. В то же время BREE прогнозирует, что в 2013–2014 гг. индийский экспорт железной руды будет постепенно снижаться из-за запрета властей на ведение горнорудной деятельности в ключевых железорудных провинциях страны Одиша и Гоа. Ожидается, что в 2013 г. горнорудная промышленность Индии еще как-то сможет обеспечивать потребности страны, а с 2014 г. чистый импорт железорудного сырья (ЖРС) составит около 13 млн т. По прогнозу BREE, средние контрактные цены на железную руду в 2013 г. будут немного превышать спотовые и составят около 117 долл./т, а в 2014 г. они снизятся в среднем до 112 долл./т в связи с увеличением предложения ЖРС.



По оценке Australian Bureau of Resources and Energy Economics, Австралия в 2013 г. потеряет около 16 млрд долл. при экспорте продукции горнорудной промышленности на фоне снижения цен, в том числе 9 млрд долл. при экспорте коксующихся углей и 5,4 млрд долл. – при экспорте железной руды. При этом Австралия в 2013 г. (по сравнению с прошлым годом) увеличит экспорт коксующихся углей до 153 млн т (+ 6%), а в 2014 г. – до 168 млн т (+ 10%).



По данным Конгресса ассоциации горнорудных предприятий КНР, в 2012 г. производственная мощность китайских производителей ЖРС составила 1,68 млрд т, что на 68% больше, чем в 2008 г. За этот период среднегодовой прирост составил 13,85% или 170 млн т/год. В прошлом году производ-

ство железной руды в Китае возросло до 1,31 млрд т или на 14,5% к 2011 г. При этом среднее содержание железа в китайской железной руде – около 14%, тогда как в импортной руде, ввоз которой в 2012 г. составил 743,55 млн т – 68%. В январе–апреле 2013 г. производство железной руды в КНР увеличилось до 398 млн т или в годовом исчислении на 9,9%, а импорт – до 253,6 млн т (+ 3,9%). За последние четыре года в Китае открыли несколько крупномасштабных месторождений железной руды, с учетом которых общие ее резервы достигли 23 млрд т. Ожидается, что в 2013 г. спрос на руду в КНР возрастет на 50 млн т, из которых только 20 млн т смогут предложить местные горняки.



По словам генерального директора горнорудной компании Vale (Бразилия) М.Феррейра, компания получила лицензию от Агентства по защите окружающей среды Бразилии на расширение мощностей ее гигантского железорудного проекта Carajas стоимостью 19,5 млрд долл. Рудник Serra Sul является частью крупнейшего в мире железорудного месторождения Carajas, расположенного в амазонском штате Пара. Ожидается, что его ввод в эксплуатацию состоится в 2016 г., а выход на проектную мощность 90 млн т/год руды – в 2018 г. Ранее сообщалось, что Vale объявила о сокращении затрат, чтобы сосредоточиться на реализации проекта Serra Sul и других близлежащих рудников вследствие замедления темпов роста спроса на железорудное сырье (ЖРС) в КНР. При этом новое предприятие должно заменить истощающиеся рудники, расположенные главным образом в юго-восточном штате Минас Жераис, а также помочь компенсировать падение качества ЖРС на других месторождениях. По мнению М.Феррейра, спрос на железную руду в ближайшие годы может расти на 3%/год. В конце мая Vale получила разрешение на строительство железорудного комплекса Mariana в штате Минас Жераис.

По данным United Nations Conference on Trade and Development, сделки по приобретению активов, слияниям и поглощениям в железорудной отрасли резко снизились в 2012 г. после заметного роста в предыдущие годы – общее число сделок снизилось на 32%, а стоимость сделок на 69%. Доминирующими на рынке были сделки, когда китайские потребители пытались гарантировать себе поставки железной руды из-за рубежа путем прямых инвестиций, и когда металлургические компании занимались вертикальной интеграцией, чтобы сократить свою зависимость от волатильности мировых цен на железную руду (в 2012 г. они составили около 70% всех сделок в мире). Металлургические компании Японии, Республики Корея и Индии были лидерами, намеревающимися гарантировать себе поставки железной руды с собственных месторождений и активов. В основном покупки осуществлялись в железорудных компаниях Австралии.

Компании Siemens Metals Technologies (Германия) и LanzaTech (Новая Зеландия) подписали соглашение о сотрудничестве в области разработки и сбыта интегрированных природоохранных решений для металлургической промышленности во всем мире сроком на 10 лет. Сотрудничество будет направлено на поставку инновационной технологии ферментации, разработанной LanzaTech и преобразующей насыщенные углеродом отходящие газы металлургических агрегатов (CO и CO₂) в низкоуглеродистый биоэтанол и другие химические соединения. Siemens и LanzaTech будут сотрудничать в области интеграции и оптимизации этой технологии, а также её сбыта и реализации проектов для заказчиков. На долю металлургических предприятий приходится 6,7% мировых выбросов CO₂, а при производстве 1 т стали в среднем выделяется 1,8 т CO₂. До настоящего времени эти газы сжигали или использовали

для нагрева в технологических процессах и производства электроэнергии на предприятии. Технология, предлагаемая LanzaTech, позволяет повторно использовать отходящие газы конвертеров, коксовых или доменных печей в качестве питательной среды и источника энергии. Технология биологической ферментации позволяет операторам металлургических предприятий использовать энергию, содержащуюся в отходящих газах в виде CO, CO₂ и H₂, для экологичного производства биоэтанола или таких химических соединений, как уксусная кислота, ацетон, изопропанол, н-бутанол или 2,3-бутандиол. Мировой рынок только этанола оценивается в более 80 млн т/год, из которых 75 млн т может быть использовано в качестве биотоплива. В отличие от технологии получения биоэтанола из сельскохозяйственных продуктов технология ферментации LanzaTech не конкурирует с производителями продуктов питания. Ещё одним решающим преимуществом этой технологии является низкий объём выбросов CO₂ – на 50–70% меньше по сравнению с углеводородным топливом и на одну треть меньше, чем при преобразовании отходящих газов в электроэнергию. С 2008 г. компания LanzaTech эксплуатирует опытную установку в Окленде (Новая Зеландия), в которой используются неочищенные отходящие газы. В 2012 г. LanzaTech стала первой компанией, которой удалось вывести технологию ферментации на полупромышленный уровень, успешно эксплуатируя две установки, преобразующие отходящие газы на комбинатах Baosteel и Shougang (КНР) в этанол. LanzaTech намерена начать в 2013 г. строительство двух промышленных установок с вводом их в эксплуатацию в 2014 г. Компании Siemens и LanzaTech уже прорабатывают возможность реализации проектов по применению технологии ферментации в глобальном масштабе. Сотрудничество будет направлено на модификацию технологии Siemens с целью оптими-

зации газов для их дальнейшего использования в процессе, предлагаемом LanzaTech.

РОССИЯ

По данным РЖД, в I полугодии железнодорожным транспортом было перевезено 605,6 млн т грузов, что на 3,7% меньше, чем за 6 мес. 2012 г., в том числе 5,8 млн т кокса (– 10,1%), 54,4 млн т железных и марганцевых руд (+ 0,9%), 10,1 млн т руд цветных металлов и серного сырья (– 11%), 35,4 млн т черных металлов (– 5,9%) и 7,6 млн т лома черных металлов (–9,6%).

В I полугодии НЛМК отгрузил по железной дороге российским потребителям и на экспорт 5,81 млн т проката, что на 3% больше, чем за 6 мес. 2012 г. Это лучший показатель среди основных российских металлургических комбинатов как по физическим объемам, так и по динамике отгрузок по отношению к аналогичному периоду прошлого года. На втором месте – ММК (5,18 млн т и – 3,2%), а на третьем месте – ЧерМК (4,16 млн т и – 3%). НЛМК стал лидером по этим показателям еще по итогам 2012 г. и остается им в течение 6 мес. этого года.

В I полугодии экспорт российских полуфабрикатов и заготовки из нелегированных сталей составил 6,63 млн т, что на 14,7% меньше, чем за 6 мес. 2012 г. Основная причина – сохранение на прошлогоднем уровне закупок со стороны Италии – основного покупателя этой российской продукции, а также значительное снижение поставок этой продукции в США (– 45%) и Данию (– 30%).

В I полугодии из России на экспорт отгружено 2,25 млн т лома черных металлов, что на 4,2% меньше, чем за 6 мес. 2012 г., и почти на 10% меньше, чем за 6 мес. 2011 г. Это связано в основном со значительным (– 17,6%) сокращением поставок в Турцию, металлургические предприятия которой, начиная с 2011 г., были главными

потребителями российского лома. В результате в этом году экспорт лома в Турцию упал до 765 тыс. т. Примерно такой же уровень закупок у Белоруссии, которая в годовом исчислении, наоборот, нарастила поставки на 25% – до рекордного уровня. На третьем месте – Республика Корея (277,5 тыс. т, + 83%).

Завод компании Can Pack по производству алюминиевой тары открылся в конце июня в г. Новочеркасске Ростовской обл. Реализацию инвестиционного проекта стоимостью около 3 млрд руб. начали в 2011 г. При выходе завода на проектную мощность он станет выпускать 1 млрд алюминиевых банок в год. Продукцию завода будут поставлять производителям напитков Ростовской обл. и других российских регионов, а также в Украину. Это второй завод компании в России (первый открыли в апреле 2010 г. в Волоколамске Московской обл.). Напомним, что у Группы компаний Can Pack, образованной в 1989 г. в Польше, есть около 30 заводов по выпуску алюминиевых банок, стеклотары и кроненпробок в Европе, Африке и Азии. Группа располагает 14 линиями по производству банок для напитков с годовой выручкой около 1,2 млрд долл.

Компания Farmakom (Сербия) намерена построить в Калужской обл. завод по производству вторичного свинца и предприятие по выпуску аккумуляторных батарей для автомобилей и грузовиков. Для реализации этого проекта Farmakom стал резидентом особой экономической зоны (ОЭЗ) Людиново площадью 316 га (заявленные инвестиции – 3,2 млрд руб.). Для ее резидентов предусматривается ряд льгот и преференций, в частности, снижение ставки налога на прибыль, освобождение от уплаты налога на имущество и земельного налога. До конца 2012 г. планировалось, что в качестве резидентов ОЭЗ Людиново будут зарегистрированы 22 компании, однако до настоящего времени ими стали только две.

Министерство финансов России (МФР) разъяснило, что после сдачи металлолома граждане обязаны заплатить налог. Для этого после продажи лома, принадлежащего гражданам на праве собственности, необходимо заполнить и сдать в налоговые органы форму налоговой декларации 3–НДФЛ. Документы следует представить по месту учета (жительства) налогоплательщика. МФР напомнило, что налоговая база по доходам, полученным физическим лицом от продажи личного имущества, находящегося в собственности такого лица менее трех лет, определяется с учетом имущественного налогового вычета в сумме 250 тыс. руб. Этот порядок касается и продажи такого имущества, как металлолом.

Сотрудники линейного отдела полиции на станции «Угольная» и Владивостокского линейного управления МВД РФ на транспорте раскрыли кражу алюминиевых слитков. Трое молодых людей в темное время суток незаконно проникли в вагон на станции «Новонезино» Приморского края и похитили из него 69 алюминиевых болванок общим весом около 1 т, причинив ущерб около 54 тыс. руб. Похищенное имущество они сдали в пункт приема металла, а вырученные денежные средства потратили на личные нужды. Оперуполномоченные транспортной полиции г. Владивостока задержали злоумышленников и возбудили уголовное дело по факту кражи, совершенной по предварительному сговору с проникновением в помещение.

По словам врио губернатора Магаданской обл. В.Печеного, недоропользователи могут превзойти уровень прошлого года и добыть по итогам 2013 г. около 22 т золота. В 2012 г. в Магаданской обл. добыли 20,74 т золота (+ 14,3% к 2011 г.) и 834,7 т серебра (+ 7,3%).

Журнал Forbes опросил 50 самых богатых людей России, чтобы

выяснить, сколько личных средств они тратят на благотворительность. При этом не учитывались программы благотворительности компаний, где предприниматели являются акционерами. На 1-м месте в рейтинге меценатов России оказался совладелец «Металлоинвеста» А.Усманов, который в 2012 г. потратил на благотворительные цели 180 млн долл. Он является создателем фондов «Искусство, наука и спорт» и «За будущее фехтования». А.Усманов поддерживает спорт, театры, музеи, участвует в социальных проектах и в помощи тяжелобольным детям.

ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (ММК). 8 июля сталеплавильному производству комбината исполнилось 80 лет. (08.07.1933 г. первая мартеновская печь Магнитки выдала первую сталь). За это время сталевары ММК выпустили почти 750 млн т стали – настоящая река жидкого металла, способная несколько раз опоясать земной шар. К концу 1980-х годов здесь работали три мартеновских цеха, в составе которых было 35 печей, и выплавка стали на Магнитке достигла 16 млн т. В 1990 г. вошел в строй кислородно-конвертерный цех, в котором сегодня работают три большегрузных конвертера мощностью более 10 млн т/год. В 2012 г. ККЦ преодолел отметку в 150 млн т выплавленной стали. Были выведены из эксплуатации мартеновские цехи №№ 2 и 3, а в корпусе мартеновского цеха № 1 создан электросталеплавильный – в 2006 г. ввели в эксплуатацию две крупнейшие в России дуговые электропечи общей мощностью 4 млн т/год стали. Тогда же с пуском в ЭСПЦ двух сортовых и слябовой МНЛЗ комбинат полностью отказался от разлива стали в изложницы. ЭСПЦ не так давно «перешагнул» отметку в 10 млн т электростали.

Комбинат поставил судосталь, произведенную на толстолистовом стане 5000, для кормовой части десантного корабля-вертолетоносца «Владивосток» типа «Мистраль», который летом этого

года Балтийский завод (г. Санкт-Петербург) спустил на воду и официально передал компании STX France (Франция). После того как на французских верфях произойдет окончательная сборка корабля, осенью 2014 г. первый «Мистраль» может быть доставлен в Россию, где осуществят его окончательную достройку и оснащение всем недостающим оборудованием. Напомним, что в сентябре 2012 г. ММК получил одобрение процесса производства судостали сертифицированным обществом Bureau Veritas (Франция) именно в связи с поставками судостали для вертолетоносца типа «Мистраль», который должен поступить на вооружение ВМФ России.

На ММК строится комплекс по обезвоживанию конвертерных шламов. Обезвоженные шламы будут передавать в горно-обогательное производство комбината, а затем в доменный цех, а осветленную воду возвращать в оборотный цикл. Таким образом, комбинат дополнительно получит собственное металлосодержащее сырье, что позволит сократить расход покупного железорудного концентрата. Поставщик основного оборудования – компания Simet (Италия). Комплекс планируется ввести в строй в 2014 г.

Директором по корпоративным вопросам и социальным программам комбината назначен С.Кривошеков (52 года), ранее работавший директором департамента управления собственностью «Управляющей компании (УК) ММК»; директором по безопасности комбината назначен А.Ненашев (58 лет), ранее работавший директором департамента безопасности УК ММК, а И.Сеничев (43 года), ранее работавший директором по корпоративным вопросам и социальным программам ММК, возглавил компанию «ММК–Профиль–Москва» – общество Группы ММК.

♦
ОАО «Череповецкий металлургический комбинат» (ЧерМК). В июне со стана 1700 отгружено 117,5 тыс. т рулонного проката

– это рекордный объем с момента пуска стана. Предыдущая рекордная отгрузка была в сентябре 2012 г. – почти 115 тыс. т рулонного проката.

♦
ООО «Северсталь-Вторчермет». Генеральным директором компании назначен О.Титов, ранее работавший заместителем директора по управлению удаленными активами в производственно-технической дирекции. Его основные стратегические задачи в новой должности – выработка мероприятий по снижению себестоимости лома в совке и организация передачи функции по переработке лома из копрового цеха ЧерМК в «Северсталь-Вторчермет» с максимальной эффективностью. Предыдущий генеральный директор А.Костылев назначен коммерческим директором компании.

♦
ООО «Вторчермет НЛМК». В этом году введены в эксплуатацию пять гидравлических полумобильных пресс-ножниц CVF 630T компании SOPEX (Франция), установленных в Центральном, Приволжском и Уральском округах России. По словам генерального директора SOPEX Ф.Малина, полумобильные пресс-ножницы с пресс-камерой длиной 5,6 м и усилием реза 630 т позволяют достичь производительности порядка 35 тыс. т/год благодаря особо быстрому темпу 3–5 резов/мин. Эти многофункциональные машины способны резать и пакетировать. В частности, они адаптированы для переработки спаянных конструкций, списанной автотехники и сборного металлолома. Пять пресс-ножниц CVF 630T дополняют 11 уже работающих пресс-ножниц CVB 1000T, приобретенных Вторчерметом НЛМК у SOPEX с 2005 г., с помощью которых в 2012 г. было переработано более 3 млн т металлолома.

♦
ОАО «Мечел». Общее годовое собрание акционеров решило не выплачивать дивиденды по итогам работы в 2012 г. по обыкновенным именованным бездокументарным

акциям, выплатить дивиденды по привилегированным именованным бездокументарным акциям в размере 5 коп. за акцию, а также избрало новый совет директоров (9 чел.). Всего на выплату дивидендов будет направлено около 6,94 млн руб. (около 221,97 тыс. долл.), а остаток прибыли (более 19,17 млрд руб. или около 613,48 млн долл.) остался нераспределенным.

♦
ОАО «Челябинский металлургический комбинат» (ЧМК). ЧМК поставил холдингу «Вертолеты России» новую высокопрочную сталь. Высококачественную сталь выплавляли в ноябре 2012 г. Продукция отлично выдержала предварительные технологические испытания и в настоящее время передана в промышленное производство. Такая сталь необходима для изготовления особо ответственных узлов в современном вертолестроении. Нержавеющая высокопрочная сталь ЧМК будет использоваться в производстве отдельных узлов легкого многоцелевого вертолета Ка-226(Т), предназначенного для корпоративных и частных перевозок и выполнения различных специальных операций и спасательных миссий. Этот вертолет, оснащенный двигателями, обеспечивающими высокую грузоподъемность и высоту полета (до 7,5 км), а также соосной (двухвинтовой) несущей системой, по оценкам экспертов, является одним из самых экологичных и безопасных в своем классе. Высокопрочная сталь ЧМК будет использоваться и в производстве разведывательно-ударного вертолета Ка-52 «Аллигатор» – одной из самых совершенных боевых машин в своем классе. На сегодняшний день этот вертолет выпускается серийно и состоит на вооружении ВВС России. В планах холдинга «Вертолеты России» в дальнейшем использовать новую сталь не только для производства важных узлов Ка-52 и Ка-226(Т), но и для вертолетов марки «Ми».

♦
ОАО «Металлоинвест». Общее годовое собрание акционеров решило не выплачивать дивиден-

ды по итогам работы в 2012 г., а полученную прибыль оставить в распоряжении компании. Напомним, что по итогам 2011 г. дивиденды выплачивали в размере 0,11 руб./акцию – всего 8,81 млрд руб. или около 290 млн долл. За 2010 г. выплаты составили 267 млн долл., а за 2009 г. – 211 млн долл.

◆
ОАО «Волжский трубный завод» (ВТЗ). Завод поставил компании «Транснефть» партию труб диам. 1020 мм для реконструкции магистрального нефтепровода «Дружба». Трубы произведены в соответствии с особыми требованиями «Транснефти», регламентирующими высокую точность при снятии внутреннего и наружного усиления по концам труб. На них нанесли трехслойное защитное наружное покрытие, а внутреннюю поверхность обработали дробе-метными установками. Напомним, что «Дружба» – крупнейшая в мире система магистральных нефтепроводов общей протяженностью 8,9 тыс. км, из которых 3,9 тыс. км проложены по территории России. Почти полвека эта главная нефтяная артерия снабжает страны Восточной Европы нефтью Волгоуральского нефтегазового района.

◆
ОАО «Выксунский металлургический завод» (ВМЗ). Росбанк предоставил ВМЗ кредитную линию на сумму 1,3 млрд руб. сроком на 1 год для обеспечения текущей деятельности завода.

◆
ОАО «Челябинский трубопрокатный завод» (ЧТПЗ). Общее годовое собрание акционеров решило не выплачивать дивиденды по итогам работы в 2012 г. и избрало новый совет директоров (7 чел.). Напомним, что по итогам 2009–2011 гг. дивиденды также не выплачивали.

◆
ОАО «Металлургический завод им. А.К.Серова». Для промышленной уборки цехов завода введен в эксплуатацию вакуумный пылесос итальянского производства стоимостью около 14 млн руб.,

позволяющий собирать и утилизировать до 30 т/мес. пыли. Он установлен на базе грузового автомобиля, что делает его мобильным. Мощная уборочная техника позволила снизить долю ручного труда и упростила уборку и очистку труднодоступных мест.

◆
ОАО «Альметьевский трубный завод» (АТЗ). В I полугодии произведено 104,58 тыс. т труб, что на 6,3% больше, чем за аналогичный период 2012 г., и отгружено потребителям 108,61 тыс. т труб собственного производства (+ 6,9%).

◆
ОАО «Карельский окатыш» (Костамукшский ГОК). На дробильно-обогадательной фабрике (ДОФ) введена в строй первая конусная дробилка среднего дробления КСД-3000Т-Д (из четырех, поставленных Уралмашзаводом). Дробилки характеризуются усиленной конструкцией системы регулирования разгрузочной щели и усовершенствованной системой гидравлики, оснащены новыми установками смазки с воздушным охлаждением масла, а также современными АСУ и системами диагностики. По словам главного инженера ДОФ В.Непочатых, новая дробилка способна перерабатывать до 1,2 тыс. т/ч руды, что на 50% больше прежнего объема. При этом значительно возросла производительность всего технологического цикла производства окатышей. После ввода дробилки в эксплуатацию на обслуживание оборудования по соблюдению класса дробления руды ежедневно затрачивается в 1,5 раза меньше времени. Кроме того, воздушная система охлаждения (вместо водяной) позволяет сократить расход технической воды. До конца этого года планируется ввести в строй еще три такие дробилки (общие инвестиции в проект превысят 311 млн руб.).

◆
ОАО «Олкон» (Оленегорский ГОК). На комбинате завершается реализация проекта по внедрению технологии тонкого грохочения

(стоимость проекта превышает 160 млн руб.), что позволит повысить эффективность обогащения и качество железорудного концентрата. Предусмотрена замена гидроциклонов грохотами Derrick Stack Sizer на четырех секциях обогащения дробильно-обогадательной фабрики с целью снижения операционных и энергетических затрат, улучшения качества грохочения и стабилизации качества концентрата. До июля 1913 г. установлены 13 из 20 высокочастотных грохотов производительностью до 150 т/ч продукта каждый. Тонкое грохочение – одна из самых эффективных технологий обогащения, позволяющая обеспечить наименьшее потребление электроэнергии на переделе измельчения. Классификация частиц по их крупности с использованием тонкого грохочения позволяет повысить эффективность до 90%. По словам генерального директора ГОКа А.Попова, в настоящее время на комбинате применяют несколько способов классификации с эффективностью 30–55%, а внедрение всего комплекса технологий тонкого грохочения позволит повысить эффективность классификации готового продукта на переделе измельчения почти вдвое. В настоящее время из работы выведены пять секций сепарации и дешламации, что позволило снизить затраты на электроэнергию и техническое обслуживание, а также стабилизировать качество железорудного концентрата. До конца 2013 г. намечено ввести в строй остальные семь высокочастотных грохотов.

◆
ОАО «ЕВРАЗ Высокогорский ГОК» (ВГОК). В мае ВГОК отгрузил Челябинскому металлургическому комбинату (ЧМК) пробные партии агломерата (9 тыс. т). После пробных плавов и промышленных испытаний в доменных печах металлурги ЧМК положительно оценили качество высокогорского агломерата. С июня ГОК расширил рынок сбыта продукции и начал отгружать ее на постоянной основе – в июне на ЧМК отгрузили 25 тыс. т агломерата, а в дальнейшем

планируется отправлять по 50 тыс. т/мес. Комбинат производит для ЧМК агломерат с содержанием железа более 59%, содержание мелочи не превышает 9,8%, а основность составляет 0,25–0,45. Для достижения требуемого качества в Лебяжинском аглоцехе ВГОКа используют сырой сидерит, приобретаемый в Бакальском рудоуправлении.

◆
ОАО «Кимкано-Сутарский ГОК» (КСГОК). В начале июля подъездной железнодорожный путь строящегося в Еврейской автономной обл. комбината примкнул к Транссибу. По словам начальника железнодорожного цеха ГОКа С.Суворова, на территории комбината будет расположена станция «Промышленная», от которой «по отдельной ветке через железнодорожный мост (путепровод) в адрес потребителей пойдут составы с железорудным концентратом по Транссибирской магистрали. Станция и вся прилегающая к ней железнодорожная инфраструктура должны быть сданы к времени пуска комбината в 2014 г.».

◆
ОАО ГМК «Норильский никель» (ГМКНН). ГМКНН приступил к реализации одного из важнейших экологических проектов – Утилизации солевого стока никелевого рафинирования в Мурманской обл., который позволит нейтрализовать негативное влияние никелевого производства на экосистемы водных объектов, прилегающих к промышленной площадке Кольской ГМК (КГМК) в г. Мончегорске. В основу проекта заложена технология полной выпарки солевого стока – жидких отходов, образующихся в результате применения химикатов при производстве электролитного никеля. В результате выпаривания стоков вода приобретет характеристики дистиллированной, а удаленные из них вредные компоненты – сульфат и хлорид натрия преобразуются в товарную продукцию. Общая стоимость проекта – около 1,5 млрд руб. Ожи-

дается, что после его реализации выбросы хлорида натрия и бора сократятся практически до нуля, а сульфата натрия – почти в четыре раза. Реализовать проект планируется в течение двух лет. По словам первого заместителя генерального директора ГМКНН Е.Яковлева, проект утилизации солевого стока, реализуемый на КГМК, для России так же уникален, как проект утилизации диоксида серы, к реализации которого приступает Заполярный филиал. «Решение экологических проблем регионов присутствия и минимизация наносимого окружающей среде вреда является одним из ключевых приоритетов ГМКНН».

◆
ОАО «Саяногорский алюминиевый завод» (САЗ). В начале июля на САЗе произвели 10-миллионную тонну алюминия. История завода и отсчет производства металла начались 21.04.1985 г., когда была выпущена первая продукция. Сегодня, по оценкам экспертов, САЗ относится к самым эффективным и экологически безопасным заводам отрасли не только в России, но и в международном масштабе, он входит в число наиболее динамично развивающихся предприятий мира. Производство алюминия осуществляется на основе передовой, экологически чистой технологии с применением обожженных анодов. САЗ занимает третье место в стране по мощности и первое – по технико-экономическим показателям. На техническое развитие завода за последние 10 лет РосАл выделил более 200 млн долл., что позволило модернизировать производство, увеличить долю сплавов в товарной продукции, реализовать программу повышения силы тока в электролизном производстве и ввести в эксплуатацию новые электролизеры. По словам управляющего директора завода А.Савченко, «завод уверенно выполняет все производственные программы по объему и качеству выпускаемой продукции, снижению расходных коэффициентов по основным видам сырья и электро-

энергии. Выпуск продукции возрос с 285 тыс. т в 1994 г. до 835 тыс. т в 2012 г. Для нас очень важен тот факт, что, увеличивая объемы производства, внедряя системы автоматизации и средства механизации, завод не ухудшает состояние окружающей природной среды».

◆
ОАО «Корпорация «ВСМПО-Ависма». Уральский филиал Росбанка и корпорация подписали кредитное соглашение на сумму 30 млн долл. сроком на 18 мес. Эти средства будут направлены на пополнение оборотных средств компании.

◆
ОАО «Уралэлектромедь». На новом участке производства теллура, открытом в апреле 2013 г. (стоимость проекта – 105 млн руб.), выпущена первая партия продукции. Качество полученного теллура (по содержанию примесей) соответствует требованиям ГОСТ. По словам начальника отделения производства селена и теллура химико-металлургического цеха «Уралэлектромеди» М.Корякина, получение теллура – сложный технологический процесс, включающий несколько стадий, начиная от сульфатизации медеэлектролитного шлама и заканчивая восстановлением готового продукта из щелочных растворов. На участке задействованы современные реакторы очистки теллура, насосы, фильтр-прессы импортного и отечественного производства, используется мощная система вентиляции. С пуском нового участка выпуск теллура возрастет с 30 до 40 т/год.

◆
ОАО «Челябинский цинковый завод» (ЧЦЗ). Общее годовое собрание акционеров решило по результатам 2012 г. дивиденды не выплачивать, полученную прибыль направить на финансирование инвестиционной деятельности, избрано новый совет директоров (7 чел.).

◆
ОАО «Новосибирский оловянный комбинат» (НОК). Кредиторы НОКа решили, что ком-

бинат невозможно оздоровить и его нужно обанкротить. Теперь это решение должен утвердить арбитражный суд. По данным газеты «Коммерсантъ», единственному российскому производителю олова не на чем работать – большинство отечественных ГОКов закрылось, а на зарубежный рынок сырья пробиться почти невозможно. Напомним, что НОК, введенный в эксплуатацию в 1942 г., был монополистом на российском рынке олова и припоев. В 2000–2006 гг. НОК активно наращивал собственную сырьевую базу, но с 2009 г. производство стало снижаться в результате изменения конъюнктуры рынка и банкротства почти всех ГОКов. В 2011 г. НОК произвел 725,8 т товарного олова (51% от плана) и получил убыток в 31,3 млн руб. В 2012 г. произведено 900 т олова.

◆
ОАО «Горевский ГОК» (Красноярский край). В 2013 г. намечено увеличить инвестиции в основное производство до 593,8 млн руб. или в 3,4 раза. При этом основная часть инвестиций (539 млн руб. или 90,8%) будет направлена на строительство дамбы на южном берегу р. Ангара и перенос судового хода, что позволит ГОКу получить доступ к новым запасам Горевского месторождения свинцово-цинковых руд. Кроме того, в этом году комбинат выделяет 49 млн руб. на поддержание проектной мощности карьера на уровне 2,5 млн т/год руды.

УКРАИНА

В I полугодии предприятия горно-металлургического комплекса (ГМК) Украины произвели около 8,84 млн т кокса 6%-ной влажности, что на 9,8% меньше, чем за аналогичный период 2012 г., 14,48 млн т чугуна (– 0,3%), 16,54 млн т стали (– 1,8%), 14,68 млн т проката (– 2%), 847,7 тыс. т стальных труб (– 24,5%) и 113 тыс. т метизов (+ 12%). При этом на предприятия ГМК было поставлено 2,25 млн т металлолома (– 13%). Украинские горнорудные предприятия добыли 41,59 млн т железной руды (+ 4%) и произвели

34,49 млн т железорудного концентрата (+ 4%). Выпуск подготовленного железорудного сырья превысил 33,55 млн т (+ 1%), в том числе 21,71 млн т агломерата (на уровне I полугодия 2012 г.) и 11,84 млн т окатышей (+ 4%). Угледобывающие предприятия Украины добыли около 11,88 млн т коксующихся углей (– 6,1%). По данным «Металлургпрома», в 2013 г. металлургические предприятия Украины планируют выпустить 29,9 млн т чугуна, что на 4,6% больше, чем в прошлом году, 34,4 млн т стали (+ 5,6%) и 31 млн т проката (+ 6,4%). В то же время по данным «Укрпромвнешэкспертизы», украинские металлурги в этом году выплавят только 33,7 млн т стали (+ 3%), из которых на внутреннем рынке в лучшем случае продадут 8,6 млн т.

◆
 В I полугодии на экспорт было отгружено 19,14 млн т железорудного сырья (ЖРС), что на 11% больше, чем за аналогичный период 2012 г., а импортировано 1425 тыс. т ЖРС (+ 32%).

◆
 По данным «Металлургпрома», за 6 мес. 2013 г. украинские металлургические предприятия потребили 1658 млн м³ природного газа. При этом среднесуточное его потребление составило 9,2 млн м³ против 11,9 млн м³ в I полугодии 2012 г. и 10,6 млн м³ в 2012 г. в целом.

◆
 По состоянию на 01.07.2013 г. на металлургических предприятиях Украины работали 27 доменных печей из 36 (75%), 18 конвертеров из 21 (85,7%), 10 мартеновских печей из 16 (62,5%) и 5 электропечей из 15 (33,3%).

◆
 Кабинет министров разрешил импорт кокса и полукокса и установил квоту в размере 210 тыс. т на 2013 г. на импорт: кокса и полукокса из каменного угля для производства электродов; кокса и полукокса из каменного угля; кокса и полукокса из лигнита, а также бурого угля; кокса и полукокса из торфа и угля ретортного (ранее на ввоз этой продукции распро-

странялась нулевая квота). Инициатором такого решения выступил металлургический комбинат «АрселорМиттал Кривой Рог» (АМКР), который (по данным «Металлургпрома») в 2012 г. ежемесячно потреблял в среднем 250 тыс. т кокса, в том числе около 100 тыс. т импортного. В 2013 г. из-за спада производства вследствие падения спроса и неблагоприятной конъюнктуры цен на металл в мире комбинат просил правительство позволить импортировать не менее 60 тыс. т/мес. кокса. По словам главы представительства АМКР в Киеве В.Ткаченко, «наша бизнес-модель построена таким образом, что мы, как часть транснациональной корпорации ArcelorMittal, располагающей активами в том числе в Польше и Казахстане, поставляем туда из Украины железорудное сырье, а обратно в тех же вагонах везем кокс. Поэтому мы однозначно поддерживаем решение правительства».

◆
 В начале июля холдинг «Метинвест» официально заявил, что консолидировал 99,5% уставного капитала Центрального ГОКа, 78,3% уставного капитала Северного ГОКа, 85,6% уставного капитала Ингулецкого ГОКа, 51% уставного капитала «Запорожжкокса» и 69,9% уставного капитала «Донецккокса».

◆
 Депутаты Кременчугского райсовета утвердили схему развития района, предусматривающую строительство **Белановского ГОКа** (за это решение проголосовали 24 депутата из 27 присутствующих). Этот ГОК был основан в декабре 2009 г. Областные власти предоставили ему разрешение на подготовку материалов согласования места расположения Белановского и Галещинского месторождений железистых кварцитов. Будущий карьер ГОКа площадью 6 тыс. км² начнется от железнодорожной станции «Потоки» и протянется на север на 6 км. Запасы руды на этой площади превышают 1 млрд т.

По словам руководителя проекта NSPA (агентство НАТО по материально-техническому обеспечению) на Украине В.Литвинчука, НАТО предложит Украине порезать на части и переплавить старые советские танки Т-64. Уничтожение танков профинансируют страны-доноры в рамках проекта Тростового фонда программы НАТО «Партнерство во имя мира», который был начат в 2006 г. По этому проекту в течение 12 лет в четыре этапа планируется утилизировать 133 тыс. т боеприпасов и 1,5 млн единиц стрелкового оружия и легкого вооружения. Следует отметить, что Украина уже научилась модернизировать эти танки. Т-64БМ «Булат» находится на вооружении украинской армии. Стоимость модернизации одного танка составляет примерно в 460 тыс. долл., т.е. Т-64 можно модернизировать и продать за рубеж или переоборудовать в спецтехнику. По данным Центра исследования армии, конверсии и разоружения, на украинских складах находится около 2000 единиц избыточной танковой техники, которую потенциально можно утилизировать. Избыточное имущество Министерства обороны Украины оценивается в 9 млрд грн (около 1,25 млрд долл.). В 2012 г. было продано избыточного имущества на 310 млн грн (38,75 млн долл.). По словам В.Литвинчука, США неофициально подтвердили готовность выделить 1 млн долл. на утилизацию украинской военной техники.

ПАО «Мариупольский металлургический комбинат им. Ильича». В I полугодии произведено 28,5 тыс. т труб, что на 6,3% больше чем за 6 мес. 2012 г.

ПАО «Днепропетровский металлургический комбинат им. Дзержинского» (ДМКД). По словам генерального директора комбината М.Завгороднего, в августе 2014 г. планируется завершить монтаж оборудования установки десульфурации чугуна и присту-

пить к пусконаладочным работам. Поставщик базисного инжиниринга и основного технологического оборудования – компания Polysius ThyssenKrupp (Германия). Он также сообщил, что в феврале 2014 г. намечено завершить строительство установки вдувания пылеугольного топлива (ПУТ) и начать пусконаладочные работы, отметив, что ее строительство пока укладывается в график. В 2012–2013 г. корпорация ИСД планирует инвестировать в развитие ДМКД около 240 млн долл., в том числе около 100 млн долл. – в строительство комплекса установки вдувания ПУТ и установки десульфурации чугуна. Среди других ключевых проектов – реконструкция стана 350 с переоснащением на стан 400/200 в сортопрокатном цехе (ориентировочная стоимость проекта – 100 млн долл.). Ожидаемый срок окупаемости инвестиций по разным проектам – от 4 до 5,5 лет. Ранее сообщалось, что ДМКД намерен к 2017 г. нарастить выплавку стали до 5,3 млн т/год.

ПАО «Харьковский трубный завод» (ХТЗ). В I полугодии произведено 127,1 тыс. т труб – на 53,4% меньше, чем за 6 мес. 2012 г.

ПАО «Интерпайп-НТЗ». В I полугодии произведено 188 тыс. т труб – на 13,1% меньше, чем за 6 мес. 2012 г.

ПАО «Интерпайп-НМТЗ». В I полугодии произведено 112,4 тыс. т труб – на 24,9% больше, чем за 6 мес. 2012 г.

ПАО «Интерпайп Никотьюб». В I полугодии произведено 204,8 тыс. т труб – на 4,6% меньше, чем за 6 мес. 2012 г.

ПАО «Луганский трубный завод» (ЛТЗ). Завод по-прежнему простаивает, тогда как за 6 мес. 2012 г. произвел 107,3 тыс. т труб.

ПАО «Коминмет». В I полугодии произведено 121,2 тыс. т труб – на 0,8% меньше, чем за 6 мес. 2012 г.

ПАО «Полтавский ГОК» (ПГОК). В I полугодии добыто более 15,81 млн т железной руды – на 5,6% больше, чем за 6 мес. 2012 г., и произведено более 5,41 млн т концентрата (– 5,7%) и 5246 тыс. т окатышей (+ 11%), в том числе 2324,4 тыс. т окатышей с содержанием железа 65% (+ 6,2%) и 2921,4 тыс. т с содержанием железа 62% (+ 15,2%).

ПАО «Еристовский ГОК» (ЕГОК). В I полугодии добыто около 2,97 млн т железной руды и произведено 1024,5 тыс. т концентрата и 858,8 тыс. т окатышей, в том числе 223,1 тыс. т окатышей с содержанием железа 65% и 635,7 тыс. т с содержанием железа 62%. Сопоставимых данных за I полугодие 2012 г. нет, так как ЕГОК приступил к добыче руды в середине 2012 г.

КАЗАХСТАН

ОАО «Казахмыс». Подписан контракт с компанией Sandvik Mining (Швеция) на поставку семи буровых установок для взрывных скважин Sandvik D55SP для работы на двух крупных месторождениях меди Казахстана – Актогай и Бозшаколь. На рудник Актогай планируется поставить три установки, а на Бозшаколь – четыре машины, одна из которых будет оснащена погружным пневмоударником. Дизельная самоходная буровая установка на гусеничном ходу поставляется с компрессором низкого давления для вращательного бурения, а установка с погружным пневмоударником – с компрессором высокого давления. Буровая установка Sandvik D55SP справляется с бурением за один заход, в том числе и под углом в стандартной конфигурации. Особенно эффективно станок работает в мягких и средних породах, где производительность заметно возрастает. Диаметр пробуриваемых скважин составляет 172–254 мм, глубина бурения за один заход достигает 17 м. Разработка месторождения Бозшаколь – крупнейший горнорудный проект на постсоветском

пространстве как по масштабам, так и по объему добычи. Среднегодовое производство меди в концентрате – 75 тыс. т в течение 40 лет. Рудное тело в месторождении Бозшаколь имеет ценную попутную продукцию – золото и молибден. Начало опытной добычи ожидается в 2014 г., а переработка первой руды на обогатительной фабрике – в 2015 г. Инвестиции составят около 1,9 млрд долл. Месторождение Актогай расположено на юго-востоке Казахстана и будет разрабатываться открытым способом со строительством обогатительной фабрики около рудника. Сооружение комплекса должны были начать в I полугодии 2013 г., а строительство фабрики по переработке сульфидной руды планируется завершить в начале 2016 г. Инвестиции составят около 2 млрд долл.

♦
За 6 мес. 2013 г. на гидрометаллургическом заводе компании Central Asia Metals выпущено около 4,86 тыс. т меди и до конца года намечено выйти на уровень 10 тыс. т.

В конце апреля 2012 г. Central Asia Metals ввела в строй гидрометаллургический завод, перерабатывающий отвалы, сформировавшиеся в процессе деятельности Коунрадского рудника. В настоящее время проводятся эксперименты по возможности повышения мощности завода.

АЗЕРБАЙДЖАН

Компания Anglo Asian Mining (AAM) сообщила, что работа ее азербайджанского золотомедного проекта Gedabek идет в запланированном режиме и ориентируется на добычу 60 тыс. унций золота в этом году. AAM заключила новое соглашение о поставках в июле–августе 750 т медного концентрата компании Seagate Minerals and Metals Inc. (пробные партии концентрата этой компании были поставлены в I кв. 2013 г.). К настоящему времени уже отгружено 1750 т медного концентрата. AAM стремится достичь к концу 2013 г. операционных издержек 450–500 долл./унцию золота. На Gedabek также производится и серебро.

УЗБЕКИСТАН

АПО «Узметкомбинат» (Узбекский металлургический комбинат). В I полугодии произведено 381,1 тыс. т стали – на 1% больше, чем за 6 мес. 2012 г., и 366,8 тыс. т готового проката (+ 0,8%).

ЛАТВИЯ

ОАО «Liepajas metalurģis». Рижский окружной суд арестовал движимое и недвижимое имущество одного из крупнейших совладельцев металлургического завода И.Сегалю на общую сумму 1,4 млн латов. Решение было принято 20.06.2013 г. по иску компании Gesil Ltd о взыскании причиненных убытков и задолженности с И.Сегалю. В заявлении представитель Gesil Ltd попросил обеспечить иск через арест имущества бизнесмена. Судебное решение подразумевает наложение ареста на земельный участок в г. Риге (сумма по иску – 450 тыс. латов), квартиры в Юрмале (23 тыс. латов) и Риге (14 тыс. латов), а также земельный участок (464 лата) и ценные бумаги (930 тыс. латов). Завод является крупнейшим работодателем г. Лиепай – здесь трудятся около 2000 чел.

По страницам российских и зарубежных газет и журналов в июне–июле
Подготовил А.М.Неменов

13-Й МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНГРЕСС СТАЛЕПЛАВИЛЬЩИКОВ

12–18 октября 2014 г., г. Полевской Свердловской области

Межрегиональная общественная организация «Ассоциация сталеплавильщиков» и ОАО «Трубная металлургическая компания» проводят на базе Северского трубного завода в период с 12 по 18 октября 2014 г. очередной 13-й Международный конгресс сталеплавильщиков.

Девиз Конгресса: «**Сталь: ответ требованиям времени**».

Приглашаем специалистов металлургических комбинатов, заводов, предприятий, организаций, фирм, ученых научно-исследовательских организаций и высших учебных заведений, аспирантов и студентов принять участие в работе Конгресса. Вся информация об условиях участия в работе Конгресса, регистрации участников Конгресса, организационном взносе, подготовке текстов докладов и издании трудов Конгресса размещена на сайте www.tmkgroup.ru.

Для формирования Программы Конгресса необходимо направить до 01.04.2014 г. сообщение в Оргкомитет по e-mail: steelcongress@yandex.ru.

В сообщениях указывать наименование докладов с указанием авторов, докладчиков, организации и электронного адреса докладчика. Статьи для сборника трудов Конгресса можно присылать в электронном виде до 15 июля 2014 г.

Сборник трудов будет издан до начала Конгресса и предоставлен во время Конгресса всем участникам, оплатившим организационный взнос.

Телефон в Москве: +7(495)7779495 – Журавлёв Валентин Вадимович.

Телефон для связи в г. Полевской: +7(34350)35201 – Степанов Александр Игоревич.

Оргкомитет

УДК 622.78

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ РУДОУГОЛЬНЫХ БРИКЕТОВ ЭКСТРУЗИИ (БРЭКСОВ)

© **Бижанов Айтбер Махачевич¹; Курунов Иван Филиппович²**, д-р техн. наук, проф.;
Павлов Александр Васильевич³, д-р техн. наук, проф.; **Чадаева Ольга Владимировна³**;
Чижов Павел Сергеевич⁴, канд. хим. наук

¹ J.C.Steele&Sons, Inc. USA, Statesville, NC. E-mail: abizhanov@jcsteele.com

² ОАО «Новолипецкий металлургический комбинат». Россия, Липецк

³ Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС». Россия, Москва

⁴ Московский государственный университет. Россия, Москва

Статья поступила 28.06.2013 г.

Технология жесткой вакуумной экструзии, созданная компанией J.C.Steele&Sons, Inc, была применена для окускования железорудного концентрата и мелкодисперсного угля. Продукты экструзии (брэкс) были подвергнуты высокотемпературному восстановлению. Приведены результаты моделирования поведения брэксов в условиях, близких к условиям процесса ITmk3[®]. Показано, что рудоугольные брэкс могут рассматриваться в качестве альтернативы рудоугольным окатышам, используемым для высокотемпературного восстановления в печах типа печей с вращающимся подом.

Ключевые слова: брикет экструзии (брэкс); жесткая вакуумная экструзия; процесс ITmk3[®]; печь с вращающимся подом; нагетс; шелл.

Технология жесткой вакуумной экструзии, разработанная и успешно применяемая компанией J.C.Steele&Sons, Inc. (США) для окускования природных и техногенных материалов, находит все более широкое распространение. Основные отличительные особенности технологии, обусловившие ее привлекательность, были описаны нами ранее [1–3]. Изложенные в этих работах результаты относились к использованию брэксов в качестве компонента шихты доменных и дуговых печей (включая рудно-термические).

Настоящая статья посвящена изучению поведения рудоугольных брэксов в нейтральной атмосфере при температуре 1350–1370 °С, т.е. в условиях, частично моделирующих условия восстановления рудоугольных окатышей в процессе ITmk3[®], разработанном фирмой Kobe Steel Ltd. (Япония) [4–5]. Этот процесс реализуется в кольцевой камерной печи с вращающимся подом. Рудоугольные окатыши загружаются в один-два слоя на вращающийся огнеупорный под печи. Процесс их нагрева и восстановления оксидов железа осуществляется за один оборот пода в течение 10–15 мин при максимальной температуре в печи не менее 1350 °С. Оксиды железа восстанавливаются углеродом, входящим в состав рудоугольных окатышей или брикетов. Восстановленное железо в окатышах науглероживается,

частицы его плавятся и коагулируют, превращаясь в фасолеобразные капли чугуна крупностью 3–12 мм внутри образующейся размягченной шлаковой оболочки. При охлаждении в нейтральной атмосфере капли затвердевают, образуя чугунные гранулы («нагетсы»). Рудоугольные окатыши или брикеты загружаются на вращающийся под кольцевой печи в сыром (необожженном) виде. При этом прочностные свойства окатышей или брикетов должны обеспечивать сохранение их целостности в процессе нагрева и восстановления, а образующаяся шлаковая оболочка – предотвращать растекание жидкой капли чугуна.

В данной работе для исследования использовали рудоугольные брэкс, изготовленные на лабораторном экструдере компании J.C.Steele из смесей концентрата ливийской гематитовой железной руды (содержание железа 63,12%) с различными видами углей и связующих. В экспериментах использовали образцы брэксов диам. 2,5 и 1,25 см, круглого и овального сечений длиной, равной 1,5–2,0 диаметра.

Компонентный состав брэксов и их плотность, измеренная приборами Mettler MS603S и Mettler MS-DNY-43, приведены в табл. 1.

Результаты ситового анализа шубаркольского угля и угля Globe, выполненного в лаборатории J.C.Steele, приведены на рис. 1.

Таблица 1. Компонентный состав, форма и плотность брэсков

Образец брэкса	Компонент – доля, %				Плотность, г/см ³
	A	B	C	D	
№ 1 – диам. 1,25 см (круг)	Железная руда – 63,5	Уголь Globe* – 31,3	Бентонит – 0,5	Портландцемент – 4,7	2,207
№ 2 – 1,25×2,5 см (овал)	Железная руда – 63	Шубаркольский уголь** – 32	Портландцемент – 5	–	2,072
№ 3 – диам. 1,25 см (круг)	Железная руда – 63	Шубаркольский уголь** – 32	Портландцемент – 5	–	2,034
№ 4 – 1,25×2,5 см (овал)	Железная руда – 63	Шубаркольский уголь** – 31	Портландцемент – 5	Жидкое стекло – 1	2,036

* Насыпная плотность 768 кг/м³; влажность 7,8%; зола 4%; летучие 37,7%.
** Насыпная плотность 800 кг/м³; влажность 10%; зола 7,1%; летучие 38,5%; S 0,40%; P 0,021%.

Ниже приведен химический состав железорудного концентрата (*w* – содержание):

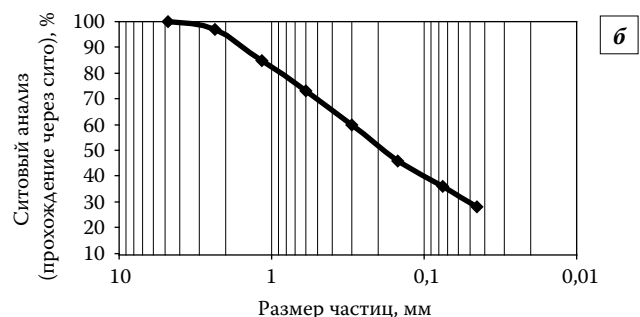
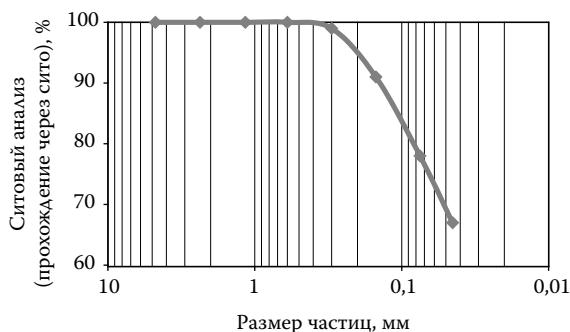
Компонент	<i>w</i> , %
Fe ₂ O ₃	90,18
SiO ₂	4,63
Al ₂ O ₃	3,11
MnO	0,807
CaO	0,346
MgO	0,337
Na ₂ O	0,163
P ₂ O ₅	0,129
TiO ₂	0,091
S	0,050
BaO	0,026
CuO	0,022
ZnO	0,021
NiO	0,017
Cl	0,016
Co ₃ O ₄	0,015

Лабораторный экструдер состоит из двух камер с герметичной насадкой между ними. В задней камере расположен трехдюймовый уплотняющий шнек, проталкивающий смесь через герметичную головку. Во второй камере располагается такой же трехдюймовый уплотняющий шнек для экструзии смеси через фильеру. В этой камере может создаваться вакуум. Перемешивание и увлажнение смеси перед экструзией про-

Таблица 2. Результаты бесстандартного рентгенофлуоресцентного анализа образца брэкса № 4

Компонент	Содержание, мас. %	
	ядро	оболочка
Fe ₂ O ₃	53,90	54,88
SiO ₂	5,34	5,06
CaO	5,22	4,92
Al ₂ O ₃	2,40	2,33
MgO	1,51	1,01
SO ₃	0,598	0,585
Na ₂ O	0,468	0,487
Cr ₂ O ₃	0,122	0,269
P ₂ O ₅	0,106	0,115
MnO	0,083	0,082
TiO ₂	0,077	0,077
K ₂ O	0,069	0,060
Cl	0,046	0,059
V ₂ O ₅	0,025	0,026
ZnO	0,023	0,019
Прочие	<0,01	<0,01
Неопределяемый остаток*, мас. %		
C	30	30

* Фиксированное расчетное содержание неопределяемого остатка при содержании угля 32% и зольности 7,1%.



Размер отверстия сита, мм: № 4 – 4,75; № 8 – 2,36; № 16 – 1,16; № 30 – 0,6; № 50 – 0,3; № 100 – 0,15; № 200 – 0,075; № 325 – 0,045

Рис. 1. Ситовый анализ: а – шубаркольский уголь (99% частиц с размером менее 0,3 мм); б – уголь Globe (73% частиц с размером менее 0,6 мм)

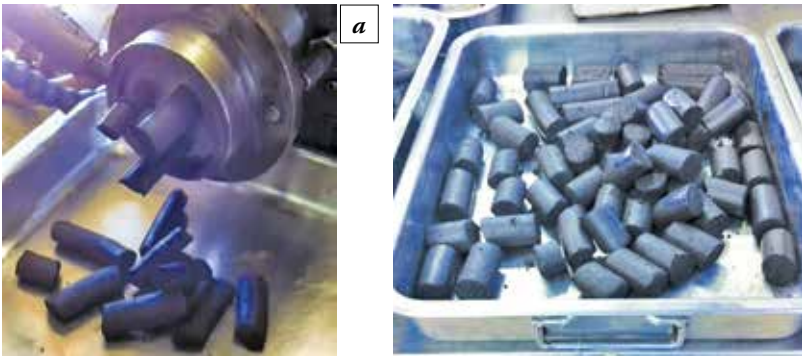


Рис. 2. Образцы брэсков: *а* – изготовление брэсков; *б* – внешний вид рудоугольных брэсков

изготавливали в смесителе компании Hobart. Все испытанные составы проявили высокую экструзионную способность. Внешний вид брэсков сразу после изготовления приведен на рис. 2.

Фазовый состав брэсков исследовали на примере образца № 4. Использовали аналитический комплекс ARL 9900 Workstation IP3600. Качественный фазовый анализ выполняли, используя базу данных

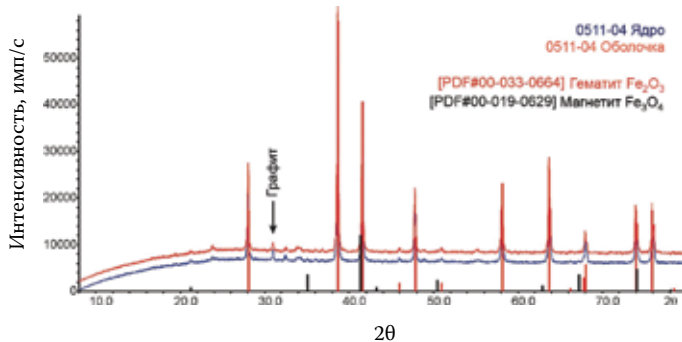


Рис. 3. Качественный рентгенофазовый анализ образца № 4

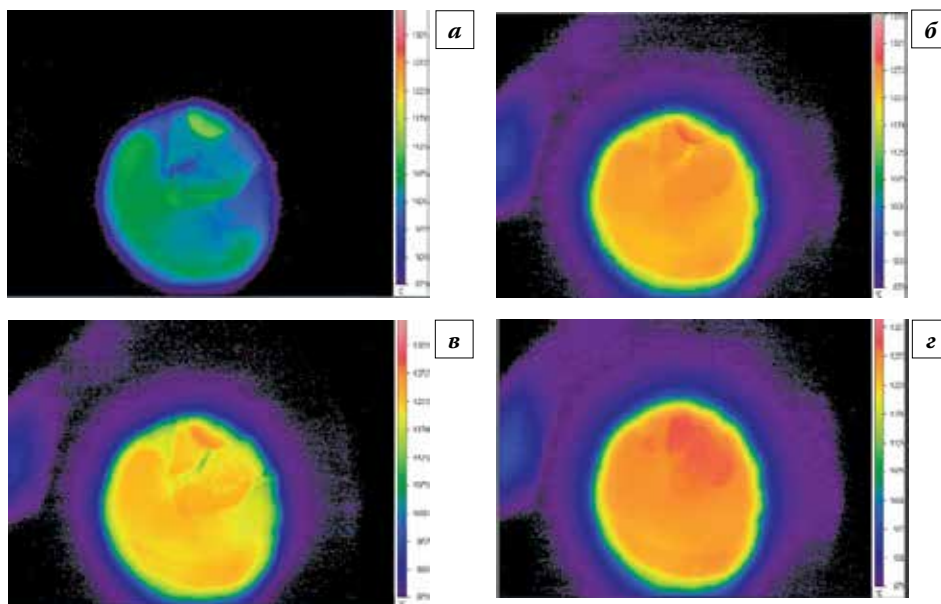


Рис. 4. Брэкс № 2: *а* – окончание выхода летучих, $t = 1$ мин; *б* – твердофазное восстановление, $t = 3,5$ мин; *в* – начало плавления, $t = 6$ мин; *г* – перед полным расплавлением, $t = 7$ мин

ICDD PDF-2 и программный пакет Crystallographica Search-Match. Бесстандартный количественный рентгенофазовый анализ проводили в программном комплексе Phase Quant X (ядро RIETAN-2000); для создания шаблонов применяли структурные модели из базы данных FIZ NIST ICSD. Исследовали пробы из поверхностного слоя (оболочка) и из осевой части (ядро) брэкса. Результаты (рис. 3 и табл. 2) показали достаточно высокую степень

однородности фазового состава брэсков. В образце № 4 основной фазой является гематит (Fe_2O_3) с малыми примесями замещенного магнетита (Fe_3O_4).

Эксперименты по восстановлению рудоугольных брэсков проводили в лабораторной электропечи сопротивления СШВЭ-1.2,5/25-И2 с контролируемой атмосферой и вертикальным расположением графитового нагревателя внутренним диам. 65 мм. В изотермической зоне нагревателя располагали рабочий сменный алундовый тигель (98% Al_2O_3).

Температуру в печи регулировали и стабилизировали с помощью регулировочной термопары ВР(А) 5/20, расположенной в изотермической зоне печи с внешней стороны нагревателя. Истинную температуру процесса измеряли второй измерительной термопарой ВР(А) 5/20, расположенной внутри нагревателя и опущенной сверху в рабочий алундовый тигель. Рабочую температуру 1360 °С поддерживали с точностью ± 10 °С.

Образцы брэсков подвергались сушке в течение 2 ч при температуре 110 °С для удаления гигроскопической влаги. Перед началом экспериментов в печи с установленным в ней рабочим сменным алундовым тиглем форвакуумным насосом создавали разрежение 10^{-1} Па и заполняли печь аргоном марки ВЧ. Затем открывали сброс газа в атмосферу и устанавливали расход аргона через печь 0,5 л/мин.

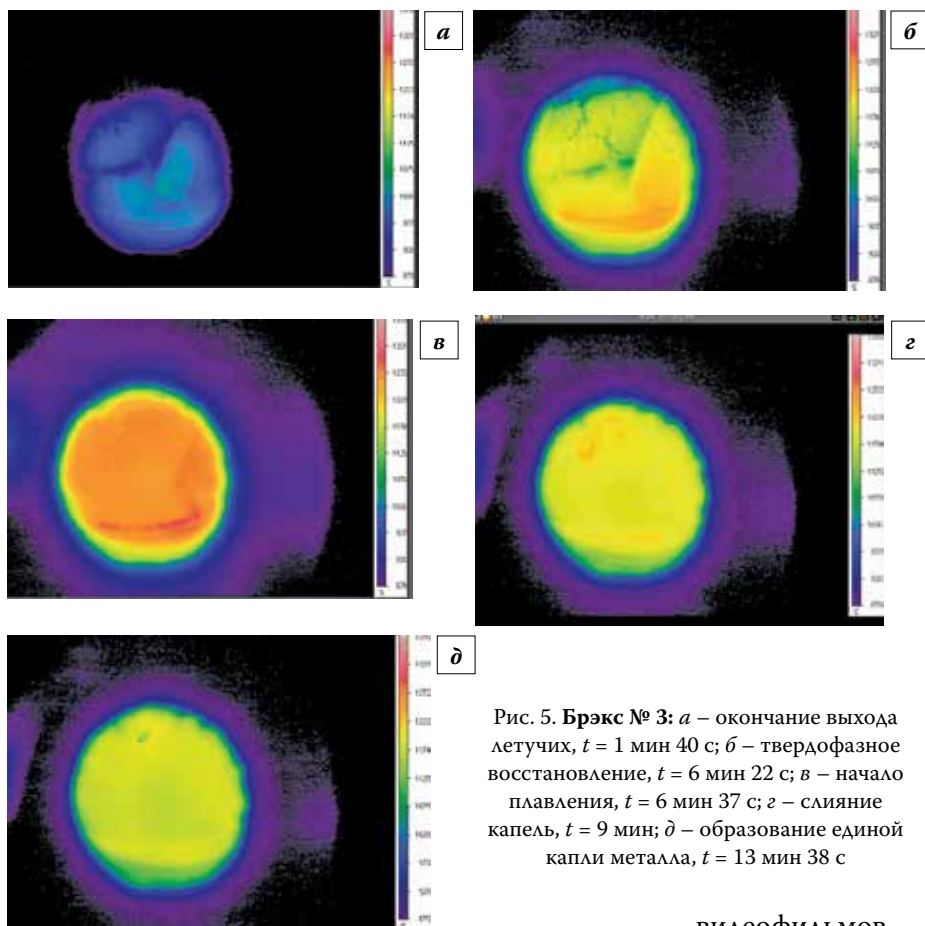


Рис. 5. Брэкс № 3: *а* – окончание выхода летучих, $t = 1 \text{ мин } 40 \text{ с}$; *б* – твердофазное восстановление, $t = 6 \text{ мин } 22 \text{ с}$; *в* – начало плавления, $t = 6 \text{ мин } 37 \text{ с}$; *г* – слияние капель, $t = 9 \text{ мин}$; *д* – образование единой капли металла, $t = 13 \text{ мин } 38 \text{ с}$



Рис. 6. Внешний вид продуктов восстановления образцов рудоугольных брэкс и шлака в тигле: *а* – № 2; *б* – № 3; *в* – № 4; *г* – № 1

Выключали нагрев печи, достигали заданной температуры и стабилизировали ее, затем через шлюз-дозатор в тигель сбрасывали испытуемый рудоугольный брэкс. Момент сброса считали началом эксперимента.

В ходе процесса записывали тепловизионный фильм с помощью тепловизора Pyrovision M9000 (Micron, США), показывающего температуру в каждой точке каждого кадра.

Исследуемый образец выдерживали в печи 15 мин, после чего печь разгерметизировали, тигель с образцом извлекали и закачивали на воздухе, в печь устанавливали новый рабочий тигель, а в дозатор – следующий брэкс. Печь закрывали, продували аргоном и после установления требуемой температуры экспериментальный цикл повторяли.

На рис. 4 и 5 показаны фотографии отдельных этапов восстановления и проплавления брэкс № 2 и № 3, сделанные на основе снятых

видеофильмов.

Во всех случаях высокая плотность брэкса и наличие большого количества летучих угля не помешали твердофазному характеру восстановления железа. В ходе интенсивного нагрева брэксы растрескивались, но оставались компактными. В конечном итоге из брэкс формировались жидкая металлическая капля (аналог наггетса) и капля шлака. В случае избытка восстановителя в брэксе образовывались металлизированные оболочки (аналоги шеллов), смешанные с каплями шлака. На рис. 6 приведены фотографии продуктов восстановления брэкс и шлака.

Химический состав металла (образец № 3) и шеллов приведен в табл. 3. Из-за повышенного содержания угля в брэксах концентрация углерода в металле составила 3,3–4,8%.

Образцы металла (аналогов наггетса и шеллов) были изучены также с использованием сканирующего электронного микроскопа Jeol JSM 6490 LV, который позволяет работать с увеличением до $\times 300\,000$ и ускоряющим напряжением 0,3–30 кВ. На рис. 7 приведены изображения образцов в отраженных электронах.

Все образцы, за исключением № 1, обладают сходной микроструктурой: островные неметаллические включения в металлической матрице. Наименьшим размером включений из трех об-

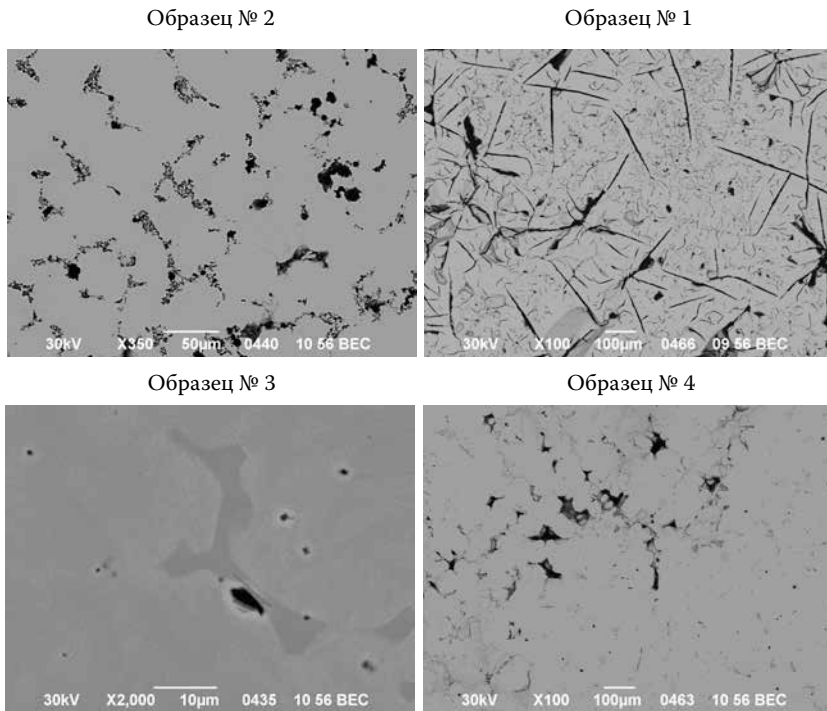


Рис. 7. Изображения образцов в отраженных электронах

Таблица 3. Химический состав металла (аналогов наггетсов и шеллов)

Содержание элемента, %	Образец № 2	Образец № 3	Образец № 4	Образец № 1
[Fe]*	96,05	94,08	94,99	95,53
[C]	3,333	4,800	3,610	3,740
[Si]	0,154	0,605	0,383	0,252
[Mn]	0,121	0,136	0,114	0,076
[S]	0,118	0,185	0,340	0,107
[P]	0,058	0,085	0,150	0,135
[Cu]	0,0074	0,0090	0,2510	0,0030
[Co]	0,1030	0,0343	0,0980	0,0905
[Ti]	0,0656	0,0570	0,0604	0,0580
[Zn]	0,0005	0,0050	0,0030	0,0060

* Определено по разности.

разцов характеризуется № 3 (10–20 мкм); в образце № 4 включения размером 80–90 мкм; в образце № 2 размеры включений составляют 50–60 мкм. Образец № 1 характеризуется неоднородностями линейной формы, шириной около 5–10 мкм, протяженностью 200–300 мкм, иногда звездчатой формы. В образце № 3 оксидные компоненты во включениях отсутствуют.

Заключение. Рудоугольные брэксы могут рассматриваться в качестве возможной альтернативы рудоугольным окатышам для использования в процессе ITmk3°.

Для окончательного заключения о пригодности брэксов для процесса необходимо проведение исследований по оптимизации их размеров и состава шлакообразующих оксидов в брэксе.

Библиографический список

1. Далмиа Й.К., Курунов И.Ф., Стил Р.Б., Бижанов А.М. Производство и проплавка в доменной печи брикетов нового поколения // *Металлург.* 2012. № 3. С. 39–41.
2. Курунов И.Ф., Бижанов А.М. Жесткая вакуумная экструзия Steele – перспективный способ окускования металлургического сырья и отходов // *Черная металлургия: Бюл. НТИЭИ.* 2012. № 4. С. 46–49.
3. Бижанов А.М., Стил Р.Б., Подгородецкий Г.С. и др. Брикеты экструзии (брэксы) для производства ферросплавов // *Металлург.* 2013. № 2. С. 44–49.
4. Kikuchi S., Ito S., Kobayashi I. et al. KOBELCO Technology Review. 2010. No 29 Dec. P. 77–84.
5. Курунов И.Ф., Савчук Н.А. Состояние и перспективы бездоменной металлургии железа. М.: Черметинформация, 2002. 198 с.

STUDY OF HIGH TEMPERATURE REDUCTION OF IRON ORE AND COAL EXTRUDED BRIQUETTES (BREXES)

© Bizhanov A.M.; Kurunov I.F., Dr Sc. (Eng.), prof.; Pavlov A.V., Dr Sc. (Eng.), prof.; Chadaeva O.V.; Chizhov P.S., Cand. Sc. (Chem.)

Stiff vacuum extrusion developed by J.C.Steele&Sons, Inc. has been applied for the agglomeration of the iron ore concentrate and fine coal. The products of agglomeration – extrusion briquettes (BREX) were subjected to the high temperature reduction. The present article is considering the results of the simulation of the brex behavior under the conditions similar to the ITmk3° process in general. It has been demonstrated that the iron ore and coal brex could be considered as the alternative to the iron and coal pellets for the high temperature reduction in furnaces like Rotary Hearth Furnace.

Keywords: extrusion briquette (brex); stiff vacuum extrusion; ITmk3° Process; Rotary Hearth Furnace; nuggets; shell.

УДК 669.162.22

СНИЖЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ЧЕРЕЗ ПОВЕРХНОСТЬ ВОЗДУШНЫХ ФУРМ ДОМЕННЫХ ПЕЧЕЙ

© Кириллова Наталья Лимовна; Радюк Александр Германович, д-р техн. наук, проф.;

Титлянов Александр Евграфович, канд. техн. наук

НИТУ «МИСиС», Россия, Москва. E-mail: radjuk@rambler.ru

Статья поступила 16.01.2013 г.

Приведена оценка коэффициентов теплоотдачи поверхностям воздушной фурмы от горна и горячего дутья для условий ДП-5 ОАО «НЛМК». Рассчитаны тепловые потери для фурмы с муллитокорундовой массой со стороны дутьевого канала и фурмы, в которой футеровка в виде вставки выполнена из композита: углеродная ткань с SiC-покрытием. Фурма со вставкой из композита апробирована в условиях ДП-5 ОАО «НЛМК».

Ключевые слова: доменная печь; воздушная фурма; коэффициент теплоотдачи; теплоизоляция дутьевого канала; композитная вставка; тепловые потери.

Известно, что на воздушные фурмы приходится 30% всех тепловых потерь в печи. Об этом свидетельствуют экспериментальные данные, полученные по результатам работы доменных печей ОАО «Северсталь» и ОАО «НЛМК» [1].

Основными путями снижения тепловых потерь являются: уменьшение теплоотода через поверхность дутьевого канала путем нанесения теплоизоляционных материалов с низкой теплопроводностью на поверхность внутреннего стакана [2] и рыльной части [3]; с помощью экранирующей вставки из жаропрочного металла [4]; увеличение чистоты обработки поверхности внутреннего стакана со стороны дутьевого канала [5].

Для расчета тепловых потерь необходима оценка коэффициентов теплоотдачи поверхностям воздушной фурмы от горна и горячего дутья. Для этого воспользуемся методикой расчета тепловых потерь через воздушную фурму [6]. В работе использованы формулы стационарной теплопроводности для плоской стенки [7].

Тепловой поток через поверхность фурмы равен

$$\begin{aligned} Q &= Q_H + Q_P + Q_\Delta = q_H \cdot S_H + q_P \cdot S_P + q_\Delta \cdot S_\Delta = \\ &= K_H(t_G - t_B)S_H + K_P(t_G - t_B)S_P + \\ &+ K_\Delta(t_\Delta - t_B)S_\Delta, \text{ Вт}, \end{aligned} \quad (1)$$

где Q_H , Q_P , Q_Δ – тепловые потоки через наружный стакан, рыльную (снаружи и торца) часть фурмы и со стороны дутьевого канала соответственно (см. рисунок), Вт; q_H , q_P , q_Δ – удельные тепловые потоки через наружный стакан, рыльную часть фурмы и со стороны дутьевого канала соответ-

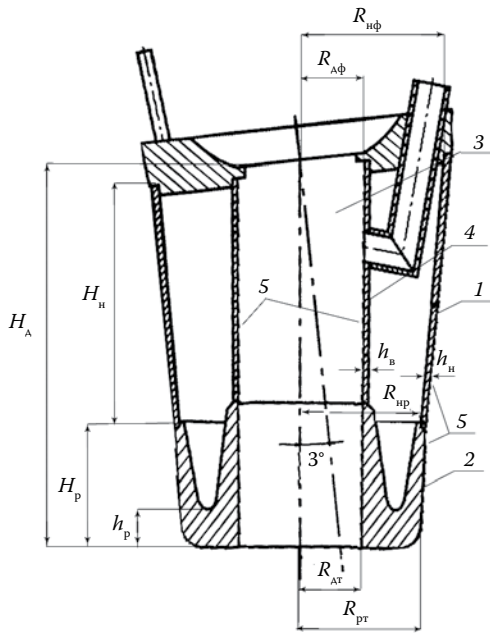
ственно, Вт/м²; S_H , S_P , S_Δ – площади поверхности наружного стакана, рыльной части фурмы и со стороны дутьевого канала соответственно, м²; K_H , K_P , K_Δ – коэффициент теплопередачи через наружный стакан, рыльную часть фурмы и внутренний стакан соответственно, Вт/(м²·К); t_G , t_Δ – околофурменная температура в горне и температура горячего дутья соответственно, К; t_B – температура воды в фурме, К.

Коэффициент теплопередачи определяется по формуле

$$K_H = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{ГН}} + \frac{h_H}{\lambda_{Cu}} + \sum_{i=1}^m \frac{h_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_B}}, \text{ Вт/(м}^2\text{·К)}, \quad (2)$$

где $\alpha_{ГН}$ – коэффициент теплоотдачи наружному стакану от газов горна, Вт/(м²·К); h_H , h_i – толщина наружного стакана и i -того материала покрытия соответственно (см. рисунок), мм; λ_{Cu} , λ_i – коэффициенты теплопроводности меди М1 и i -того материала покрытия соответственно, Вт/(м·К); m – число материалов покрытия; α_B – коэффициент теплоотдачи от стенки фурмы к воде, Вт/(м²·К).

Для расчета K_P и K_Δ следует заменить в формуле (2) $\alpha_{ГН}$ на $\alpha_{ГР}$ и α_Δ , а также h_H на h_P и h_B соответственно, где $\alpha_{ГР}$, α_Δ – коэффициенты теплоотдачи рыльной части фурмы от газов горна и дутьевому каналу от горячего дутья соответственно, Вт/(м²·К); h_P , h_B – толщина торцевой поверхности рыльной части и внутреннего стакана соответственно, мм (см. рисунок).



Продольное сечение воздушной фурмы: 1 – наружный стакан; 2 – рыльная часть; 3 – дутьевой канал; 4 – внутренний стакан; 5 – покрытие

Площадь поверхности наружного стакана равна

$$S_H = 2\pi \frac{R_{НР} + R_{НФ}}{2} \cdot H_H, \quad (3)$$

где $R_{НР}$ – радиус наружного стакана у рыльной части, м; $R_{НФ}$ – радиус наружного стакана у фланца, м; H_H – высота наружного стакана, м (см. рисунок).

$$S_P = \pi(R_{РТ}^2 - R_{ДТ}^2) + 2\pi \frac{R_{РТ} + R_{НР}}{2} \cdot H_P, \quad (4)$$

где $R_{РТ}$ – радиус рыльной части у торцевой поверхности, м; $R_{ДТ}$ – радиус дутьевого канала у торцевой поверхности, м; H_P – высота рыльной части, м (см. рисунок).

Для расчета S_Δ следует заменить в формуле (3) $R_{НР}$, $R_{НФ}$ и H_H на $R_{ДТ}$, $R_{ДФ}$ и H_Δ соответственно, где $R_{ДФ}$ – радиус дутьевого канала у фланца, м; H_Δ – высота дутьевого канала, м (см. рисунок).

Расчет коэффициентов теплоотдачи поверхностям фурмы от горна печи и горячего дутья был проведен для условий ДП-5 ОАО «НЛМК». В результате многочисленных измерений средние тепловые потери через поверхность фурмы с диффузионным Cu–Al-покрытием составили $Q = 185\,600$ Вт.

При этом в обычных условиях работы ДП через рыльную часть, наружный и внутренний стаканы фурмы поступает соответственно 18, 36 и 46% суммарного теплового потока [8]. Такое распределение тепловых потерь объясняется тем,

что наружная поверхность фурмы чаще всего покрыта гарнисажем, который обладает низкой теплопроводностью. Поэтому в первую очередь целесообразно снижение тепловых потерь в ДП благодаря созданию теплоизоляционного слоя на поверхности воздушной фурмы со стороны дутьевого канала.

Согласно [8], для ДП-5 $Q_H = 66\,816$ Вт, $Q_P = 33\,408$ Вт, $Q_\Delta = 85\,376$ Вт.

Принимаем $t_T = 1873$ К; $t_\Delta = 1423$ К; $t_B = 303$ К; $h_H = 7,0$ мм; $h_P = 45,0$ мм; $h_B = 5,0$ мм; $h_1 = 1,5$ мм; $\lambda_{Cu} = 414,6$ Вт/(м·К); $\lambda_1 = 29,8$ Вт/(м·К); $\alpha_B = 5800$ Вт/(м²·К); $R_{НР} = 154$ мм; $R_{НФ} = 185$ мм; $R_{РТ} = 140$ мм; $R_{ДТ} = 72,5$ мм; $R_{ДФ} = 72,5$ мм; $H_H = 310$ мм; $H_P = 132$ мм; $H_\Delta = 440$ мм (h_1, λ_1 – для Cu–Al-слоя). Тогда из формулы (1)

$$K_H = \frac{Q_H}{(t_T - t_B)S_H}, \quad K_P = \frac{Q_P}{(t_T - t_B)S_P},$$

$$K_\Delta = \frac{Q_\Delta}{(t_T - t_B)S_\Delta}, \quad \text{Вт/(м}^2\cdot\text{К)}.$$

Согласно формулам (3) и (4), $S_H = 0,329$ м²; $S_P = 0,167$ м²; $S_\Delta = 0,2$ м². Отсюда

$K_H = 129,2$ Вт/(м²·К); $K_P = 127,7$ Вт/(м²·К); $K_\Delta = 380,4$ Вт/(м²·К).

Из формулы (2)

$$\alpha_{ГН} = \frac{1}{\frac{1}{K_H} - \frac{h_H}{\lambda_{Cu}} - \frac{h_1}{\lambda_1} - \frac{1}{\alpha_B}}, \quad \text{Вт/(м}^2\cdot\text{К)}. \quad (5)$$

Для расчета $\alpha_{ГР}$ и α_Δ следует заменить в формуле (5) K_H на K_P и K_Δ , а также h_H на h_P и h_B соответственно.

Подставляя в формулу (5) значения соответствующих параметров, получим

$$\alpha_{ГН} = \alpha_{ГР} = 133,4 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)} \text{ и } \alpha_\Delta = 417,6 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}.$$

Рассчитаем тепловые потери для фурмы с муллитокорундовой массой со стороны дутьевого канала.

Согласно уточненным расчетам по методике [6], $Q_H = 66\,806,5$ Вт, $Q_P = 33\,408,9$ Вт.

В настоящее время толщина футеровки из муллитокорундовой массы составляет $h_1 = 27,5$ мм, $\lambda_1 = 1,74$ Вт/(м·К) [9]. Тогда коэффициент теплопередачи от дутья K_Δ (Вт/(м²·К)) будет равен

$$K_\Delta = \frac{1}{\frac{1}{417,6} + \frac{0,005}{414,6} + \frac{0,0275}{1,74} + \frac{1}{5800}} = 54,4.$$

Из формулы (1) имеем

$$Q_\Delta = 54,4 \cdot (1423 - 303) \cdot 0,2 = 12\,211,1 \text{ Вт}.$$

Общие тепловые потери на фурме с муллитокорундовой массой, согласно формуле (1), со-

ставят $Q_{\text{МКМ}} = 66\,806,5 + 33\,408,9 + 12\,211,1 = 112\,426,5$ Вт.

В расчетах не учтено изменение α_{Δ} – коэффициента теплоотдачи стенке фурмы от горячего дутья из-за наличия муллитокорундовой массы со стороны дутьевого канала.

Как показал опыт эксплуатации фурм с муллитокорундовой набивной массой, футеровка может разрушаться при установке фурмы в печь или при теплосменах, возникающих из-за замены вышедших из строя фурм.

Альтернативой муллитокорундовой массе, которая в настоящее время используется на ДП ряда заводов России [2], является использование композита, представляющего собой углеродную ткань с SiC-покрытием и обладающего высокими прочностными и теплоизоляционными свойствами. Изделия из такого материала изготавливаются в ООО «УралМеталлГрафит».

Использование футеровки из теплоизоляционного композита (углеродная ткань с SiC-покрытием) имеет следующие преимущества:

- отсутствует возможность повреждения теплоизоляции при установке фурмы в печь и при ее эксплуатации;
- композит обладает высокой износостойкостью, и при использовании пылеугольного топлива он будет служить дольше жаростойкого бетона;
- повышает стойкость сварных швов внутреннего стакана, находящихся под теплоизоляцией;
- снижение теплоотвода через внутренний стакан обуславливает снижение температуры воды, циркулирующей в фурме, что позволяет улучшить условия ее эксплуатации.

Ниже приводится расчет тепловых потерь для фурмы, в которой футеровка в виде вставки выполнена из углеродной ткани с SiC-покрытием.

Вставка в экспериментальную фурму имеет толщину $h_1 = 8,0$ мм, а $\lambda_1 = 0,46$ Вт/(м·К) [10]. Тогда коэффициент теплопередачи от дутья K_{Δ} будет равен, Вт/(м²·К)

$$K_{\Delta} = \frac{1}{\frac{1}{417,6} + \frac{0,005}{414,6} + \frac{0,008}{0,46} + \frac{1}{5800}} = 50,5;$$

$$Q_{\Delta} = 50,5 \cdot (1423 - 303) \cdot 0,2 = 11\,325,9 \text{ Вт.}$$

Общие тепловые потери на экспериментальной фурме составят

$$Q_{\text{КОМП}} = 66\,806,5 + 33\,408,9 + 11\,325,9 = 111\,541,3 \text{ Вт.}$$

Следовательно, вставка из теплоизоляционного композита дает снижение тепловых потерь

по сравнению с муллитокорундовой массой на величину

$$\Delta Q = \frac{Q_{\text{МКМ}} - Q_{\text{КОМП}}}{Q_{\text{МКМ}}} \cdot 100\% = \frac{112\,426,5 - 111\,541,3}{112\,426,5} \cdot 100\% = 0,8\%.$$

В расчетах не учтено изменение α_{Δ} – коэффициента теплоотдачи от горячего дутья из-за присутствия вставки из теплоизоляционного композита со стороны дутьевого канала.

Общие потери тепла через фурменные приборы при использовании фурм с муллитокорундовой массой определяем по формуле

$$Q_{\text{общ}} = Q_{\text{МКМ}} \cdot n = 112\,426,5 \cdot 32 = 3\,597\,648,0 \text{ Вт}$$

(количество работающих на ДП-5 воздушных фурм $n = 32$).

Снижение расхода кокса при выплавке 1 т чугуна в случае использования фурм со вставкой из теплоизоляционного композита следует ожидать равным

$$\Delta P = \frac{24 Q_{\text{общ}} \Delta Q}{Q_{\text{К}} P_{\Delta}} = \frac{24 \cdot 3\,597\,648,0 \cdot 0,008}{4058,8 \cdot 7500} = 0,023 \text{ кг/т,}$$

где $Q_{\text{К}}$ – теплота неполного сгорания кокса, 4058,8 Вт·ч/кг (приняли половину от теплоты полного сгорания кокса); P_{Δ} – производительность ДП, т/сут.

В соответствии с рабочим планом в МЦМО ОАО «НАМК» была изготовлена фурма, футерованная теплоизоляционной углеродной тканью с SiC-покрытием¹. В качестве базовой была принята фурма на ДП-5 с футеровкой внутреннего стакана муллитокорундовой массой.

Для контроля состояния фурм на исходящем коллекторе охлаждения были установлены термомпары. Анализ тепловых нагрузок на опытную и базовую фурмы показал преимущество первой. Несмотря на работу фурм в условиях повышенных тепловых нагрузок, средние тепловые потери на анализируемых фурмах в исследованный период составили 388,6 и 395,6 МВт соответственно, т.е. в реальных условиях вставка из теплоизоляционной углеродной ткани с SiC-покрытием снизила тепловые потери на 1,8%.

Заключение. Согласно теоретическим расчетам, вставка из теплоизоляционной углеродной

¹ В работе принимали участие сотрудники ОАО «НАМК»

ткани с SiC-покрытием дает снижение тепловых потерь по сравнению со вставкой из муллитокорундовой массы на 0,8%, что позволяет ожидать снижения расхода кокса при выплавке одной тонны чугуна на уровне 0,023 кг/т.

В реальных условиях металлургического производства вставка из теплоизоляционного композита дала снижение тепловых потерь на 1,8%.

Было принято решение продолжить работу по совершенствованию конструкции фурменного прибора. При подборе футеровки внутреннего стакана решено использовать и альтернативные материалы, не содержащие углерод.

Библиографический список

1. **Бородулин А.В., Васильев А.П., Глущенко Е.А. и др.** Тр. 2-й междунар. науч.-практич. конф. «Автоматизированные печные агрегаты и энергосберегающие технологии в металлургии» (Москва. 3–5 декабря 2002 г.). С. 424–426.

2. **Пат. 2215043 РФ, МКИ С21В7/16.** Способ подготовки к работе фурмы доменной печи / Григорьев В.Н., Урбанович Г.И., Урбанович Е.Г. и др. – 20011337559/02; заявл. 11.12.01; опубл. 27.10.02, Бюл. № 30.

3. **А.с. 929707 СССР, МКИ С21В7/16.** Дутьевая фурма доменной печи / Хомич И.Т., Гладуш В.Д., Шапиро С.Ю. и др. – 3214673/22-02; заявл. 14.10.80; опубл. 23.05.82, Бюл. № 15.

4. **А.с. 881120 СССР, МКИ С21В7/16.** Дутьевая фурма доменной печи / Шостак В.М., Вишневская Л.В., Марадулин Г.И. и др. – 2896528/22-02; заявл. 21.03.80; опубл. 15.11.81, Бюл. № 32.

5. **Пат. 1201312 РФ, МКИ С21В7/16.** Дутьевая фурма доменной печи / Гиммельфарб А.А., Бондарь В.М., Медведев Н.М. и др. – 3698348; заявл. 09.02.84; опубл. 30.12.85, Бюл. № 36.

6. **Пат. 2235789 РФ, МКИ С21В7/16.** Дутьевая фурма доменной печи и способ нанесения защитного покрытия на дутьевую фурму доменной печи / Маншилин А.Г., Склядановский Е.Н., Нецветов В.И. и др. – 2002129285/02; заявл. 04.11.02; опубл. 27.05.04, Бюл. № 15.

7. Справочник по теплопередаче / С.С. Кутателадзе, В.М. Борищанский. Л., М. : Госэнергоиздат, 1959. 414 с.

8. **Бондаренко А.А., Горбик А.С., Дышлевич Г.Г.** Исследование теплонапряженности различных участков фурм // *Сталь*. 1983. № 7. С. 11–12.

9. Огнеупорные изделия, материалы и сырье: Справочник / Карклит А.К., Пориньш Н.М., Каторгин Г.М. и др. М. : Металлургия, 1990. 416 с.

10. **Черненко Н.М., Бейлина Н.Ю., Черненко Д.Н.** Технологические аспекты получения жаропрочных углерод-углекерамических композиционных материалов: Матер. 3-й междунар. науч.-практич. конф. «Композиционные материалы, производство, применение, тенденции рынка» М. : 2009. С. 1–8.

REDUCTION OF HEAT LOSSES THROUGH SURFACE OF BF AIR TUYERES

© **Kirillova N.L.; Radyuk A.G.,** Dr Sc. (Eng.); **Titlyanov A.E.,** Cand. Sc. (Eng.)

Estimation of heat transfer coefficients to surfaces of the air tuyere from BF hearth and hot-blast is presented for the conditions of BF-5 of JSC “NLMK”. Heat loss are calculated for tuyere with mullite-corundum fettle from the blast channel and tuyere in which the lining is in the form of the inserted piece made of composite – carbon cloth with SiC-coating. Tuyere with the composite insert was tested in the conditions of BF-5 of JSC “NLMK”.

Keywords: blast furnace; air tuyere; heat transfer coefficient; thermal insulation of the blast channel; composite inserted piece; heat loss.

УДК 669.162.16

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЕЙ ДЛЯ ВДУВАНИЯ ПРОДУКТОВ ГАЗИФИКАЦИИ В ДОМЕННУЮ ПЕЧЬ

© Товаровский Иосиф Григорьевич, д-р техн. наук, проф.;

Меркулов Алексей Евгеньевич, канд. техн. наук

Институт черной металлургии им. З.И.Некрасова НАН Украины. Украина, г. Днепропетровск. E-mail: office.isi@nas.gov.ua

Статья поступила 04.10.2012 г.

Выполнено аналитическое исследование влияния параметров дутья на ход процессов в объеме доменной печи и показатели плавки при вдувании продуктов газификации низкосортных углей. Установлено, что более эффективно применять для вдувания в доменную печь горячие восстановительные газы, полученные на атмосферном дутье с максимально возможной температурой.

Ключевые слова: продукты газификации угля; газификатор; математическая модель; кислород; углерод.

Возможность значительного увеличения количества вдуваемого пылеугольного топлива (ПУТ) в случае его предварительной газификации с ожигением золы в прифурменных газификаторах (ПФГ), а также замены высокосортных углей зольностью до 10% (в виде ПУТ) низкосортными зольностью до 25% (в виде продуктов газификации угля – ПГУ) с получением целевой экономии кокса расширяет масштабы и значимость новой технологии [1]. При этом наряду с проблемами формирования рациональных параметров технологии доменной плавки [2] решаются задачи выбора внедоменных газификаторов (ВДГ), использование которых предполагает наличие двух коллекторов – дутья и ПГУ, из которых дутье и газ дозируются по фурмам доменной печи (ДП), а также формирование параметров режима их работы, которые призваны обеспечить, как и в случае ПФГ, сокращение расхода кокса до минимального значения (190–200 кг/т), реально достижимого при вдувании ПУТ из высокосортных углей [3, 4].

Одной из важнейших проблем новой технологии при любой из форм ее реализации (ПФГ или ВДГ) является выбор рациональных параметров газификации углей, определяющих основные характеристики получаемых газообразных ПГУ – содержание компонентов (CO , CO_2 , H_2 , H_2O , N_2 , твердый углерод и др.), температура, энтальпия и др. Комплекс полученных характеристик фор-

мирует технологические свойства ПГУ, непосредственно влияющие на показатели плавки.

Для анализа влияния параметров газификации углей на формирование состава и свойства вдуваемых в ДП через фурмы ПГУ, а также на ход процессов в объеме печи и конечные показатели доменной плавки выполнены комплекс расчетно-аналитических исследований на основе использования разработанной в ИЧМ НАН Украины математической модели доменной плавки [1–4]. Для расчетов приняты те же исходные данные, что в работах [1, 2], – условия работы ДП-5 ОАО «Северсталь» («ССт») объемом 5500 м³ и ДП-9 ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» («АМКР») объемом 5000 м³, а также изменяемые характеристики дутья: содержание кислорода (%) фактически 30–40–60; температура (°C) 1300–1100–700–100. Особенностью расчета по используемой модели в случае газификации угля во ВДГ является задание в исходных данных состава беззольной массы угля, которая вводится в ДП в виде ПГУ, при этом зола остается во ВДГ. Расход кислорода-окислителя на газификацию углерода угля приняли для всех вариантов 0,5 моль/моль. Полученные результаты правомерны при всех возможных формах реализации технологии – ПФГ* или ВДГ (при двух коллекторах).

В табл. 1 и 2 приведены основные расчетные показатели и параметры процессов для ДП-9 «АМКР» и ДП-5 «ССт» при различных параме-

*Предполагается [1] часть окислительного дутья, поступающего непосредственно в ДП для сжигания кокса, подавать отдельным трактом, который может быть выполнен в двух вариантах: 1) автономный отвод горячего дутья из коллектора с подводом его к воздушной фурме; 2) подача трубкой через тело фурмы неподогретого кислорода, замещающего эквивалентное количество горячего дутья.

Таблица 1. Расчетные показатели и параметры плавки на ДП-9 ПАО «АМКР» при вдувании в ДП кислородного дутья КД (содержание кислорода: нижний индекс 27–30–90), нагретого до 100–1100–1300 °С, а также при использовании ПГУ, получаемых во внедоменных газификаторах (ВДГ) на атмосферном дутье АД и кислородном дутье КД (содержание кислорода: нижний индекс 27–40–60), нагретом до 100–700–1100–1300 °С

Дутьевые параметры ДП	КД ₂₇ 1100	КД ₂₇ 1100	КД ₂₇ 1100	КД ₃₀ 1300	КД ₉₀ 100
Параметры дутья при газификации угля во ВДГ	КД ₂₇ 1100	КД ₄₀ 700	КД ₆₀ 100	АД 1300	АД 1300
Удельная производительность, т/(м³·сут.)	1,37	1,51	1,56	1,38	1,44
Расход:					
твердое топливо, кг/т чугуна	251	267	291	187	221
дутье, м³/мин	1799	2249	2763	861	457
технический кислород, м³/т	33	38	45	23	90
Колошниковый газ:					
температура, °С	177	120	141	97	97
содержание, %: СО	25,0	28,9	32,1	20,5	24,0
СО ₂	19,1	21,5	23,0	19,1	20,3
Н ₂	8,6	9,6	10,2	8,0	8,7
Агломерат + окатыши + руда, кг/т	1640	1640	1639	1642	1641
Железо в шихте, %	55,0	55,0	54,9	55,1	55,1
Рудная нагрузка, т/т	7,0	6,6	6,0	9,4	7,9
Вынос пыли общий, кг/т	40	40	41	39	39
Содержание в шлаке, %:					
кремнезем	36,7	36,8	36,9	36,3	36,5
глинозем	5,3	5,4	5,5	5,1	5,2
известь	44,8	44,9	45,0	44,3	44,5
магнезия	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
Количество шлака, кг/т	429	429	431	426	427
Расход дутья, м³/т	375	427	507	178	91
Объем влажного газа, м³/т	1799	1636	1576	1749	1689
Теоретическая температура горения, °С	1879	1946	2034	1787	1870
Количество фурменного газа, м³/т	1673	1511	1454	1631	1570
Количество сухого колошникового газа, м³/т	1679	1517	1459	1620	1565
Прямое восстановление оксида Fe, %	24,2	23,1	21,3	24,2	23,3
Использование СО+Н₂, %	43,3	42,7	41,7	48,3	45,9
Кусковой углерод, кг/т (общий/в районе фурм)	209/111	222/126	243/149	156/58	184/88
Общий приход теплоты, кДж/кг	4470	4144	4130	4240	4214
в том числе:					
горение кокса	1085	1235	1466	570	862
теплота дутья и добавок	3278	2801	2556	3565	3246
Потребность теплоты, кДж/кг	3431	3396	3343	3458	3443
Энтальпия колошникового газа, кДж/кг	641	377	413	361	357
Потери теплоты, кДж/кг	398	372	375	420	414
Доля полезной теплоты, %	76,7	81,9	80,9	81,6	81,7
Отношение водяных чисел	0,82	0,89	0,83	0,78	0,84
Теплотворность колошникового газа, кДж/м³	4093	4698	5165	3455	3981
Интенсивность:					
по газу, м ³ /(м ³ ·мин)	1,71	1,71	1,71	1,68	1,69
по коксу/ЖРШ, кг/(м ³ ·сут.)	337/2364	393/2594	444/2685	254/2389	312/2487
ПГУ:					
количество, м³/т чугуна	1188	959	799	1395	1395
температура, °С	1577	1563	1567	1595	1595
содержание СО+Н₂, %	56	69	83	48	48
Коэффициент окислителя, моль О/моль С	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Таблица 2. Расчетные показатели и параметры плавки на ДП-5 ОАО «ССт» при вдувании в ДП кислородного дутья КД (содержание кислорода: нижний индекс 24–30–90), нагретого до 100–1184–1300 °С, а также при использовании ПГУ, получаемых во внедоменных газификаторах (ВДГ) на атмосферном дутье АД и кислородном дутье КД (содержание кислорода: нижний индекс 24–40–60), нагретом до 100–700–1184–1300 °С

Дутьевые параметры ДП	КД ₂₄ 1184	КД ₂₄ 1184	КД ₂₄ 1184	КД ₃₀ 1300	КД ₉₀ 100
Параметры дутья при газификации угля во ВДГ	КД ₂₄ 1184	КД ₄₀ 700	КД ₆₀ 100	АД 1300	АД 1300
Удельная производительность, т/(м ³ ·сут.)	1,55	1,69	1,82	1,52	1,63
Расход:					
твердое топливо, кг/т чугуна	241	286	287	235	294
дутье, м ³ /мин	2401	3528	3989	1741	981
технический кислород, м ³ /т	20	27	28	39	153
Колошниковый газ:					
температура, °С	279	288	281	280	292
содержание, %: СО	21,9	27,4	29,3	21,5	27,3
СО ₂	19,3	21,1	23,8	18,6	20,5
Н ₂	7,6	8,6	9,2	7,5	8,5
Агломерат + окатыши + руда, кг/т	1588	1587	1586	1587	1587
Железо в шихте, %	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0
Рудная нагрузка, т/т	6,6	5,5	5,5	6,7	5,4
Вынос пыли общий, кг/т	21	22	22	20	22
Содержание в шлаке, %:					
кремнезем	34,1	34,7	34,8	34,1	34,8
глинозем	7,1	7,4	7,4	7,0	7,4
известь	35,8	36,4	36,5	35,8	36,5
магnezия	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6
Количество шлака, кг/т	261	263	263	260	263
Расход дутья, м ³ /т	405	547	575	299	157
Объем влажного газа, м ³ /т	1897	1775	1635	1922	1825
Теоретическая температура горения, °С	1861	1972	2028	1882	2025
Количество фурменного газа, м ³ /т	1790	1661	1534	1805	1711
Количество сухого колошникового газа, м ³ /т	1774	1659	1517	1799	1711
Прямое восстановление оксида Fe, %	21,5	21,9	18,3	24,0	21,9
Использование СО+Н ₂ , %	47,0	43,5	44,8	46,4	43,0
Кусковой углерод, кг/т: общий/в районе фурм	207/108	246/146	246/153	202/98	253/152
Общий приход теплоты, кДж/кг	4696	4546	4294	4825	4825
в том числе: горение кокса	1057	1430	1502	962	1496
теплота дутья и добавок	3585	3061	2737	3809	3274
Потребность теплоты, кДж/кг	3031	2980	2866	3076	3036
Энтальпия колошникового газа, кДж/кг	1088	986	861	1144	1183
Потери теплоты, кДж/кг	577	580	567	605	607
Доля полезной теплоты, %	65	66	67	64	63
Отношение водяных чисел	0,74	0,77	0,78	0,77	0,86
Теплотворность колошникового газа, кДж/м ³	3581	4399	4702	3535	4363
Интенсивность:					
по газу, м ³ /(м ³ ·мин)	2,05	2,08	2,06	2,03	2,07
по коксу/ЖРШ, кг/(м ³ ·сут.)	366/2448	473/2657	510/2861	351/2398	471/2573
ПГУ: количество, м ³ /т чугуна	1278	968	807	1409	1409
температура, °С	1580	1560	1563	1593	1593
содержание СО+Н ₂ , %	52,8	69,4	83,0	48,0	48,0
Коэффициент окислителя, моль О/моль С	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

трах дутья для газификации ПУТ в ПФГ или ВДГ и дутья для газификации кокса на фурмах ДП, а также для условий, обеспечивающих минимизацию расхода кокса.

Для всех вариантов задан расход угля на получение вдуваемых в доменную печь ПГУ 400 кг/т чугуна, что соответствует количеству вводимого в печное пространство в виде ПГУ беззольного угля 300 кг/т чугуна (100 кг/т золы остаются во ВДГ).

По мере увеличения концентрации кислорода в дутье ВДГ от исходной 24,3–27 до 60% и уменьшения его температуры от 1100–1184 до 700 °С (для поддержания температуры ПГУ в пределах 1500–1600 °С) объем вдуваемых ПГУ сокращается от 1188 до 799 м³/т чугуна на ДП-9 «АМКР» и от 1278 до 807 м³/т на ДП-5 «ССт». Почти пропорционально сокращению объема ПГУ увеличивается доля восстановительных компонентов в них, в результате чего количество поступающих с ПГУ восстановителей СО+Н₂ остается в узких пределах (665–675 м³/т), а рост их концентрации в газе способствует сокращению прямого восстановления лишь на 3% во всем диапазоне концентраций кислорода в дутье (33–36%), или только на 0,09 %/‰ (см. табл. 1 и 2).

При этом весьма существенно сокращается приход теплоты с дутьем и добавками: на 18–19% общего прихода теплоты, что и определяет основную часть величины перерасхода кокса (16–19%) при обогащении кислородом дутья газификатора до 60% (см. табл. 1 и 2).

Производительность ДП с повышением концентрации кислорода в дутье газификатора угля увеличивается на 0,4–0,5 %/‰, а существенное увеличение теоретической температуры горения обусловлено сокращением доли ПГУ в общем объеме фурменных газов при меньшей их температуре относительно газов из кокса.

Выявленные изменения показателей ДП указывают на целесообразность газификации угля атмосферным дутьем с максимально возможной температурой. Такой вариант технологии приведен в табл. 1 и 2: АД 1300–КД₃₀1300 (ВДГ–ДП). В этом варианте достигается минимальный расход кокса как для ДП-9 «АМКР», так и для ДП-5 «ССт», однако худшие показатели производительности. Для увеличения производительности печи целесообразна замена горячего дутья неподогретым кислородом,

вариант АД 1300–КД₉₀100. В этом случае при увеличении производительности несколько возрастает расход кокса.

В реальных условиях производственной конъюнктуры выбор варианта технологии основан на альтернативе и, как правило, связан с неформальным компромиссом. При безусловной приоритетности наиболее экономичных вариантов плавки в ряде случаев и в отдельные периоды целесообразно отдать предпочтение вариантам повышенной производительности.

Дополнительным техническим аргументом в пользу таких вариантов является их газодинамическая предпочтительность, которая выражается меньшим количеством печного газа, приходящегося на единицу кокса. Это обусловлено тем, что кокс является основным регулятором распределения газов и газопроницаемости столба шихты. При сокращении его расхода и увеличении объема газов противоток осложняется и требуется существенное улучшение физико-механических свойств шихты, которое не всегда реализуемо в обозримое время.

Определим величину отношения объема печных газов к расходу кокса V/K (м³/кг) в рассмотренных (см. табл. 1, 2) вариантах (табл. 3).

Реализация варианта газификации угля горячим атмосферным дутьем при использовании в ДП горячего дутья (1300 °С) приводит к возрастанию отношения V/K от 5,5–5,7 до 8,2–9,3, а переход к замене горячего дутья в ДП неподогретым кислородом позволяет сократить это отношение до 6,2–7,6 ценой некоторого увеличения расхода кокса.

Результаты расчета (см. табл. 1, 2) показали принципиальную возможность достижения при использовании предлагаемой технологии минимального расхода кокса, близкого к соответствующим значениям при вдувании ПУТ из высококачественных углей (190–200 кг/т) [3, 4].

Расчетные характеристики процессов плавки при новой технологии позволяют провести сравнение различных вариантов (рис. 1, 2). В сравнении с вариантом использования ПГУ при текущих параметрах ДП (вариант 1) [1] изменения

Таблица 3. Отношение объема печных газов к расходу кокса для сравниваемых доменных печей

Объекты	ДП-9 «АМКР»			ДП-5 «ССт»		
	КД ₆₀ 100	АД 1300	АД 1300	КД ₆₀ 100	АД 1300	АД 1300
Дутье ВДГ	КД ₆₀ 100	АД 1300	АД 1300	КД ₆₀ 100	АД 1300	АД 1300
Дутье ДП	КД ₂₇ 1100	КД ₃₀ 1300	КД ₉₀ 100	КД ₂₄ 1184	КД ₃₀ 1300	КД ₉₀ 100
V/K , м ³ /кг	5,5	9,3	7,6	5,7	8,2	6,2

температурно-концентрационного поля печного пространства наиболее сильно выразились при газификации угля дутьем с содержанием кислорода 60% (вариант 3): изотермы газа сместились вверх при повышении разности температуры газа и шихты в шахте и увеличении высоты нижней ступени теплообмена; сместились вверх также изолинии начала размягчения и плавления материалов.

В сравнении с вариантом использования ПГУ при текущих параметрах ДП (вариант 1) [1] изменения температурно-концентрационного поля печного пространства наиболее сильно выразились при газификации угля дутьем с содержанием кислорода 60% (вариант 3): изотермы газа сместились вверх при повышении разности температуры газа и шихты в шахте и увеличении высоты нижней ступени теплообмена; сместились вверх также изолинии начала размягчения и плавления материалов.

При газификации угля атмосферным дутьем с высокой температурой (вариант 2) параметры температурно-концентрационного поля печного пространства изменяются в том же направлении, но менее существенно, что более благоприятно для хода процессов. Вариант 4 дает промежуточные результаты между вариантами 2 и 3.

Заключение. Выполнено аналитическое исследование влияния параметров дутья на ход процессов в объеме доменной печи и показатели плавки при вдувании продуктов газификации низкосортных углей и сокращении расхода кокса до минимального значения, близкого к 190–200 кг/т. Установлено, что обогащение дутья для газификации угля кислородом до 40–60% позво-

ляет получать высокопотенциальный горячий восстановительный газ (ГВГ), вдувание которого в ДП оказалось, однако, менее эффективным, чем вдувание ГВГ, полученного на атмосферном дутье с максимально возможной температурой. При этом изменение температурно-концентрационного поля печного пространства под влиянием дутьевых параметров газификации угля более благоприятно для хода процессов при движении в область атмосферного дутья высокого нагрева. Показана предпочтительность с позиций минимизации расхода кокса получения вдуваемых в ДП продуктов газификации низкосортных углей с использованием атмосферного высокотемпературного дутья. Задача повышения производительности решается подачей кислорода в дутье ДП вплоть до полной замены горячего дутья неподогретым кислородом с некоторым перерасходом кокса.

Библиографический список

1. **Товаровский И.Г., Меркулов А.Е.** Аналитическое исследование процессов доменной плавки при вдувании продуктов газификации углей // *Металлург.* 2012. № 5. С. 40–47.
2. **Товаровский И.Г., Меркулов А.Е.** Выбор параметров технологии доменной плавки при вдувании продуктов газификации углей // *Металлург.* 2013. № 1. С. 27–34.
3. **Товаровский И.Г., Большаков В.И., Меркулов А.Е.** Аналитическое исследование процессов доменной плавки. Монография. – Днепропетровск : Экономика, 2011. 206 с.
4. **Товаровский И.Г.** Процессы доменной плавки. Монография. Т. 1. Анализ состояния. 595 с. Т. 2. Проблемы и перспективы. 406 с. // Изд. дом LAP LAMBERT Academic Publishing. 2012.

SELECTION OF PARAMETERS OF COALS GASIFICATION FOR GASIFICATION PRODUCTS INJECTION INTO BLAST FURNACE

© **Tovarovsky I.G.**, Dr Sc. (Eng.), prof.; **Merkulov A.E.**, Cand. Sc. (Eng.)

Analytical research of the blast parameters effect on course of the processes in the volume of a blast furnace and melting rates by injection of low-grade coal gasification products is performed. It has been found that the usage of hot reducing gases produced by the atmospheric blast with the highest possible temperature is more effective for injection into the blast furnace.

Keywords: products of gasification coal; gasifier; mathematical model; oxygen; carbon.

УДК 669.18:621.746.047

ПРОЕКТ СОРТОВОЙ МНЛЗ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ЗАГОТОВОК ИЗ СТАЛЕЙ ШИРОКОГО МАРОЧНОГО СОРТАМЕНТА

© **Бойко Сергей Юрьевич**¹; **Карацуба Виктор Иванович**¹; **Шевенионов Дмитрий Николаевич**¹; **Куклев Александр Валентинович**², д-р техн. наук; **Лонгинов Александр Михайлович**², канд. техн. наук; **Тиняков Владимир Викторович**³, канд. техн. наук; **Данилов Владимир Львович**⁴, д-р техн. наук

¹ ОАО «МК ОРМЕТО-ЮУМЗ». Россия, Оренбургская обл., г. Орск

² ЗАО «КОРАД». Россия, Москва. E-mail: info@corad.ru

³ ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина». Россия, Москва

⁴ МГТУ им. Н.Э. Баумана. Россия, Москва

Статья поступила 25.03.2013 г.

Проект МНЛЗ – головной образец серии установок для литья сортовых заготовок, гарантирующий стабильные и высокие показатели качества поверхности и макроструктуры слитка, ограничения протяженности или отсутствия трещин определенных видов. Головной образец МНЛЗ спроектирован в первую очередь для эффективной замены радиальных блюмовых МНЛЗ с базовым радиусом 12 м производства ОАО «МК ОРМЕТО-ЮУМЗ».

Ключевые слова: непрерывная разливка стали; машина непрерывного литья заготовок; сортовая заготовка; макроструктура; модернизация.

Машиностроительный концерн «ОРМЕТО-ЮУМЗ» является поставщиком комплектованных МНЛЗ с проектированием машин, изготовлением оборудования, сопровождением монтажа и пуска, а также осуществляет поставку запасных частей за весь период эксплуатации.

В последнее десятилетие сооружение новых блюмовых машин резко снизилось, что, вероятно, объясняется насыщенностью рынка блюмовой заготовкой. В то же время большинство производителей такой заготовки акцентируют свое внимание на модернизации действующих МНЛЗ [1], что подтверждается анализом запросов заказчиков.

На основе систематизации запросов заказчиков разработана концепция модернизации радиальных блюмовых машин с базовым радиусом 12 м [2–4], поставленных концерном в 1980–1990-х годах.

В то же время наблюдается тенденция к увеличению спроса на поставку сортовых МНЛЗ, в том числе как составной части технологии мини-заводов [5]. Один из примеров – техническое задание от Оскольского электрометаллургического комбината (ОАО ОЭМК) на разработку проекта реконструкции четырехручьевого блюмовой МНЛЗ с переходом на разливку сортовых заготовок высокого качества.

Проект головной МНЛЗ разработан на основе упомянутого технического задания, анализа мировых достижений с применением собственных разработок и адаптации стандартных решений. Проект отвечает современным тенденциям в области разливки сортовой заготовки: увеличение спроса на сортовую продукцию и одновременный рост требований по качеству изделий, производительности, эксплуатационной готовности и технологической надежности оборудования.

Для формирования *концепции проекта* следует выделить следующие требования технического задания:

- размещение на существующем фундаменте блюмовой МНЛЗ в действующем цехе;
- сохранение существующего уровня разливочной площадки;
- требования по сортаменту стали;
- требования по качеству заготовок;
- масса и цикл подачи плавки, сортамент заготовок, производительность установки.

Анализ требований технических заданий, достижений и тенденций в области непрерывной разливки сортовых МНЛЗ определил при реализации проекта формирование комплекса связанных между собой принципов:

- создание головного образца сортовой МНЛЗ для получения качественных заготовок из

сталей широкого марочного сортамента, который являлся бы базой серии модификаций, учитывающих специфику заказчиков;

- минимизация затрат при сооружении нового оборудования;

- модульная конструкция, позволяющая с минимальными затратами увеличивать производительность и гибко изменять технологию;

- мероприятия, повышающие эксплуатационную готовность оборудования;

- мероприятия по снижению затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание.

Технология. МНЛЗ представляет собой радиальную установку с базовым радиусом 12 м и плавным разгибом для производства заготовок сечением 150×150 мм – 200×200 мм. Максимальная скорость разливки зависит от марки стали и сечения заготовки.

Для обеспечения требуемого качества предусматриваются меры, связанные с защитой жидкой стали от вторичного окисления и минимизацией попадания в кристаллизатор шлаковой фазы из сталеразливочного ковша (СК) и промежуточно-го ковша (ПК) МНЛЗ.

Разливка стали осуществляется под уровень в кристаллизатор с гильзой параболического профиля. Системы автоматического поддержания уровня мениска жидкой стали в кристаллизаторе и толщины шлакового слоя на мениске обеспечивают стабилизацию процесса разливки.

Чтобы избежать распространения поперечных трещин поверхности, которые часто образуются у основания отметок качания, механизм качания кристаллизатора обеспечивает технологию высокочастотного качания с коротким ходом, при котором уменьшается глубина следов качания, и формами кривых качания, отличными от синусоидальной.

С целью эффективного улучшения качества конечного продукта применена технология электромагнитного перемешивания стали в кристаллизаторе [6].

Поддержка формирующейся корки слитка, которая предотвращает выпучивание граней, и центрирование его по оси ручья осуществляются только непосредственно под кристаллизатором.

Зона вторичного охлаждения (ЗВО) представлена четырьмя зонами независимого регулирования теплосъема, которая позволяет реализовать динамическую модель управления расходом охладителя. Охлаждение в подбое и во второй зоне – водяное. В третьей и четвертой зонах вторичного охлаждения охлаждение водовоздушное.

Протяженность ЗВО обеспечивает реализацию рациональных режимов охлаждения до достижения температуры поверхности заготовки 1050–1000 °С.

Объемная усадка стали компенсируется обжатием слитка на участке окончательного затвердевания, что обеспечивает снижение макроликвации и устраняет осевую рыхлость в нем.

Разливка заготовок на максимальных скоростях сопровождается выходом жидкой фазы «на горизонт». Бездефектный разгиб сортовой заготовки с базового радиуса обеспечивается плавным разгибом.

В соответствии с программой заказов затвердевший по всему сечению слиток режется на мерные заготовки, которые направляются для удаления грата с нижних кромок, клеймения и формирования пакетов для загрузки холодильника. Транспортно-отделочные операции осуществляются в полностью автоматическом режиме. Для определения качества заготовок предусмотрено отрезание темплета после клеймения слитка.

Охлаждение заготовок до требуемой температуры производится на холодильнике. В зависимости от последующего маршрута заготовок разгрузка холодильника может осуществляться на стеллаж, с которого заготовки забираются краном, или на транспортный рольганг для передачи на склад и т.д.

ОБОРУДОВАНИЕ. На разливочной площадке *стенд подъемно-поворотный* имеет на поворотной башне две консоли (с отдельным подъемом и датчиками системы измерения массы), на которые устанавливаются сталеразливочные ковши. Поворот башни осуществляется на опорно-поворотном круге. Стенд обеспечивает подачу жидкого металла в СК в режиме «плавка на плавку».

Подъем каждой консоли осуществляется одним гидроцилиндром. Для поворота башни с консолями используется электромеханический привод с планетарным и коническим редукторами, расположенными в специальной камере под стендом ниже уровня разливочной площадки. Для поворота при аварийном отключении электропитания предусмотрен пневмодвигатель. Привод и механизм поворота башни соединены вертикальным шпиндельным валом. Вместо электромеханического привода стенд может быть укомплектован компактным гидроприводом с гидромотором и планетарным редуктором, которые монтируются на стационарном основании стенда.

Вариантом комплектации МНЛЗ является подъемно-поворотный стенд с раздельным подъемом и доворотом консолей или с раздельным подъемом и поворотом консолей.

Стенды разогрева ПК расположены в боковой позиции парковки тележек ПК и разогревают ПК с крышкой до 1200 °С газовыми горелками, которые поворачиваются в позицию нагрева гидроприводом.

Установка подогрева погружных стаканов смонтирована на передвижной тележке в позиции разогрева ПК.

Тележка ПК полупортального типа оснащена взвешивающим устройством, имеет электро-механические приводы перемещения тележки и подъема ПК и гидропривод юстировки ПК. Подвод энергоносителей осуществляется траковой цепью.

Манипулятор защитной трубы СК монтируется на разливочной площадке и позволяет вручную перемещать рабочий блок манипулятора во всех направлениях, обеспечивая прилегание *защитной трубы* к выпускному отверстию шиберного затвора СК. Манипулятор приспособлен для установки на нем *элементов системы автоматической отсечки шлака в СК*.

Промежуточный ковш имеет жесткий каркас, оснащен специальными вставками, оптимизирующими движение жидкой стали, и обеспечивает достаточно продолжительное время ее пребывания в ковше, что необходимо для достижения максимальной однородности и сведения к минимуму количества включений в стали.

Манипулятор погружного стакана монтируется на ПК и поджимает к днищу ПК установленный в нем *погружной стакан* для разливки под уровень и предохранения от окисления струи жидкого металла между ПК и кристаллизатором.

Стопорный механизм регулирует расход жидкой стали из ПК в кристаллизатор дозированной организованной струей и закрепляется на внешней стенке ПК, обращенной к операторам-разливщикам. Управление стопорным механизмом обеспечивается электромеханическим приводом по сигналу системы радиационного измерения (источник – Co^{60}) уровня металла в кристаллизаторе, также предусмотрена возможность управления стопорным рычагом в ручном режиме.

Аварийный шиберный затвор для отсечки струи жидкого металла при незакрытии сталевыпускного отверстия ПК стопорным механизмом установлен на ПК для каждого ручья и состоит из шиберного затвора и пневмоцилиндра.

Устройство подачи шлакообразующей смеси (ШОС) монтируется на каждой тележке ПК по количеству ручьев со стороны оператора-разливщика и подает гранулированную ШОС из бункера с дозирующим устройством через транспортную трубу и направляющий патрубок на погружной стакан в кристаллизатор. Настройка дозирующего устройства по времени открытия осуществляется в процессе эксплуатации. Рассматривается возможность осуществлять управление приводом дозирующего устройства от системы, определяющей толщину шлакового слоя на мениске жидкой стали в кристаллизаторе.

Оборудование для непрерывной разливки и формирования слитка. *Кристаллизатор* представляет собой корпус, в который вставлен сменный калибр. Корпус является одновременно коллектором-распределителем воды для охлаждения кристаллизатора и подводом к коллекторам первой зоны вторичного охлаждения через отверстия в кольцевой водоподводящей траверсе и обеспечивает монтаж поддерживающих роликов нулевой секции. Кристаллизатор устанавливается на притычные подводы воды (возможен подвод через гибкие металлорукава с быстроразъемными соединениями).

Корпус извлекается из подвижной рамы вместе с калибром и роликами нулевой секции.

При переходе с одного сечения на другое в калибре необходимо заменить водяную рубашку и медную гильзу и настроить соответствующий по размеру раствор между роликами нулевой секции.

Гильза зафиксирована в рубашке с целью образования зазора для циркуляции воды.

Механизм качания кристаллизатора (МКК) высокочастотный, рессорного типа с беззазорными соединениями, с системой пружин, удерживающих и уравнивающих подвижную раму кристаллизатора. Предварительно натянутые рессоры размещены по высоте в два яруса и служат для удержания подвижной рамы кристаллизатора в пределах дуги качания и создания прогиба вверх-вниз для хода при выбранном законе качания. Пакеты витых пружин обеспечивают частичное уравнивание массы подвижной рамы с установленным на ней кристаллизатором, уменьшая нагрузки на привод насосной станции.

Механизм качания обеспечивает высокую точность совпадения траектории перемещения кристаллизатора и теоретической кривой, максимальную разгрузку привода качания.

Гидропривод МКК предназначен для осуществления заданного закона качания кристаллизатора. Управление цилиндрами механизма качания кристаллизатора осуществляется электрогидравлической системой управления. Настройка параметров качания производится во время разливки в соответствии с марками стали автоматически и позволяет осуществлять синусоидальный, трапецидальный и другие законы качания с амплитудой 1–10 мм и частотой 20–400 качаний в минуту.

Гидропривод позволяет проводить непосредственное измерение усилия трения кристаллизатора о корочку слитка и определять моменты «подвисания» слитка [7], предупреждая прорывы, оптимизировать режимы качания и подачи ШОС.

Установка ЭМП для осуществления электромагнитного перемешивания жидкой стали в кристаллизаторе закреплена на неподвижном основании МКК и не требует демонтажа при переходе от одного сечения слитка на другое.

Поддерживающие ролики нулевой секции крепятся к донной части кристаллизатора и представляют с ним единый конструктивный узел для соответствующего сечения. Охлаждение роликов осуществляется водой, разбрызгиваемой форсунками ЗВО. Настройка поддерживающих роликов на требуемые размеры производится на стенде.

Направляющая система для ручья и затравки представляет собой роликовые опоры, предназначенные для поддержания затравки и заготовки в пределах технологической оси ручья, а также для предотвращения аварийных ситуаций из-за отделения затравки от заготовки. Роликовые опоры установлены на сварные водоохлаждаемые рамы МНЛЗ. Ролики на подшипниках качения снабжены системой внутреннего охлаждения и централизованной смазкой. При базовом радиусе 12 м опора состоит из четырех роликов по базовому радиусу и трех – по малому радиусу. На рамах роликовых опор предусмотрены элементы для крепления коллекторов и подачи воды в форсунки ЗВО.

Коллекторы ЗВО представляют собой узлы из нержавеющей труб с установленными на них форсунками для охлаждения слитка в соответствии с определенными четырьмя зонами независимого регулирования теплосъема.

Коллекторы зоны I с водяными форсунками представляют собой единый узел с элементами кристаллизатора для соответствующего сечения. Подвод воды к коллекторам производится по трубам, находящимся в контакте с водоподводящей траверсой кристаллизатора. Коллекторы зоны II

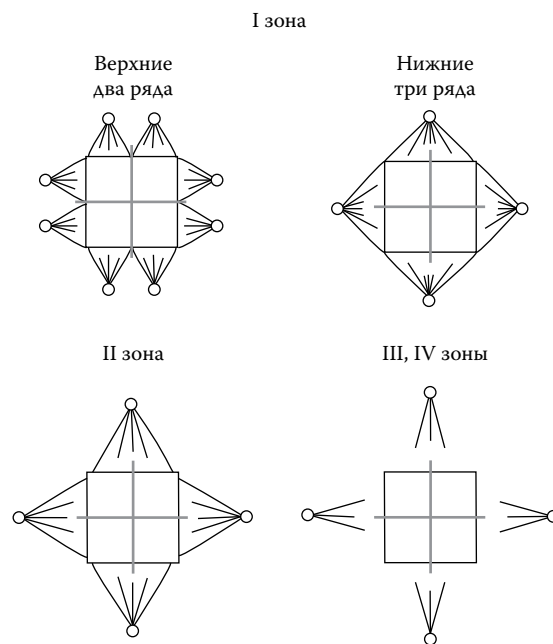


Рис. 1. Расположение форсунок ЗВО

представляют собой контур из труб с водяными круглофакельными центробежными форсунками. Коллекторы зоны III и IV представляют собой контур из труб с установленными на них объемными водовоздушными форсунками.

Коллекторы зон II–IV крепятся на металлоконструкциях направляющей системы ручья. Подвод воды и воздуха производится по трубам, находящимся в контакте с опорными водоподводящими элементами на металлоконструкциях системы.

При смене сечения слитка коллекторы зон II–IV перенастраиваются непосредственно на МНЛЗ. Схема расположения форсунок в ЗВО показана на рис. 1.

Система регулируемого обжатия и плавного разгиба слитка состоит из последовательно установленных на дуге окружности и в пределах участка разгиба четырех однотипных клеток на ручей с двумя парами валков диам. 400 мм, которые имеют внутреннее водяное охлаждение. Шаг между валками примерно 750 мм. Первый нижний валок в каждой клетке по направлению разливки приводной, при этом электромеханический привод вынесен за пределы горячей зоны.

Прижим верхних валков клеток осуществляется гидроцилиндром со встроенным датчиком положения поршня. Гидропривод прижима в режиме регулируемого обжатия управляет положением верхних валков в зависимости от положения конца жидкой фазы слитка в автоматическом режиме. Без режима регулируемого обжатия гидро-

привод работает по заданному давлению рабочей жидкости. Клетки выставляются на рамах за пределами МНЛЗ. На одной раме крепятся две клетки, которые после этого монтируются на ручье. При демонтаже клеток необходимо отсоединить шарнирные валы. Расстановка клеток на ручье позволяет применить простой по конструкции «жесткий» тип затравки.

Привод клетки расположен сбоку от МНЛЗ на раме. Для каждого приводного вала предусмотрен отдельный привод, состоящий из электродвигателя, муфты двигателя, планетарного редуктора и шарнирного вала. Кроме этого, для клеток, расположенных на внутренних ручьях, по условиям компоновки предусмотрены навесные редукторы с цилиндрическими шестернями, передаточное число которых равно единице. Навесные редукторы позволяют разнести электромеханический привод клеток, сохранив клетки разных ручьев на одной линии. С каждой стороны МНЛЗ могут располагаться приводы на три ручья. Каждый привод управляется частотным преобразователем.

Затравка «жесткого» типа состоит из главной жесткой дуги радиального типа, переходной дуги и головки затравки. При смене сечения заготовки требуется замена переходной дуги и головки затравки.

При изменении на ручье компоновки клеток системы регулируемого обжатия и плавного разгиба с их выходом на «горизонт» предусмотрено применение затравки «гибкого» типа беззазорной конструкции.

Устройство уборки и хранения затравки расположено между установкой тянущих клеток и машиной газовой резки и состоит из направляющей балки, которая поворачивается вокруг горизонтальной оси гидроцилиндром, обеспечивая установку затравки в рабочее положение или в положение парковки. Перемещение затравки по направляющей балке осуществляется механизмом с электромеханическим приводом и прижимным блоком с гидравлическим механизмом. Скорость приводного устройства регулируется – до 6 м/мин.

Конструкция устройства позволяет обслуживать головную часть затравки в процессе разливки.

Применение затравки гибкого типа допускает установку устройства и хранение затравки за устройством порезки слитка, которое убирает затравку и паркует ее рядом с рольгангом ручья.

Рольганг МНЛЗ имеет на каждом ручье индивидуальные неприводные водоохлаждаемые

ролики и водоохлаждаемый туннель для балансировки температуры слитка при подходе заготовки к машине газовой резки (МГР). Рольганг оборудован системой установленных напротив друг друга пар роликов, предназначенных для центрирования слитка вдоль ручья. Переустановкой осей роликов в заданное положение обеспечивается необходимый зазор между роликами в зависимости от сечения разливаемых заготовок. Для прижима хвостовой обрезки предназначен смонтированный на рычаге ролик с гидроприводом.

Оборудование для порезки слитка. МГР предназначена для порезки заготовок на мерные длины от 4 до 12 м. Ширина реза – до 10 мм.

Рольганг МГР оснащен приводными водоохлаждаемыми роликами, один из которых установлен на отдельной каретке, которая по направляющим перемещается вдоль ручья. Ход каретки осуществляется через систему рычагов от гидроцилиндра и позволяет выполнить свободное удаление головной обрезки с линии ручья. Движение каретки осуществляется только один раз за время разливки серии плавков после удаления головной обрезки. Оригинальная конструкция позволяет удалять с линии ручья головную обрезку длиной до 1700 мм.

Бункер МГР – сварная металлоконструкция с установленным наклонным желобом (склизом), на который через коллектор подается вода для смыва графа и окалины. На каждую сторону бункера направляются обрезь и шлак (отрезки) от половины ручьев МНЛЗ, которые попадают в саморазгружающиеся короба, транспортируемые цеховым краном после заполнения.

Система измерения скорости и длины слитка управляет работой механизмов МГР, обеспечивая отрезку заготовок с точностью +20 мм.

Транспортно-отделочное оборудование обеспечивает транспортировку отрезанных на МГР мерных заготовок к холодильнику, их загрузку и охлаждение на холодильнике и последующую разгрузку. В процессе транспортировки в потоке обеспечиваются удаление графа, образующегося при порезке слитка, отрезка темплетов и маркировка заготовок. Для выполнения перечисленных операций в состав оборудования МНЛЗ входят рольганги, гратосниматели, подъемники заготовок, МГР темплетов, маркировочные машины, сталкиватель, толкатель и холодильник.

Гратосниматель установлен на каждом ручье, удаляемый грат по наклонному желобу ска-

тывается под действием собственного веса в саморазгружающийся короб.

Подъемник заготовок (на каждом ручье) с гидроприводом и поворотным валом с рычагами, которые забирают заготовку с рольганга на промежуточную позицию для маркировки, отрезки темплетов и вторичной маркировки заготовок. После этого заготовки, приподнятая откидной рычаг, перемещаются на стелюги верхнего уровня.

МГР темплетов состоит из двух тележек с резаком, перемещающихся по расположенным поперек ручьев направляющим. Одна тележка с резаком обслуживает три ручья МНЛЗ. Резка темплетов осуществляется в положении заготовки под углом 45°.

Маркировочные машины перемещаются в поперечном направлении над ручьями. Одна машина обслуживает три ручья. В случае выхода из строя одной машины маркировка осуществляется оставшейся. Маркировка наносится при расположении заготовки под углом 45°. *Сталкиватель* перемещает заготовки со всех ручьев по стелюгам на передаточный рольганг перед холодильником. *Рольганг передаточный* предназначен для формирования двухрядной загрузки холодильника при получении коротких заготовок (длиной 4–6 м).

Рольганг может иметь большее число секций для транспортировки заготовок, если схема охлаждения заготовок предусматривает применение двух холодильников (или использование одного в качестве резервного), передачу горячих заготовок для пакетирования и в других целях.

Холодильник кантующий с гидроприводом поворачивает заготовки вокруг продольной оси на 90° и перемещает их к концу холодильника под действием подвижных реек.

Автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУТП) реализует управляющие и информационные функции и состоит из трех структурных уровней и программного обеспечения.

Уровень 0 полевой обеспечивают АСУТП исходной информацией и исполняют команды управления «Уровня 1».

Уровень 1 базовый обеспечивает сбор и обработку исходной информации с «Уровня 0», создает оперативную базу данных, выдает команды на исполнительные устройства и электроприводы «Уровня 0» и информацию на технические средства «Уровня 2» для визуализации, управления и архивирования.

Информационно-аналитический Уровень 2 включает в себя технологические серверы и клиентские станции приложений и визуализации; систематизирует информацию о процессе разлива, контроля и управления процессом разлива, архивирования, оптимизации процесса (расчет и выдачу рекомендаций номинальных параметров); обеспечивает обмен информацией с АСУ цеха посредством стандартных средства доступа.

Прикладное программное обеспечение представляет собой систему программ, достаточных для реализации функций АСУТП и допускающих настройку на конкретные условия применения, имеет модульную структуру, обеспечивающую удобство пользования, возможность корректировки и расширения.

На рис. 2 представлена схема МНЛЗ.

Техническая характеристика МНЛЗ и особенности проекта для ОАО ОЭМК

Тип МНЛЗ	Радиальная с плавным разгибом
Базовый радиус машины, мм	12 000
Производительность, не менее, млн т	1,0
Сечение литых квадратных заготовок, мм	150 / 170 / 200
Максимальная скорость разлива, м/мин	3 / 2,5 / 1,7
Количество ручьев	6
Межручьевое расстояние, мм	1200
Уровень линии выхода заготовки, мм	1000 от уровня пола
Мерная длина заготовок, м	4–12
Регулирование расхода металла	Стопорами с электромеханическим приводом
Длина/тип гильзы кристаллизатора, мм	1000 / параболическая
Система «регулируемое обжатие/плавный разгиб»	8 пар валков на ручей
Диаметр/шаг валков, мм	400 / 750
Радиусы плавного разгиба, мм	12 110,38 / 17 203,30 / 105 323,57
Металлургическая длина, м	36,5 от уровня мениска жидкой стали в кристаллизаторе до линии реза на МГР

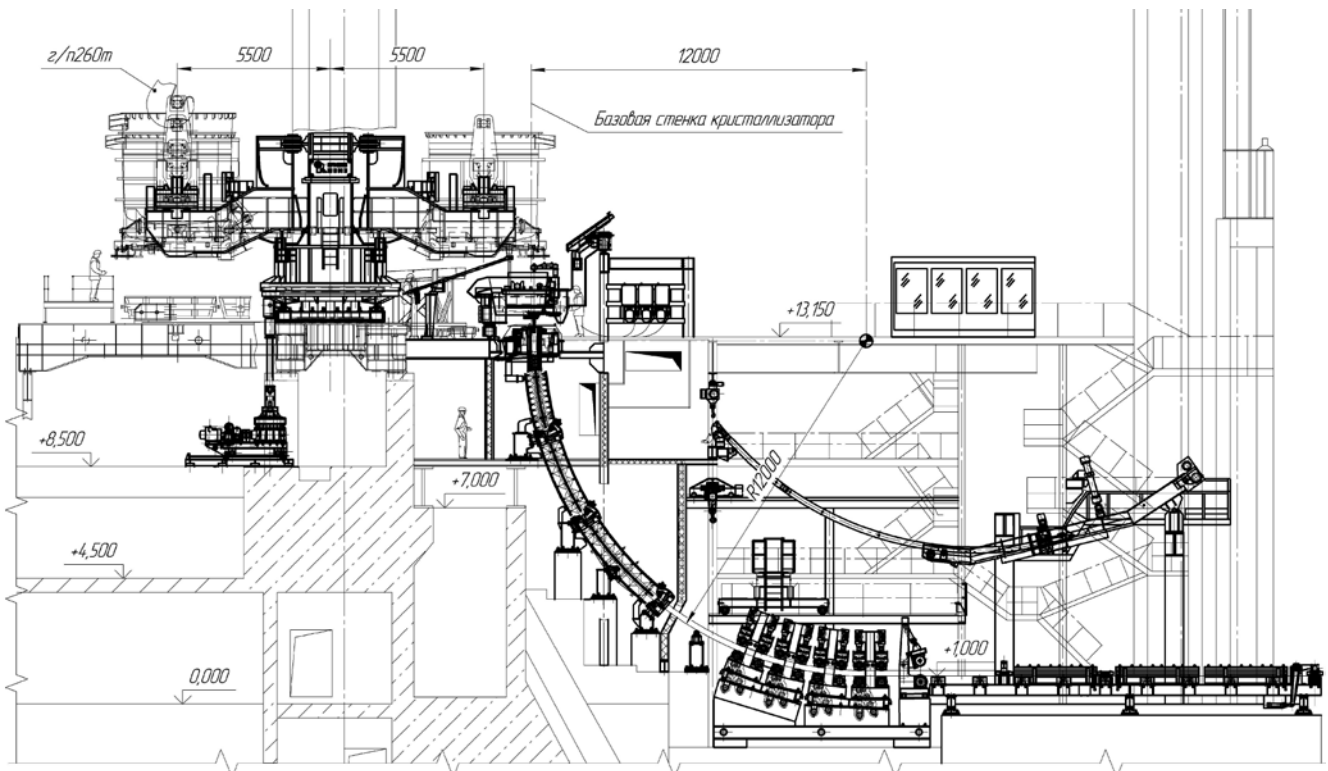


Рис. 2. Сортивая МНЛЗ

При соответствующей организации работ конструкция узлов гарантирует следующие показатели: время замены кристаллизатора не более 20 мин для одного кристаллизатора; время полной замены сечения литой заготовки 240 мин; время перезапуска ручьев с помощью «жесткой» затравки не более 35–45 мин в зависимости от сечения.

Отличительной особенностью проекта является комплексная разработка оборудования, необходимого как для литья, так и для отгрузки товарных заготовок потребителям. Для этих целей в ОАО «МК ОРМЕТО-ЮУМЗ» кроме МНЛЗ спроектировано оборудование для участка хранения и отгрузки литой заготовки, включающее в себя:

- транспортный рольганг с канатными шлеперами, укладываемыми заготовки на накопительные стеллажи, с последующей уборкой крапом для окончательного охлаждения;
- инспекционный стенд, обеспечивающий поштучную подачу заготовок на осмотр, их кантовку и уборку после осмотра;
- линию пакетирования и обвязки для формирования пакетов, их обвязки, печатания и навешивания бирок.

Марки разливаемой стали и планируемые металлургические результаты. В соответствии с

требованиями технического задания на сортовую МНЛЗ предусмотрена разливка сталей широкого сортамента, которые сведены в несколько групп: сталь углеродистая обыкновенного качества, раскисленная кремнием, с содержанием $C \leq 0,35\%$; легированная конструкционная сталь и конструкционная углеродистая сталь с содержанием $C \leq 0,42\%$, $Cr+Ni+Mo < 2\%$; рессорно-пружинные и высоколегированные стали с $Cr+Ni+Mo < 2\%$ и конструкционные углеродистые стали с содержанием $C > 0,42\%$; высокоуглеродистые стали для канатов и металлокорда; подшипниковые стали; стали с повышенным содержанием серы, раскисленные алюминием. Сталь выплавляется в ДСП, масса плавки в СК 160 т, время цикла подачи плавки на МНЛЗ 50–70 мин. Основной объем производства – углеродистая сталь обыкновенного качества и конструкционные легированные и углеродистые стали, в том числе для объемной холодной штамповки. При этом для углеродистой стали обыкновенного качества требования по качеству структуры и поверхности не ниже, чем для стали остальных групп.

Поверхности заготовки должны быть без таких видимых дефектов, как раковины, включения шлака, заливины, трещины, в том числе паукообразные трещины, поверхностные поры, царапины, застывшие брызги. Глубина следов от ка-

чания кристаллизатора не должна превышать 0,5 мм – во всяком случае, глубина следов от качания не должна требовать какую-либо отделку поверхности заготовки перед прокаткой.

Не допускаются диагональные, центральные, разветвленные (паукообразные) трещины. Не допускаются ликвационные полосы с длиной более 0,5% от длины стороны сечения заготовки. 90% трещин по среднему радиусу и подповерхностных трещин не должны по длине превышать 3,3% длины стороны сечения заготовки, а остальные – 10%.

Минимальная зона равноосных кристаллов – 40–55% толщины заготовки в зависимости от содержания углерода в стали.

Максимальный диаметр центральной площади с разбросанными порами или максимальный диаметр центральной полости, измеряемые на поперечном сечении литой заготовки, не должны превышать 15 и 1,5% длины стороны сечения заготовки соответственно.

Коэффициент сегрегации углерода в зависимости от его содержания в расплаве ПК должен находиться в пределах 0,95–1,10.

Заключение. Рассмотренные выше для сортамента сталей параметры качества находятся, по нашему мнению, на предельно высоком уровне для современного этапа развития технологии непрерывной разливки, достижение которых требует значительных капитальных затрат. В рамках концепции модификации головного образца под требования заказчика с сохранением конструкции основных узлов МНЛЗ будут проектироваться машины, направленные на снижение их стоимости. Это будет связано с уменьшением базового радиуса МНЛЗ, количества ручьев, оптимизацией состава оборудования, совершенствованием технологических узлов. Исходными параметрами для снижения стоимости в сравнении с базовым

вариантом являются масса и цикл подачи плавки, размеры отливаемых сечений, уменьшение сортамента марок стали.

Библиографический список

1. Смирнов А.М., Сафонов В.М., Дорохов А.В., Цурпун А.Ю. *Металлургические мини-заводы* : монография [Электронный ресурс] / Донецкий национальный технический университет / Украинская Ассоциация Сталеплавателей. – Режим доступа : <http://uas.su/books/2011/minizavod/minizavod.php>
2. Карацуба В.И. Повышение производительности и качества непрерывного литья при реализации технологии мягкого обжатия: Сб. докл. науч.-техн. конф. «Опыт поузловой модернизации МНЛЗ с внедрением современных технологических решений в области непрерывной разливки стали». Орск, 2003. С. 30–43.
3. Бойко С.Ю. Перспективы модернизации блюмовых МНЛЗ поставки Южуралмашзавода // Там же. С. 44–54.
4. Павлов В.В., Сапаев Н.М., Бойко С.Ю. и др. Концепция модернизации блюмовых МНЛЗ ЭСПЦ НКМК // *Сталь*. 2005. № 7. С. 81–85.
5. Кондратьев С., Агибалов С. Предложение без спроса и спрос без предложения. Мировой рынок металлургического оборудования в 2000–2100 годах: основные тенденции // *Объединенное машиностроение*. 2011. № 1 (05). С. 18–27.
6. Бират Ж.-П., Шоне Ж. Электромагнитное перемещение при непрерывной разливке заготовок, блюмов и слябов: Тр. междунар. конгр. «Достижения в области непрерывной разливки стали» : Пер. с англ. Евтеева Д.П., Колыбаева И.Н. М. : *Металлургия*, 1987. С. 98–116.
7. Мельников А.В. Современные технологические решения, примененные при реконструкции МНЛЗ ЭСПЦ ОАО «Северсталь»: Сб. докл. науч.-техн. конф. «Опыт поузловой модернизации МНЛЗ с внедрением современных технологических решений в области непрерывной разливки стали». Орск, 2003. С. 22–25.

PROJECT OF CCM FOR PRODUCTION OF QUALITY BILLETS FROM STEELS OF WIDE RANGE OF STEEL GRADES

© **Boyko S.Yu.; Karatsuba V.I.; Shevenionov D.N.; Kuklev A.V.**, Dr Sc. (Eng.); **Longinov A.M.**, Cand. Sc. (Eng.); **Tinyakov V.V.**, Cand. Sc. (Eng.); **Danilov V.L.**, Dr Sc. (Eng.)

The CCM project is a main sample to the series of units for continuously casted billets providing for stable and high quality indicators of surfaces and macrostructure of billets, guaranteeing limitations to cracks length of particular type or their absence. The main CCM sample is designed primarily for effective replacement for radial bloom CCM with base radius of 12 m being produced by JSC Heavy Engineering ORMETO-YUMZ.

Keywords: continuous casting of steel; CCM; billet; macrostructure; modernization.

УДК 621.73-412.004.13

ВНЕОСЕВАЯ ЛИКВАЦИЯ И ВЛИЯНИЕ НА НЕЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ КРУПНЫХ СЛИТКОВ ИЗ ХРОМОНИКЕЛЬМОЛИБДЕНОВЫХ СТАЛЕЙ

© Коновалов Сергей Сергеевич; Зюбан Николай Александрович, д-р техн. наук, проф.;
 Руцкий Дмитрий Владимирович, канд. техн. наук; Гаманюк Сергей Борисович, канд. техн. наук;
 Пузиков Артемий Ярославич

Волгоградский государственный технический университет. Россия, г. Волгоград. E-mail: tecmat@vstu.ru, rtecmat@vstu.ru

Статья поступила 20.05.2013 г.

Представлены результаты исследования внеосевой ликвационной неоднородности в крупных кузнечных слитках различной геометрии и технологии литья. Установлено, что увеличение скорости кристаллизационных процессов путем изменения конфигурации донной части слитка или инокулирования струи при литье в вакууме приводит к значительным изменениям параметров расположения шнуров внеосевой ликвации и их геометрических характеристик.

Ключевые слова: крупный слиток; ликвационная неоднородность; шнуры внеосевой ликвации; выпуклый поддон; инокулирование.

Перспективы развития производства крупных слитков тесно связаны с возможностями технологии получения высококачественного металла для изделий ответственного назначения энергетического, атомного и химического машиностроения. Сложности получения таких заготовок обусловлены особенностями кристаллизации больших масс металла, когда в течение длительного времени одновременно протекают физические, тепловые и физико-химические явления. Это приводит к образованию большого количества внутренних неконтролируемых дефектов металлургического характера, существенно ухудшающих качество поковок и получаемых из них готовых изделий [1]. На сегодня одним из опасных и трудно устранимых дефектов является образование в слитке зоны внеосевой химической неоднородности, которая проявляется в виде «шнуров» внеосевой ликвации – участков повышенной травимости на макроструктуре слитков, иногда сопровождающихся пористостью (рис. 1). Отрицательное воздействие этого дефекта на механические свойства проявляется в резком снижении ударной вязкости вблизи ликвационных шнуров и усталостной прочности металла [2]. Причиной образования этого дефекта является протекание усадочных явлений с одновременным перераспределением примесей в двухфазной зоне в процессе затвердевания слитка.

В связи со сложностью этого процесса до настоящего времени нет единой концепции, объясняющей механизм образования шнуров

внеосевой ликвации, что затрудняет выбор эффективных методов, направленных на подавление этого явления [3].

Цель данной работы – исследование особенностей расположения и распределения шнуров внеосевой ликвации, их геометрических характеристик, выявление общих закономерностей образования шнуров в зависимости от различных теплофизических условий разливки и кристаллизации слитков.

Объектом исследования являлись три слитка стали 38ХНЗМФА (массой 24,2 т), отлитых в вакууме, один из которых отливался по штатной технологии (сравнительный слиток), второй был отлит в изложницу с «выпуклым» поддоном. Благодаря применению донной части изложницы специфической формы масса слитка уменьши-

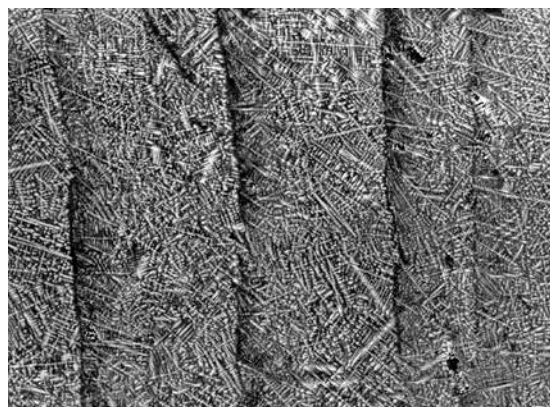


Рис. 1. Вид ликвационных шнуров в крупных стальных слитках

лась до 22,5 т [4]. При литье третьего слитка была использована технология инокулирования струи, когда в процессе разливки в вакууме обеспечивается дополнительное образование капель металла, попадающих в изложницу в затвердевшем состоянии [5]. На рис. 2 представлены размеры использованной литейной оснастки. Из продольных осевых темплетов слитков было изготовлено более 100 серных отпечатков, которые затем подвергались сравнительному исследованию. Основные геометрические параметры слитков кроме конфигурации донной части были одинаковыми.

Исследование серных отпечатков трех слитков проводили по их оцифрованным копиям: определяли диаметры шнуров, а также координаты точек начала и конца каждого шнура с помощью координатной сетки (ось ординат располагалась по оси слитка, а ось абсцисс – по его донной части). Затем расчетным путем по значениям координат определяли видимую длину каждого шнура и угол наклона к оси слитка (см. таблицу).

Из приведенных данных следует, что в опытных слитках количество шнуров гораздо больше, чем в слитке обычной геометрии: в слитке с вогнутой донной частью – в 1,7 раза больше, в инокулированном – в 2,5 раза. Также следует отметить, что в инокулированном слитке число шнуров в 1,5 раза больше, чем в слитке с измененной геометрией донной части. Несмотря на то что средняя видимая длина шнуров в обычном слитке и в слитке с вогнутой донной частью практически одинакова, интервал длин шнуров в опытном слитке шире в 1,5 раза (самый короткий шнур в опытном слитке имеет длину около 1 см, что короче такого же в слитке сравнения почти

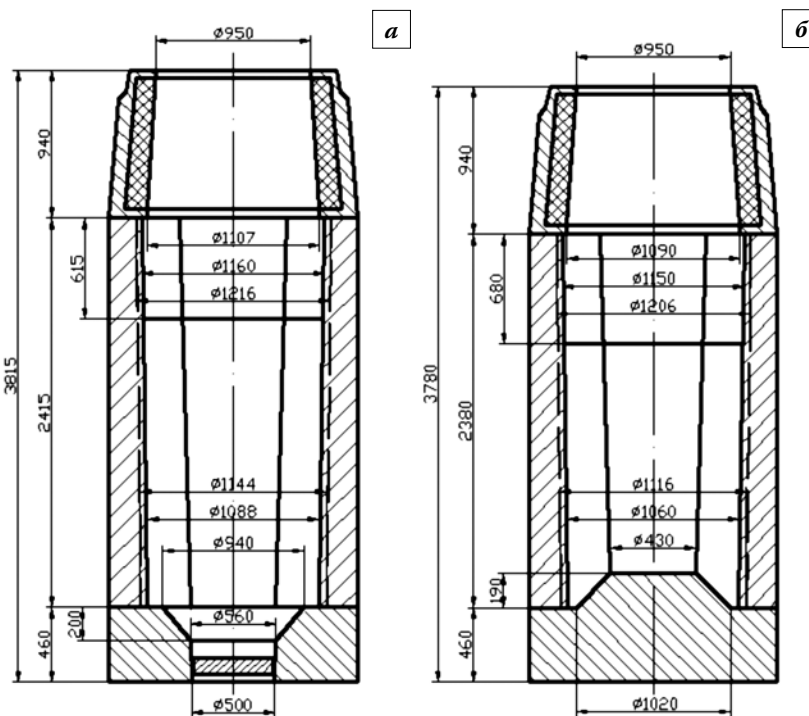


Рис. 2. Схема и размеры литейной оснастки для литья обычного и инокулированного слитков (а) и слитка с вогнутой донной частью (б)

в 2 раза, а длина самого протяженного шнура на 37% больше аналогичного в обычном слитке и составляет почти 20,5 см). В инокулированном слитке средняя видимая длина шнуров по сравнению с остальными больше на 20%, а интервал значений длин практически совпадает с аналогичным параметром в слитке с вогнутой донной частью.

По результатам исследования угла наклона шнуров внеосевой ликвации к вертикальной оси можно отметить, что в опытных слитках шнуры стремятся к более пологому расположению, причем это особенно проявляется в слитке с вогнутой донной частью.

Другим важным параметром шнуров является их диаметр, так как он характеризует размер дефектной зоны по сечению слитка. Анализ полученных данных показывает, что в опытных слит-

Геометрические параметры шнуров внеосевой ликвации в исследованных слитках стали 38ХНЗМФА

Тип слитка	Число шнуров на осевом темплете, шт.	Длина шнура, мм			Угол наклона к оси слитка, град.			Диаметр шнура, мм		
		мин.	макс.	сред.	мин.	макс.	сред.	мин.	макс.	сред.
Слиток обычной геометрии	54	20	149	63	1	47	9,3	1	14	5,5
Слиток с вогнутой донной частью	92	11	204	62,9	2	31	12	1	10	3,6
Слиток с инокулированием струей	136	14	213	75,6	1	35	9,8	1	7	3,5

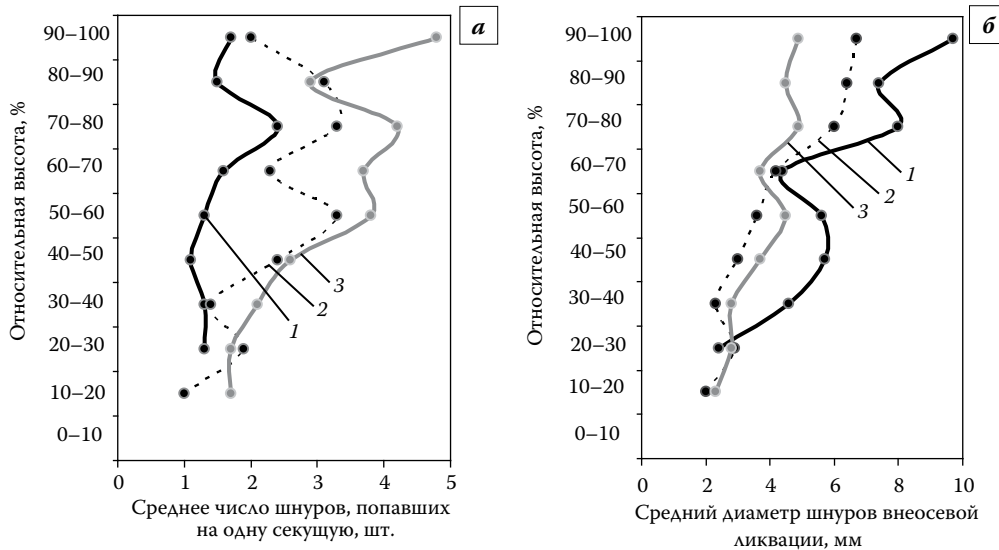


Рис. 3. Изменение среднего количества (а) и среднего диаметра (б) шнуров внеосевой ликвации по высоте исследованных слитков: 1 – обычной геометрии; 2 – с вогнутой донной частью; 3 – инокулированный

ках по сравнению с обычным средний диаметр шнуров внеосевой ликвации меньше на 35%. Максимальный диаметр шнура уменьшился в слитке измененной геометрии на 29% и на 50% – в инокулированном.

Исследование изменения среднего диаметра шнуров по высоте и радиусу слитков производили с помощью метода секущих, суть которого состоит в том, что на продольную осевую плиту каждого слитка наносили координатную сетку (периодичность по горизонтали – 20 мм, по вертикали – 10 мм) и вычисляли следующие параметры: число шнуров, попавших на одну секущую, и сумму их диаметров. Далее определялся средний диаметр шнуров в заданной области слитка.

Исследование изменения среднего количества шнуров, попавших на одну секущую, и их среднего диаметра по высоте слитков (рис. 3) показало, что по всей высоте исследованных слитков меньше всего шнуров имеется в слитке обычной геометрии, но при этом они имеют самый большой средний диаметр, превышающий в средних и верхних горизонтах слитка аналогичное значение для опытных слитков. В инокулированном слитке по всей его высоте шнуров больше, чем в слитке с измененной геометрией донной части, но средний диаметр шнуров последнего меньше до уровня 2/3 высоты слитка. В верхней трети инокулированный слиток имеет средний диаметр шнуров в 2 раза меньше по сравнению с обычным и в 1,5 раза меньше по сравнению со слитком измененной геометрии, который в средних горизонтах имеет диаметр шнуров в 2 раза меньше, чем в слитке обычной геометрии. Это связано с влиянием

ускоренного охлаждения донной части слитка и инокулирования на размер и количество шнуров внеосевой ликвации.

В процессе исследований определяли долю шнуров внеосевой ликвации, располагающихся на осевом темпете нижнего (0–40% высоты тела слитка), среднего (40–70%) и верхнего (70–100%) горизонтов (рис. 4). В слитке обычной геометрии почти половина шнуров располагается

в верхней трети, в нижней части – всего 22%. В слитке с вогнутой донной частью внизу шнуров в 1,5 раза больше, а в верхней части их всего 17%. Более равномерное распределение шнуров наблюдается в инокулированном слитке, где в нижней, средней и верхней частях располагается соответственно 31, 42 и 27% шнуров. Таким образом, в опытных слитках большинство шнуров располагаются на нижних и средних горизонтах.

По радиусу исследованных слитков наблюдается аналогичная ситуация (рис. 5): в обычном слитке шнуров меньше, но они крупные. В опытных слитках при значительно большем количестве ликвационных шнуров их размеры минимальны.

Следует отметить характерную особенность всех слитков: в направлении от донной части к подприбыльной число шнуров и их средний диаметр возрастают; от поверхности к оси слитка

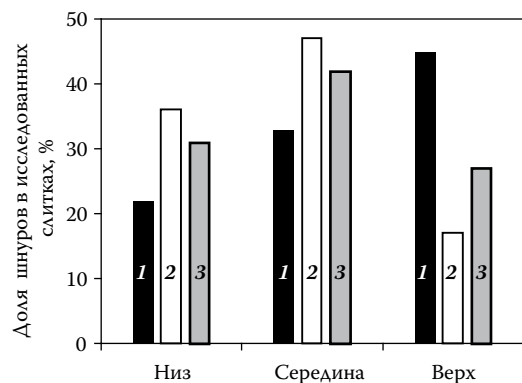


Рис. 4. Распределение шнуров на осевых темпетах в исследованных слитках: 1 – обычной геометрии; 2 – с вогнутой донной частью; 3 – инокулированный

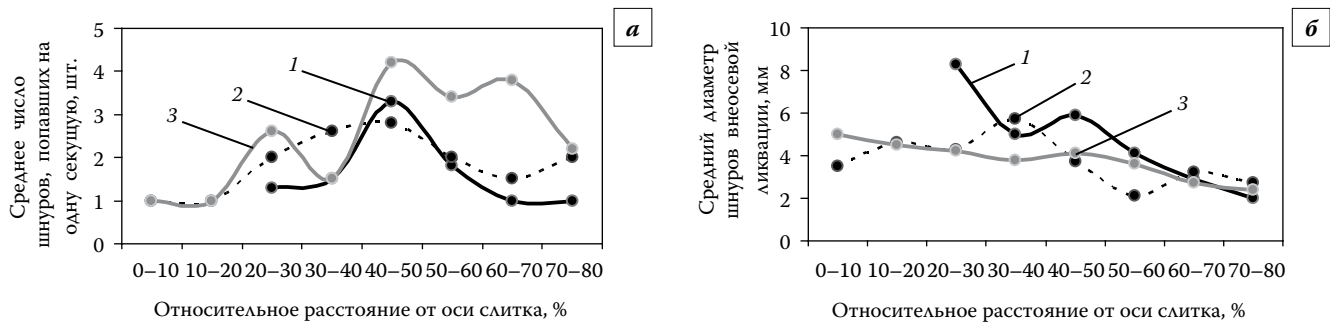


Рис. 5. Изменение среднего числа (а) и среднего диаметра (б) шнуров внеосевой ликвации по радиусу исследованных слитков: 1 – обычной геометрии; 2 – с вогнутой донной частью; 3 – инокулированный

число шнуров увеличивается, достигает максимума на расстоянии $1/2$ – $2/3$ радиуса, затем уменьшается; средний диаметр увеличивается практически непрерывно. В начале процесса затвердевания средний диаметр шнуров по высоте и сечению всех слитков практически одинаков.

Заключение. Таким образом, управляя теплофизическими факторами разливки и кристаллизации слитка в результате изменения его формы и инокулирования струи можно воздействовать на особенности формирования шнуров внеосевой ликвации, их расположение и геометрические характеристики.

При этом количество шнуров внеосевой ликвации в опытных слитках больше, они располагаются более полого, их средний диаметр уменьшается на 35% по сравнению со шнурами в обычном слитке.

Большая часть шнуров в опытных слитках имеет меньшую длину, располагаются они преимущественно на нижних и средних горизонтах, что свидетельствует о сосредоточении большого количества ликватов в этой области. В результате в верхних горизонтах, затвердевающих последними, количество ликватов уменьшается, и образование шнуров осложняется. Их становится меньше, что приводит к более равномерному распределению ликвирующих примесей по объему слитков. Это, в свою очередь, снижает анизотро-

пию механических свойств по длине и сечению готовых изделий из крупных слитков.

Изменение формы поддона и применение разливки в вакууме с инокулированием струи не требуют больших затрат, технологичны и легко встраиваются в существующую производственную схему получения крупных слитков.

Работа выполнена в рамках гранта МК-4034.2012.8 «Разработка оптимальной конфигурации и технологии отливки кузнечных слитков в вакууме с контролируемым развитием дефектных зон литого металла с целью повышения качества и надежности крупногабаритных изделий энергетического машиностроения».

Библиографический список

1. Зюбан Н.А., Жульев С.И. Развитие технологии получения крупных стальных слитков и проблемы качества металла // *Металлург.* 2009. № 6. С. 48–50.
2. Ефимов В.А. Разливка и кристаллизация стали. М.: *Металлургия*, 1976. 552 с.
3. Руцкий Д.В., Жульев С.И., Титов К.Е. Ликвация в крупных кованных изделиях // *Проблемы черной металлургии и материаловедения.* 2008. № 2. С. 21–26.
4. А.с. 668753 СССР, МПК⁵ В21J5/00, В22D 7/00. Кузнечный слиток / Г.А.Пименов, А.А.Мишулин, В.Н.Лебедев и др.; заявл. 31.03.1975; опубл. 25.06.1979.
5. Зюбан Н.А., Жульев С.И. Влияние инокуляторов на качество слитков и изделий // *Сталь.* 2001. № 6. С. 57–60.

OFF-AXIS SEGREGATION AND INFLUENCE OF THERMAL FACTORS ON IT AT CRYSTALLIZATION OF LARGE INGOTS FROM Cr–Ni–Mo STEELS

© **Kononov S.S.**; **Zyuban N.A.**, Dr Sc. (Eng.); **Rutskii D.V.**, Cand. Sc. (Eng.); **Gamanyuk S.B.**, Cand. Sc. (Eng.); **Puzikov A.Ya.**

Results of study of off-axis heterogeneity segregation in large forging ingots of different geometry and casting technology are presented. Increasing at crystallization processes by changing configuration of bottom part of ingot or inoculation stream when casting in vacuum lead to significant changes in parameters of arrangement of the off-axis segregation strings and of their geometric characteristics.

Keywords: large ingot; segregation heterogeneity; off-axis segregation strings; convex pallet; inoculation.

УДК 621.774.35

МЕТОДИКА РАСЧЕТА СКОРОСТНОГО РЕЖИМА ПРИ НЕПРЕРЫВНОЙ ПРОКАТКЕ ТРУБ

© **Гуляев Юрий Геннадиевич**, д-р техн. наук, проф.

Национальная металлургическая академия Украины, Институт развития ОАО «ИНТЕРПАЙП НТЗ».
Украина, г. Днепропетровск. E-mail: Gulyaev.Y@mail.ru

Шифрин Евгений Исаевич, канд. техн. наук; директор дирекции по технологии

ОАО «Трубная металлургическая компания». Россия, Москва. E-mail: ShifrinEl@tmk-group.com

Статья поступила 13.12.2012 г.

Предложена методика расчета скоростного режима непрерывной продольной прокатки труб на длинной оправке. Учтено влияние параметров калибровки валков на скоростной режим прокатки. Приведены примеры конкретных расчетов.

Ключевые слова: трубы; непрерывный стан; продольная прокатка; плавающая длинная оправка; скоростной режим.

Выбор скоростного режима (окружных скоростей валков) при продольной прокатке труб на оправке в непрерывном многоклетевом стане является неотъемлемой частью расчета технологических параметров производства. От правильного выбора скоростного режима во многом зависит качество получаемой передельной трубы и, в конечном счете, – точность и качество готового изделия.

Известен способ определения окружных скоростей валков по клетям непрерывного стана, при котором окружную скорость валков n_i в клети с порядковым номером i определяют на основании вытекающего из закона постоянства секундных объемов соотношения [1, с. 283, формула (340)]

$$n_i = Q_{i+1} D_{k(i+1)} n_{i+1} / Q_i D_{ki} w_i \quad (1)$$

где Q_{i+1} , Q_i – площади поперечного сечения прокатываемой заготовки на выходе из очагов деформации клеток непрерывного стана с порядковыми номерами $i+1$ и i соответственно; $D_{k(i+1)}$, D_{ki} – катающие диаметры валков в очагах деформации клеток непрерывного стана с порядковыми номерами $i+1$ и i соответственно (по физическому смыслу – это катающие диаметры при свободной прокатке, т.е. при прокатке без натяжения и подпора); n_{i+1} – окружная скорость валков в клети непрерывного стана с порядковым номером $i+1$; w_i – коэффициент кинематического натяжения (подпора) в межклетевом промежутке с порядковым номером i (между клетями непрерывного стана с порядковыми номерами i и $i+1$).

Катающие диаметры D_{ki} и $D_{k(i+1)}$, входящие в выражение (1), определяют на основании уравне-

ния [1, с. 283, формула (338)]

$$D_k = D_i - 0,70H, \quad (2)$$

где D_i – идеальный диаметр валка; H – высота двухвалкового калибра, или используют аналогичное соотношение [2, с. 72, формула (97)]

$$D_k = D_i - 0,75H. \quad (3)$$

При определении площадей Q_i и Q_{i+1} поперечного сечения прокатываемой заготовки принимают толщину стенки гильзы-трубы в месте ее отставания от оправки отличной от стенки трубы в круглой части калибра и равномерной по всей длине выпуска [3, с. 197, второй абзац сверху]. Для определения принятой постоянной и равномерной толщины стенки S_B заготовки в зоне выпуска предлагается использовать эмпирические формулы [3, с. 195, формула (74) и с. 198, формула (78)].

Первый недостаток вышеуказанного способа определения окружных скоростей валков по клетям непрерывного стана состоит в том, что уравнения (2) и (3) являются *приближенными* решениями более сложного уравнения, в соответствии с которым катающий диаметр валков D_k равен среднему диаметру валка D_{cp} по ширине калибра [4]. *Второй недостаток* этого способа состоит в том, что в соответствии с допущением о постоянстве толщины стенки в зоне выпуска площади поперечного сечения прокатываемой заготовки вычисляются приближенно. Оба указанных недостатка приводят к тому, что определение катающего диаметра валков D_k и площадей

Для зоны выпуска калибра ($\pi/2 - \theta_b < \theta \leq \phi_g$, здесь $\phi_g = \angle O_h O_k O_2$)

$$R_k(\theta) = \sqrt{A \{ \sin[\arccos(B + \theta)] \}^2 - (A - \rho^2)} - \sqrt{A \{ \sin[\arccos(B + \theta)] \}}, \quad (5.2)$$

где $A = (\rho - R)^2 + e_k^2 + 2(\rho - R)e_k \sin(\psi + \beta)$;
 $B = (\rho - R)\cos(\psi + \beta)/\sqrt{A}$.

Радиусы выпуска $\rho = \overline{O_b O_1} = \overline{O_b O_2} = \overline{O_b O_4}$, радиус калибра на границе зон вершины калибра и выпуска $R_{kb} = \overline{O_k O_1}$, а также вспомогательные углы $\psi = \angle O_1 O_b O_4$ и $\beta = \angle O_4 O_b O_3$ определяются как корни системы уравнений

$$R_{kb} = \sqrt{R^2 - e_k^2 \sin^2\left(\frac{\pi}{2} - \theta_b\right) - e_k \cos\left(\frac{\pi}{2} - \theta_b\right)};$$

$$\psi + \beta = \arccos\left(\frac{R_{kb} \cos \theta_b}{R}\right);$$

$$\rho \cos \beta = b + (\rho - R)\cos(\psi + \beta);$$

$$\rho \sin \beta = (\rho - R)\sin(\psi + \beta) + e_k,$$

где $b = h\lambda$; $h = R - e_k$.

Величины углов $\beta_g = \angle O_2 O_b O_3$ и $\theta_g = \angle O_2 O_k O_4$, а также радиус калибра в начале зоны галтели $R_{kg} = \overline{O_2 O_k} = R_k(\phi_b)$ определяются как корни системы уравнений

$$(\rho + r_g)\sin \beta_g = r_g + \Delta/2 + \rho \sin \beta;$$

$$\rho \sin \beta_g = R_{kg} \sin \theta_g + \rho \sin \beta;$$

$$\rho \cos \beta_g = R_{kg} \cos \theta_g + \rho \cos(\psi + \beta) - R_{kb} \cos \theta_b.$$

Угол, характеризующий начало зоны галтели, $\phi_g = \pi/2 - \theta_g$.

На рис. 2 представлена зона галтели калибра. Для этой зоны ($\phi_g < \theta \leq \phi_\delta$, здесь $\phi_\delta = \angle O_h O_k O_6$)

$$R_k(\theta) = \sqrt{r_g^2 + R_g^2 - 2r_g R_g \cos \gamma(\theta)}, \quad (5.3)$$

где $\phi_\delta = \pi/2 - \arctan \Delta/2b_g$; $\gamma(\theta) = \frac{3\pi}{2} - \beta_b(\theta) - \theta_{rg} - \theta$;

$$\beta_b(\theta) = \pi - \arcsin\left[\frac{R_g}{r_g} \sin\left(\theta_{rg} + \theta - \frac{\pi}{2}\right)\right];$$

$$\theta_{rg} = \arctan \frac{\Delta + 2r_g}{2b_g}; b_g = (\rho + r_g)\cos \beta_g - (\rho - R)\cos(\psi + \beta).$$

Угол θ_s , характеризующий положение сечения, в котором прекращается обжатие по стенке заготовки в i -той клетке стана (рис. 3), определится из условия

$$\{[R_k(\theta_s)]_i - r_0\} - S_{(i-1)}(\pi/2 - \theta_s) = 0, \quad (6)$$

где r_0 – радиус оправки.

Профиль образующей внешней поверхности заготовки на выходе из очага деформации i -той клетки описывается уравнением

$$R_z(\theta) = R_k(\theta), \text{ если } 0 \leq \theta \leq \phi_b; \quad (7.1)$$

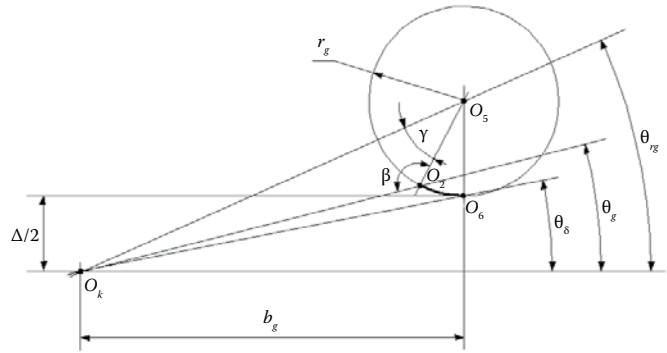


Рис. 2. Геометрические параметры зоны галтели

$$R_z(\theta) = R_k(\phi_b), \text{ если } \phi_b < \theta \leq \pi/2, \quad (7.2)$$

где $\phi_b = \phi_g$, если $\phi_g \geq \theta_s$; $\phi_b = \theta_s$, если $\phi_g < \theta_s$.

Профиль образующей внутренней поверхности заготовки на выходе из очага деформации i -той клетки описывается уравнением

$$r_z = r_0, \text{ если } 0 \leq \theta \leq \theta_s; \quad (8.1)$$

$$r_z(\theta) = R_k(\phi_b) - S_{(i-1)}(\pi/2 - \theta), \text{ если } \phi_b < \theta \leq \pi/2. \quad (8.2)$$

При известных зависимостях, описывающих профили внешней и внутренней образующих, расчет площадей поперечного сечения заготовки на выходе из каждой клетки непрерывного стана осуществляется по известной методике [5].

При расчете величины D_k в тех клетках стана, в которых происходит деформация заготовки по стенке ($S_{i-1} - S_i > 0$), в разработанной авторами методике предлагается воспользоваться аналитическими выводами, сделанными в работе [9]. Толщина стенки в нейтральном сечении вершины калибра ($\theta = 0$) может быть определена по формуле

$$S_n = (S_0/S_1)^m \sqrt{S_0 S_1}, \quad (9)$$

где S_0 – толщина стенки в вершине калибра на входе в очаг деформации; $m = -(S_0 - S_1)/2l(f + f_0)$;

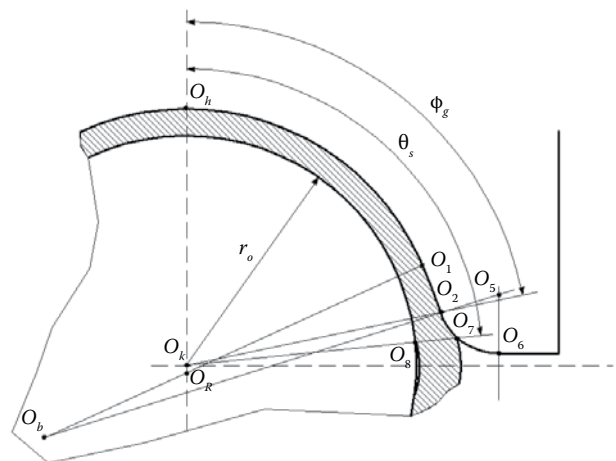


Рис. 3. Схема к определению геометрических параметров зоны обжатия по стенке

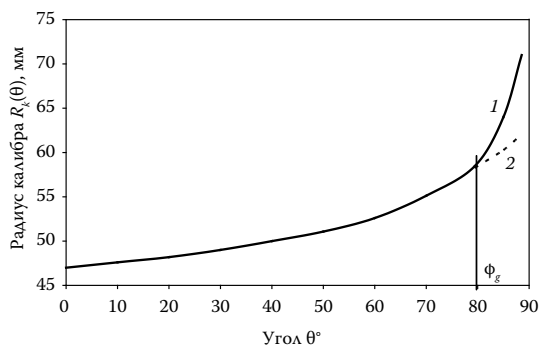


Рис. 4. Изменение расчетного радиуса калибра $R_k(\theta)$: 1 – предлагаемая методика; 2 – известная методика [5]

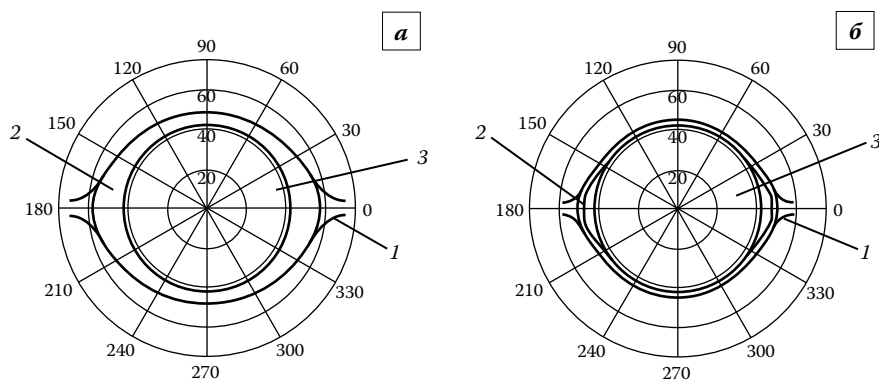


Рис. 5. Расчетные геометрические параметры на выходе из очага деформации первой (а) и шестой (б) клеток: 1 – калибр; 2 – труба; 3 – оправка

l – длина очага деформации по вершине калибра; f, f_0 – коэффициенты внешнего трения соответственно между валком и металлом и между оправкой и металлом.

При известной величине S_n угол нейтрального сечения для вершины калибра определится из формулы

$$\gamma = \arccos[1 - 2(S_n - S_1)/(D_n - H)]. \quad (10)$$

Подставляя величину γ в формулу (4), определим значение катающего диаметра D_k . Для выходных клеток стана, где обжатия по стенке заготовки нет ($S_{i-1} - S_i = 0$), катающий диаметр рассчитывают по ранее используемой методике [5].

Реализация модели. Были рассчитаны параметры прокатки черновой трубы размерами 92×3 мм из гильзы размерами 122×14 мм в 8-клетевом непрерывном стане (диам. валков 400 мм; диам. оправки 84 мм; скорость выхода трубы из стана 2,8 м/с). На рис. 4 показано изменение расчетного значения радиуса калибра $R_k(\theta)$ первой клетки стана в пределах $\frac{1}{4}$ его периметра при использовании известной [5] и предлагаемой методик. На рис. 5 приведены геометрические параметры калибра, трубы и оправки на выходе из очагов деформации первой и шестой клеток стана.

Результаты расчета по предлагаемой (А) и ранее используемым методикам

№ клетки	Окружные скорости (мин ⁻¹) валков							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
А	45	65	107	133	156	165	159	159
[5]	46	69	112	138	153	163	160	159
[5]*	46	69	112	137	152	162	159	159
[6]	45	68	104	129	148	157	159	159

*Расчет с учетом наличия галтели.

Результаты расчета окружных скоростей валков по предлагаемой и ранее используемым [5, 6] методикам приведены в таблице.

Анализ результатов. Как следует из приведенных в таблице данных, вследствие того, что в предлагаемой методике изменена методология определения величин катающих диаметров, расчетные окружные скорости валков отличаются от значений, полученных при использовании ранее известных методик. Практическая апробация разработанной методики

в условиях непрерывного стана ТПА-80 показала, что при использовании скоростных режимов прокатки, рассчитанных с ее использованием, снижается вероятность образования дефектов на трубах и улучшаются условия извлечения оправки.

Закключение. Предложена и апробирована методика расчета скоростного режима непрерывной оправочной продольной прокатки труб, учитывающая наличие зон опережения и отставания в очаге деформации и уточняющая известные формулы для определения величин катающих диаметров и окружных скоростей валков по клетям непрерывного стана.

Библиографический список

1. Матвеев Ю.М., Ваткин Я.А. Калибровка валков и инструмента трубных станов. М.: Металлургия, 1951. 412 с.
2. Данилов Ф.А., Балакин А.З., Глейберг В.Г. Горячая прокатка и прессование труб. Изд. 3-е. М.: Металлургия, 1972. 576 с.
3. Матвеев Ю.М., Ваткин Я.А. Калибровка инструмента трубных станов. Изд. 2-е. М.: Металлургия, 1970. 480 с.
4. Чекмарев А.П., Ваткин Я.А. Основы прокатки труб в круглых калибрах. М.: Металлургия, 1962. 222 с.

5. Гуляев Ю.Г., Шифрин Е.И., Максимова-Гуляева Н.А. и др. Методика расчета скоростного режима непрерывной продольной прокатки труб на длинной оправке // Теория и практика металлургии. 2010. № 3–4. С. 53–57.

6. Гуляев Ю.Г., Шифрин Е.И., Гармашев Д.Ю. и др. Методика расчета скоростного режима при непрерывной продольной прокатке труб на длинной плавающей оправке // Металлургическая и горнорудная промышленность. 2011. № 7. С. 134–136.

7. Шевченко А.А., Чекмарев И.А. Элементы теории прокатки труб в непрерывном стане на длинной плавающей

оправке: Тр. УкрНИТИ. Вып. 1. М. : Metallurgizdat, 1959. С. 76–96.

8. Шевченко А.А., Чекмарев И.А. Параметры прокатки труб на непрерывном стане с длинной оправкой при групповом приводе: Сб. «Технический прогресс в трубном производстве». М. : Металлургия, 1965. С. 173–185.

9. Ваткин Я.Л., Клименко П.Л., Чекмарев И.А., Друян В.М. Удельные силы трения и нейтральное сечение при прокатке труб на длинной оправке: Сб. «Обработка металлов давлением». Вып. LIII. М. : Металлургия, 1967. С. 78–81.

METHOD FOR CALCULATING SPEED MODE WHEN CONTINUOUS ROLLING OF PIPES

© Gulyaev Yu.G., Dr Sc. (Eng.); Shifrin E.I., Cand. Sc. (Eng.)

The technique of calculating of high-speed mode for continuous longitudinal rolling of pipes is offered. The influence of parameters of roll pass design on high-speed mode of rolling is taken into account. The examples of concrete calculations are given.

Keywords: pipes; continuous mill; longitudinal rolling; floating plug; speed mode.

ЭКСПРЕСС-ИНФОРМАЦИЯ

Профессор НИТУ «МИСиС» удостоен Госпремии РФ



Заведующий кафедрой Защиты металлов и технологии поверхности НИТУ «МИСиС», генеральный директор НПО ЦНИИТМАШ, д-р техн. наук, проф. Алексей Владимирович Дуб стал Лауреатом Государственной премии РФ в области науки и технологий 2012 г. Он удостоен этой высокой награды за создание нового класса высокорадационностойких материалов для корпусов атомных реакторов и методов продления сроков их эксплуатации. Соавторами разработки выступили начальник научно-производственного комплекса ФГУП «ЦНИИ конструкционных материалов «Прометей» Георгий Павлович Карзов и директор Курчатковского центра ядерных технологий Ярослав Игоревич Штромбах.

Группа ученых в течение 30 лет изучала основные причины разрушения атомных реакторов, изменение их свойств под воздействием облучения и теплового старения. Опираясь на полученные в ходе исследований данные, соискатели предложили уникальный метод производства реакторных сталей. В результате его применения удастся создать новый класс высоко-радиационных и высокостабильных материалов для изготовления реакторов со сроком эксплуатации от 60 до 100 лет.

Эксперты разработали и экспериментально обосновали комплекс методик для расчета безопасности работы корпусов и сроков их службы, а также открыли

технология восстановительного отжига металла. Этот метод позволяет продлить время работы уже действующих реакторов.

Результаты, полученные учеными, являются завершающим этапом работы коллективов трех ведущих научно-исследовательских институтов страны: ЦНИИ КМ «Прометей», НПО «ЦНИИТМАШ» и НИЦ «Курчатовский институт» и носят прорывной характер.

Разработка А.Дуба, Г.Карзова и Я.Штромбаха значительно опережает достижения многих стран мира, реализующих аналогичные проекты, и повышает экспортный потенциал российских атомных энергоблоков.

УДК 621.791.011:669.14.018.41

СРАВНЕНИЕ СВАРИВАЕМОСТИ ВЫСОКОПРОЧНЫХ ТРУБНЫХ СТАЛЕЙ, МИКРОЛЕГИРОВАННЫХ НИОБИЕМ, НИОБИЕМ И ВАНАДИЕМ

© Назаров Анатолий Владимирович¹; Якушев Евгений Валерьевич²;
Шабалов Иван Павлович³, д-р техн. наук; Морозов Юрий Дмитриевич¹, канд. техн. наук;
Киреева Тамара Сергеевна¹, канд. техн. наук

¹ ФГУП «ЦНИИЧермет им. И.П.Бардина». Россия, Москва. E-mail: morozov@chermet.net

² ОАО «Уральская Сталь». Россия, Оренбургская обл., г. Новотроицк

³ Ассоциация производителей труб. Россия, Москва

Статья поступила 22.08.2013 г.

На основе моделирования физических процессов, протекающих в металле околошовной зоны (ОШЗ), и взаимосвязи скорости охлаждения (тепловложения при сварке) со структурой и свойствами металла ОШЗ исследована свариваемость двух высокопрочных трубных сталей класса прочности К60 с различным микролегированием.

Описаны структура и свойства металла ОШЗ исследованных сталей в зависимости от параметров сварки. Установлен интервал оптимальных скоростей охлаждения после сварки, обеспечивающий максимальный уровень ударной вязкости металла ОШЗ. Показано преимущество более экономнолегированной (одним ниобием) стали.

Ключевые слова: высокопрочные трубные стали; свариваемость; моделирование физических процессов; околошовная зона; микролегирование; скорость охлаждения; тепловложение; ударная вязкость; микроструктура.

Современный уровень развития металлургической технологии позволяет производить металлопродукцию с уникальным комплексом механических и эксплуатационных свойств при относительно небольших затратах и с невысоким содержанием легирующих элементов. Примером такой продукции является металлопрокат для производства газонефтепроводных труб большого диаметра (ТБД). Современный металл для производства таких труб имеет высокие показатели прочности (до 700 Н/мм² и более), пластичности ($\delta > 20\%$), ударной вязкости (до 300 Дж/см² и более) и хладостойкости до $-60\text{ }^\circ\text{C}$ [1, 2]. Однако в процессе сварки металл в зоне термического влияния (ЗТВ) вследствие нагрева до температур, близких к температуре плавления, может изменять свое структурное состояние и, соответственно, механические и эксплуатационные свойства. Степень изменения этих характеристик определяет свариваемость стали.

Свариваемость металла тем лучше, чем большее число способов сварки может быть для него применено, чем проще технология и шире пределы допустимых режимов сварки, обеспечивающих заданные показатели свойств сварного соединения. В общем случае свойства сварного соединения зависят от исходного состояния стали, определяемого химическим составом и техно-

логией ее производства, температурно-временными параметрами сварки и структурой металла, образующейся в процессе сварки.

Основной проблемой изготовления сварной конструкции с точки зрения эксплуатационной надежности сварных соединений является поведение металла околошовной зоны (ОШЗ). Как показывает практика эксплуатации конструкций и результаты испытаний сварных соединений, металл ОШЗ наиболее подвержен разрушению, что связано с наибольшими неблагоприятными структурными изменениями, происходящими в зоне, нагреваемой выше температуры начала интенсивного роста зерна аустенита. Этот участок имеет сложную конфигурацию и малые размеры, вследствие чего его исследование затруднено из-за локализации разрушения при испытаниях. В связи с этим изучение свариваемости проводили на основе имитации структуры металла ОШЗ, как наиболее слабого места сварного соединения. При этом результаты испытания могут быть значительно ниже, чем в реальном сварном соединении, поскольку при испытании образцов, вырезанных из натуральных сварных соединений, в разрушении участвует как металл шва, так и часть основного металла, нагреваемая до более низких температур и, соответственно, претерпевающая меньшие структурные изменения.

Современное понятие свариваемости основывается на изучении и моделировании ряда физических процессов, протекающих при сварке. Исследование пригодности сталей для изготовления сварных конструкций направлено в основном на обеспечение оптимальных условий сварки и нормативных требований, предъявляемых к сварным соединениям [3].

В основе оценки свариваемости стали конкретной марки находится взаимосвязь скорости охлаждения (тепловложения при сварке) со структурой и свойствами сварного соединения.

Изучение свариваемости проводили на основе моделирования термических циклов, а также и физических процессов, протекающих при сварке в металле ОШЗ. Свариваемость оценивали на основании установления характера влияния тепловложения при сварке на структуру и свойства металла ОШЗ.

Для определения свариваемости проведен комплексный анализ:

- кинетики фазовых превращений аустенита в условиях различных термических циклов сварки и связанных с ними изменений микроструктуры;
- механических свойств металла ОШЗ;
- склонности стали к образованию холодных трещин.

Фазовые превращения являются функцией химического состава и термокинетических параметров цикла сварки. Осуществляя анализ структурообразования металла ОШЗ при скоростях охлаждения, характеризующих тот или иной вид сварки идентичного класса сталей, например низколегированных, представляется возможным оптимизировать как технологические параметры сварки, так и состав стали.

Кинетика превращения аустенита в процессе непрерывного охлаждения металла ОШЗ при сварке оценивается на основе построения и анализа термокинетических диаграмм (ТКД) превращения.

Для оценки чувствительности стали к различным видам и режимам сварки, выражающимся через тепловложения, использовали значения скоростей охлаждения металла ОШЗ в температурном интервале 800–700 °С. Определение скорости охлаждения

в этом интервале позволяет исключить погрешность, вносимую тепловым эффектом фазовых пре-

вращений в экспоненциальную зависимость температурно-временных параметров термического цикла сварки.

Для записи термокинетических кривых используется dilatометр, предусматривающий индукционный нагрев образцов. Дилатометрическая кривая и термический цикл охлаждения с помощью аналого-цифрового преобразователя (АЦП) отображаются на экране монитора и сохраняются в памяти компьютера. Запись кривой проводится в координатах «температура–деформация» при нагреве, а термический цикл охлаждения в координатах «температура–время». Температура фиксируется хромель-алюмелевой термопарой толщиной 0,15 мм.

Исследования фазовых превращений в ОШЗ производятся с нагрева образцов до температур, характерных для максимальных температур нагрева металла ОШЗ при сварке (1300–1320 °С), при изменении скоростей охлаждения в диапазоне применяемых для различных видов и режимов сварки (0,1–300 °С/с). Образцы представляют собой полые цилиндры диаметром и длиной 6 мм с малой толщиной стенки (1 мм), гарантирующей отсутствие больших температурных градиентов.

Ударная вязкость металла – наиболее чувствительная к микроструктурному состоянию характеристика по сравнению с другими механическими свойствами. Для оценки сталей с позиций их охрупчивания после сварки проводятся испытания образцов, нагретых по термическим циклам сварки при различных скоростях охлаждения с построением зависимости «ударная вязкость $KCV - \lg W$ (скорость охлаждения)».

Для исследования были изготовлены ударные образцы размерами 5×10×55 мм (отобранные в направлении поперек прокатки). Имитированную микроструктуру ОШЗ получали путем индукционного нагрева таких заготовок до 1300 °С. После нагрева до заданной температуры заготовки охлаждали в различных средах с различными скоростями (от 0,1 до 300 °С/с), затем после изготовления образцов с острым надрезом определяли ударную вязкость (KCV) и изучали микроструктуру металла ОШЗ.

Химический состав стали

Номер плавки	Содержание элементов, мас. %												
	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu	Nb	V	Al	Ti	N
1	0,08	1,7	0,28	0,002	0,007	0,05	0,15	0,10	0,042	0,003	0,039	0,019	0,006
2	0,08	1,6	0,31	0,0025	0,009	0,02	0,10	0,03	0,050	0,043	0,048	0,017	0,0067

Эксперименты проводили на двух плавках стали категории прочности К60, микролегированных ниобием (плавка 1) и ниобием и ванадием (плавка 2). Химический состав стали приведен в таблице.

В результате анализа ТКД превращения аустенита в металле ОШЗ сталей класса прочности К60 с Nb (1) и с Nb+V (2) установлено, что основным видом превращения в широком диапазоне скоростей охлаждения является бейнитное. Бейнит присутствует во всем исследованном интервале скоростей охлаждения – 0,1–300 °C/c (рис. 1–3).

Введение в ниобийсодержащую сталь ванадия приводит к снижению устойчивости аустенита в металле ОШЗ в результате смещения всей диаграммы в сторону больших скоростей охлаждения. Ниобий и ванадий двойко проявляют себя при охлаждении металла ОШЗ малоперлитной стали – повышают устойчивость аустенита в случае нахождения в твердом растворе и снижают ее при выделении карбонитридных фаз (предельная растворимость ниобия в γ -твердом растворе при содержании ниобия порядка 0,04%, ванадия – 0,1%).

При наличии температурно-временных условий для протекания процесса карбидообразования эти элементы могут вывести из твердого раствора и связать в стойкие карбиды около 0,01–0,02% углерода. Причем коэффициент активности ванадия почти в два раза выше коэффициента активности ниобия ($k_{Nb} = 0,59$; $k_V = 1,1$).

Таким образом, введение в ниобийсодержащую сталь ванадия приводит к выделению карбонитридной фазы и, соответственно, к обеднению твердого раствора по углероду, что в свою очередь вызывает снижение устойчивости аустенита.

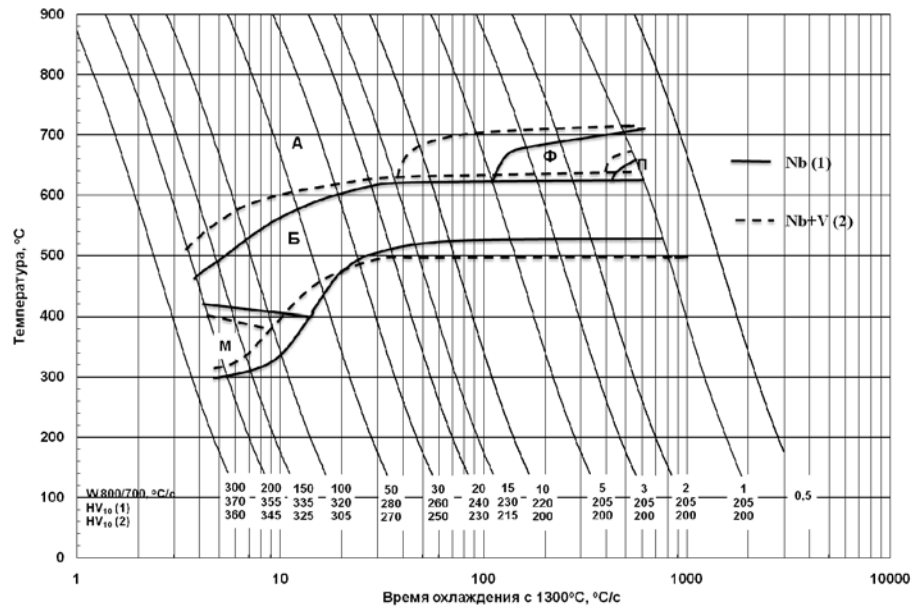


Рис. 1. Кинетика превращения аустенита в металле ОШЗ стали категории прочности К60, легированной Nb (1) и Nb+V (2), в зависимости от скорости охлаждения после сварки

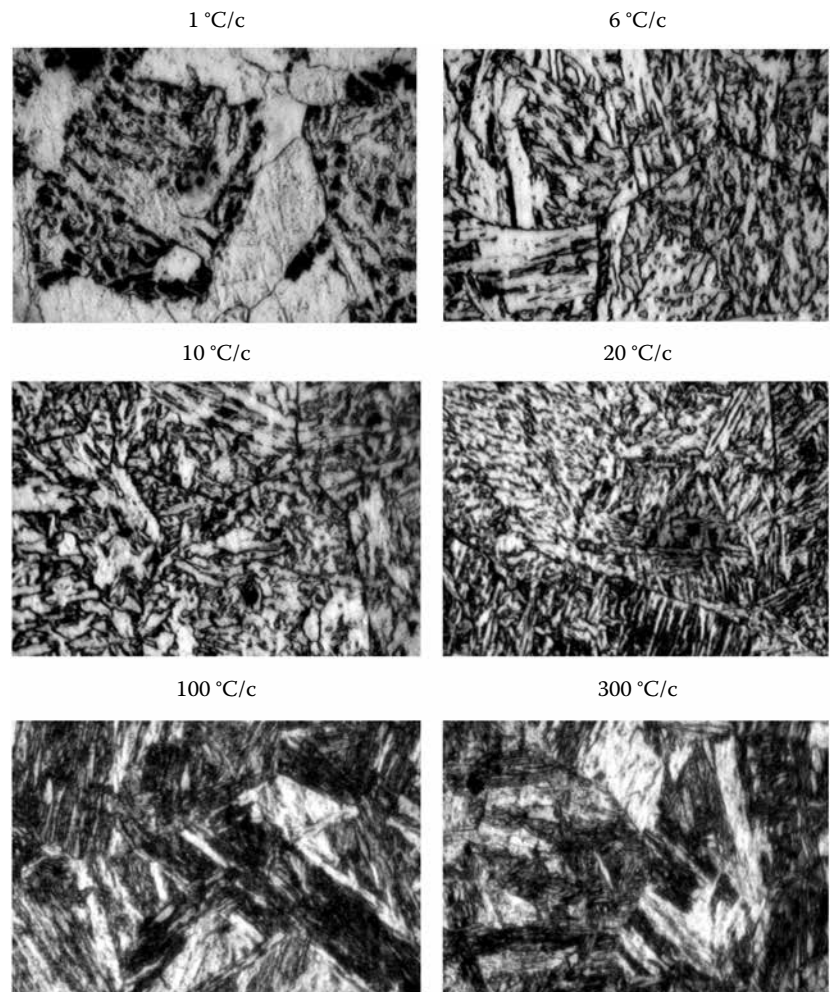


Рис. 2. Влияние скорости охлаждения на микроструктуру ОШЗ стали класса прочности К60 производства ОАО «Уральская Сталь» (плавка 1), $\times 500$

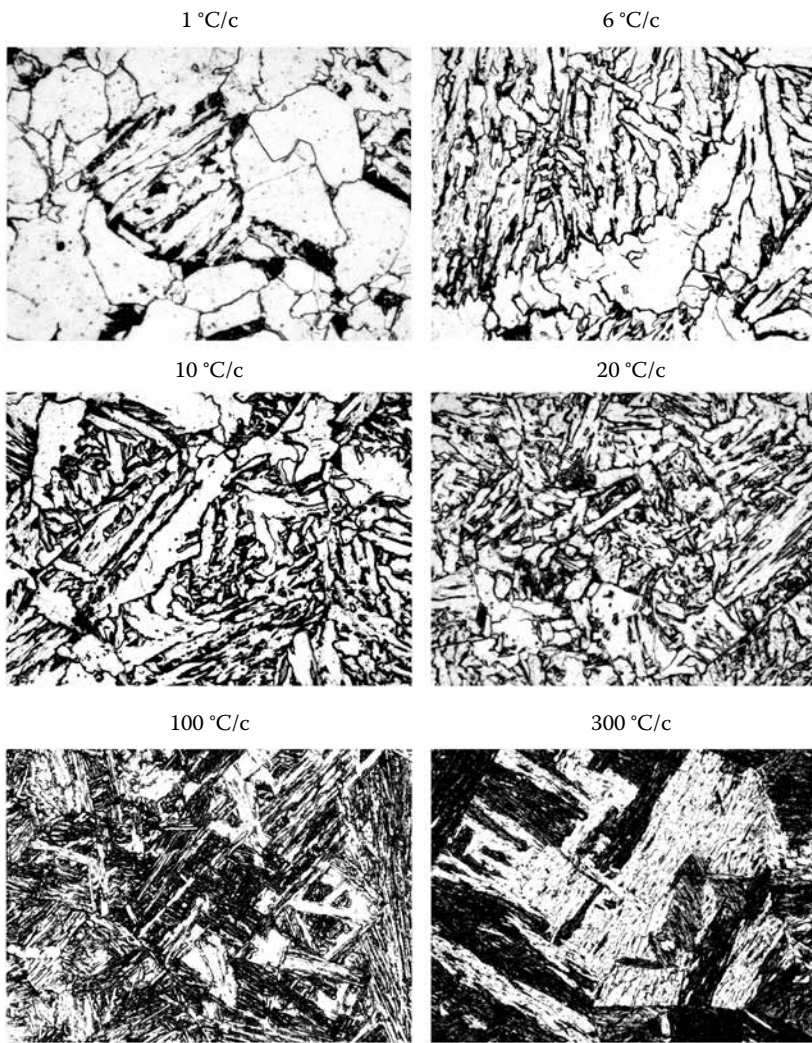


Рис. 3. Влияние скорости охлаждения на микроструктуру ОШЗ стали класса прочности К60 (плавка 2), $\times 500$

Мартенситная составляющая в структуре ОШЗ стали с ниобием, способствующая образованию холодных трещин, появляется при скоростях охлаждения после сварки более $70\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$. В исследованном интервале скоростей охлаждения мартенсит присутствует только как структурная составляющая области частичной закалки. Температура начала мартенситного превращения не превышает $450\text{ }^{\circ}\text{C}$, а конца превращения не опускается ниже $300\text{ }^{\circ}\text{C}$. Присутствие ванадия в стали приводит к некоторому смещению области мартенситных превращений в сторону больших скоростей охлаждения.

Превращения, проходящие по диффузионному механизму с образованием полигонального феррита, наблюдаются в ниобийсодержащей стали при скоростях охлаждения менее $5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$, перлитная составляющая – при скоростях охлаждения менее $1,4\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$. В стали с ниобием и ванадием полигональный феррит появляется при скорости

около $15\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$ и менее, а перлит – при $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$. Феррит при малых количествах в структуре имеет тенденцию к пограничному распределению.

Бейнит, присутствуя в структуре стали в широком диапазоне скоростей охлаждения, имеет большой набор морфологических особенностей. При малых скоростях охлаждения в присутствии феррита бейнит характеризуется зернистой морфологией. Увеличение скорости охлаждения до $10\text{--}70\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$ приводит к изменению морфологии с зернистой на пластинчатую. При дальнейшем увеличении скорости охлаждения бейнит меняет морфологию на игольчатую (см. рис. 2, 3) типа мартенситной. Размер действительного зерна бейнита игольчатой морфологии меньше размера зерна мартенсита.

В результате анализа распределения твердости металла в ОШЗ в зависимости от скорости охлаждения и структуры установлено, что наиболее резкий подъем твердости связан с формированием игольчатых структур бейнита и мартенсита.

При оценке склонности стали к образованию холодных трещин принят уровень твердости, превышающий 350 HV_{10} . Поскольку для

исследованных сталей критический уровень твердости достигается при скорости охлаждения более $190\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$, можно гарантировать отсутствие холодных трещин при всех видах и режимах сварки, применяемых в производстве труб и монтаже трубопроводов.

Скорость охлаждения после сварки, влияющая на изменение ударной вязкости, позволяет определить наилучшее структурное состояние металла ОШЗ.

Сталь класса прочности К60 может использоваться для труб трубопроводов, работающих в различных климатических условиях и под различным давлением. В соответствии с требованиями к трубопроводам, работающим под давлением до $9,8\text{ МПа}$ ($100\text{ кгс}/\text{см}^2$), ударная вязкость (KCV) сварного соединения по линии сплавления при температуре $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ должна быть не менее $39,2\text{ Дж}/\text{см}^2$. Поэтому все испытания проводили при этой температуре. Максимальный уровень

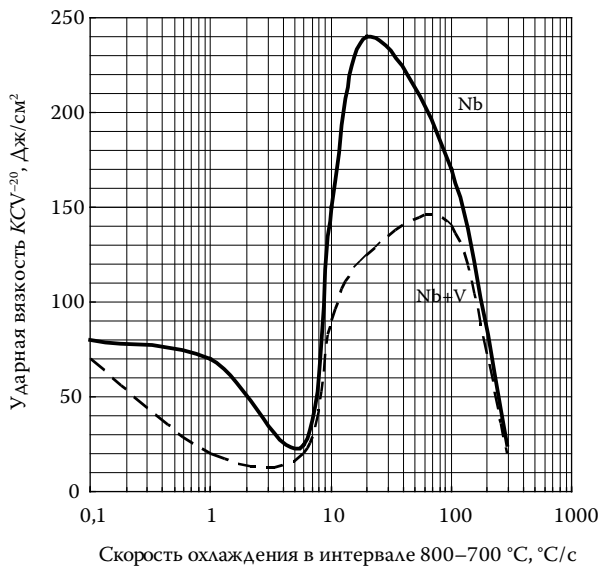


Рис. 4. Изменение ударной вязкости металла ОШЗ сталей класса прочности К60 с Nb и с Nb+V в зависимости от скорости охлаждения после сварки при температуре испытания $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$

ударной вязкости металла ОШЗ стали К60 с ниобием (рис. 4) соответствует скорости охлаждения порядка $20\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{c}$ и структуре пластинчатого бейнита. Максимальный уровень ударной вязкости металла ОШЗ стали К60 с ниобием и ванадием (см. рис. 4) смещается в сторону больших скоростей охлаждения – порядка $60\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{c}$, что является следствием снижения устойчивости аустенита металла ОШЗ и смещением области формирования пластинчатого бейнита в сторону больших скоростей охлаждения.

При снижении скорости охлаждения до $6\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{c}$ происходит резкое снижение уровня ударной вязкости обеих сталей, связанное с формированием бейнита зернистой морфологии, а это в свою очередь определяет получение нестабильных значений ударной вязкости по линии сплавления реальных сварных соединений. Незначительные изменения режима сварки в сторону увеличения погонной энергии и, соответственно, уменьшения скорости охлаждения приводят к снижению ударной вязкости ниже требуемого уровня.

Увеличение скорости охлаждения от скорости, соответствующей максимальному уровню ударной вязкости, также приводит к снижению ударной вязкости, которое определяется формированием бейнита игольчатой морфологии и появлением мартенсита.

Основное различие сталей с Nb и Nb+V по уровню ударной вязкости наблюдается в интервале скоростей охлаждения $10\text{--}120\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{c}$.

Величина допустимых скоростей охлаждения после сварки определяется требованиями по ударной вязкости, предъявляемыми технической документацией к сварным соединениям труб.

Требуемый уровень ударной вязкости при температуре испытания $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ металла ОШЗ ($39,2\text{ Дж}/\text{см}^2$) стали исследованных составов достигается в интервале скоростей охлаждения $7,5\text{--}280\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{c}$ для стали с ниобием и $8\text{--}260\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{c}$ для стали с ниобием и ванадием. Столь широкий интервал скоростей охлаждения со свойствами выше требуемого уровня позволяет получать сварные соединения с необходимыми свойствами при автоматической сварке под флюсом труб с толщиной стенки до $23,5\text{ мм}$, при монтажной сварке (скорость охлаждения $30\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{c}$) и при сварке в среде защитных газов (скорость охлаждения $120\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{c}$).

При производстве толстостенных труб с толщиной стенки более $23,5\text{ мм}$ наблюдается значительное снижение ударной вязкости по линии сплавления сварного соединения. Это явление связано со снижением скорости охлаждения в результате увеличения погонной энергии при сварке труб с увеличенной толщиной стенки трубы. Чем больше толщина стенки, тем больше погонная энергия и меньше скорость охлаждения и, соответственно, выше вероятность снижения уровня ударной вязкости металла ОШЗ. Снижение вязкости связано с выделением хрупких фаз по границам бейнитных зерен, чрезмерным ростом зерна аустенита при сварочном нагреве, а также с изменением морфологии бейнита (переходом от пластинчатого бейнита к зернистому) и часто сопровождается образованием ферритной сетки по границам бывшего аустенитного зерна. Последнее иногда ошибочно принимают за причину снижения ударной вязкости металла ОШЗ, однако многочисленные исследования показывают, что излом ударных образцов часто имеет транскристаллитный характер, т.е. снижение ударной вязкости в большей степени связано с изменением морфологии микроструктуры тела зерна, а не его границ.

Заключение. Исследована свариваемость высокопрочных трубных сталей, предназначенных для изготовления ТБД категории прочности К60 с различным легированием (Nb и Nb+V). Оптимальной структурой, обеспечивающей максимальный уровень свойств, является высокодисперсный пластинчатый бейнит.

Максимальный уровень ударной вязкости металла околошовной зоны находится в интервале скоростей охлаждения при сварке в диапазоне 10–120 °С/с, в котором наблюдается основное различие исследованных сталей. Уровень ударной вязкости стали с ниобием в 1,5 раза превышает тот же показатель ниобийванадиевой стали, что, вероятно, определяется выделением большего количества неблагоприятно расположенных карбонитридных фаз.

Ванадий в ниобийсодержащей стали снижает устойчивость аустенита в металле околошовной зоны, смещая все превращения в сторону больших скоростей охлаждения.

Технические требования по ударной вязкости, предъявляемые технической документацией к сварным соединениям труб, стабильно обеспечиваются при температуре –20 °С в условиях производства ТБД с толщиной стенки до 23,5 мм.

Практически одинаковый интервал скорости охлаждения после сварки для получения

оптимальных свойств и более высокий уровень свойств стали с ниобием позволяют рекомендовать для применения в производстве труб большого диаметра более экономнолегированную сталь с ниобием.

Библиографический список

1. Эфрон А.И., Ильинский В.И., Морозов Ю.Д., Голованов А.В. Разработка и промышленное опробование трубной стали повышенной прочности и хладостойкости с преимущественно бейнитной структурой // *Сталь*. 2003. № 9. С. 83–87.
2. Вышемирский Е.М., Капустина О.Е., Ефименко Л.А., Елагина О.Ю. Исследование структуры высокопрочных сталей X80, X100 и рекомендации по технологиям их сварки // *Наука и техника в газовой промышленности*. 2009. № 4. С. 20–31.
3. Франтов И.И., Киреева Т.С., Столяров В.И. и др. Влияние легирования на свойства трубных сталей и проблемы их свариваемости // *Сталь*. 1986. №11. С. 68–72.

COMPARISON OF WELDABILITY OF HIGH-STRENGTH PIPE STEELS MICROALLOYED BY NIOBIUM, NIOBIUM AND VANADIUM

© **Nazarov A.V.; Yakushev E.V.; Shabalov I.P.**, Dr Sc. (Eng.); **Morozov Yu.D.**, Cand. Sc. (Eng.); **Kireyeva T.S.**, Cand. Sc. (Eng.)

Weldability of two high-strength K60 pipeline steels with various microalloying is investigated on the basis of modeling of physical processes proceeding in the metal of heat affected zone (HAZ) considering interrelation of cooling speed (correlated with heat input during welding) with structure and properties of HAZ metal. The structures and properties of investigated steels HAZ metal depending on welding parameters are described. The optimum interval of cooling speeds after welding, providing maximum level of impact strength of HAZ metal is established. The advantage of more economic steel (microalloyed with Nb only) is shown.

Keywords: pipeline steels; weldability; modeling of physical processes; heat affected zone; microalloying; cooling speed; heat input; impact toughness; structure.

Правила оформления статей, направляемых в журнал «Металлург»

1. Статья должна содержать:
 - индекс универсальной десятичной классификации (УДК);
 - ученые степени авторов;
 - реферат и ключевые слова предоставляются на русском и английском языках.
2. Статью следует представить в электронном виде в формате MS \Word (*.doc) размер шрифта – 12 кегель, через 1,5 интервала между строками, поля 1,25 см.
3. При наборе текста использовать стандартные шрифты – Times New Roman и Symbol. Формульные выражения желательно выполнить в “Редакторе формул” (Equation Editor).
4. Термины и определения, а также единицы физических величин, используемые в статье, должны соответствовать действующим ГОСТам.

5. Иллюстрации должны быть представлены в виде графических файлов форматов *.xls, *.tif, *.bmp, *.jpg, *.gif, *.eps с разрешением 300 dpi с учетом следующих требований:
 - буквенные и цифровые обозначения по начертанию и размеру должны соответствовать обозначениям в тексте статьи;
 - размер иллюстраций – не более 15x20 см;
 - текстовая информация выносится с иллюстраций в текст статьи или в подрисуночные подписи.
6. На последней странице статьи должны быть подписи всех авторов.
7. К статье необходимо приложить следующие сведения: служебные и домашние адреса с обязательным указанием почтового индекса и номеров телефонов.

УДК 669.14.018.292

ОСВОЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОПРОЧНОЙ ИЗНОСОСТОЙКОЙ СВАРИВАЕМОЙ СТАЛИ С ПРЕДЕЛОМ ТЕКУЧЕСТИ БОЛЕЕ 950 Н/мм² ДЛЯ НЕСУЩИХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

© Таланов Олег Петрович¹; Насич Сергей Юрьевич¹, д-р техн. наук;
 Никитин Валентин Николаевич¹, канд. техн. наук;
 Денисов Сергей Владимирович², канд. техн. наук; Ширяев Олег Петрович²;
 Кудряков Евгений Александрович²; Богач Дмитрий Иосифович²;
 Трайно Александр Иванович³, д-р техн. наук; Кураш Валентин Сергеевич⁴

¹ ФГУП «ЦНИИЧермет им. И.П.Бардина». Россия, Москва. E-mail: morozov@chermet.net

² ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат». Россия, Челябинская область, г. Магнитогорск

³ ИМЕТ РАН им. А.А.Байкова. Россия, Москва

⁴ РУП «ПО «БелАЗ», Республика Беларусь, г. Жодино

Статья поступила 23.08.2013 г.

В условиях ОАО «ММК» разработана технология промышленного производства высокопрочного толстолистового проката из стали 18ХГНМФТР толщиной 9–25 мм для платформ большегрузных карьерных самосвалов и устройств горнодобывающей техники. Комплекс механических свойств достигается путем термического улучшения (двойной закалки и отпуска), при этом стабильность свойств проката обеспечивается путем формирования однородной мелкозернистой мартенситной микроструктуры.

Ключевые слова: высокопрочные стали; термическая обработка; мартенсит; двойная закалка.

В настоящее время в России и за рубежом широко используются высокопрочные и сверхвысокопрочные конструкционные стали. Они применяются для изготовления кранов-гидроманипуляторов, оборудования для лесовозов, оборудования для производства торфа, грузоподъемной техники, автомобильных прицепов и полуприцепов, а также для платформ (кузовов) большегрузных карьерных самосвалов типа «БелАЗ». Традиционной технологией для производства высококачественного листового проката повышенной прочности (более 950 Н/мм²) является термоулучшение – закалка и отпуск [1]. Кроме того, разработка современных высокопрочных сталей включает в себя снижение количества дорогостоящих легирующих элементов, таких как молибден и никель, что, с одной стороны, делает стали экономически более эффективными, однако при этом возможны снижение их прокаливаемости и ухудшение сопротивления

хрупкому разрушению при пониженных температурах.

В рамках сотрудничества с ПО «БелАЗ» для платформ большегрузных карьерных самосвалов и устройств горнодобывающей техники (ООО «Юргинский машзавод») были разработаны сталь 18ХГНМФТР и соответствующая нормативно-техническая документация на ее производство и поставку. Химический состав стали (табл. 1) характеризуется добавками карбонитридообразующих элементов (V, Nb, Ti) для контроля за ростом зерна и реализации эффекта дисперсионного упрочнения, бора и хрома для увеличения прокаливаемости; для повышения сопротивления хрупкому разрушению в сталь вводилась также добавка никеля [1, 2]. Для снижения эффекта отпускной хрупкости содержание фосфора в стали ограничено до 0,015%, кроме того, для подавления проявления отпускной хрупкости в сталь вводились добавки молибдена [3].

Таблица 1. Химический состав опытной высокопрочной стали 18ХГНМФТР (мас. %)

Сталь	C	Si	Mn	Ni	Cu	S	P	Прочие	C _s
18ХГНМФТР	0,16	0,25	1,38	0,71	0,03	0,002	0,006	V, Nb, Ti, B, Cr, Mo	0,69
Требования ТУ 14-101-811-2010	0,15–0,19	0,17–0,37	1,20–1,60	0,50–1,00	≤0,30	≤0,008	≤0,015	–	–

Таблица 2. Требования по механическим свойствам высокопрочной стали 18ХГНМФТР по ТУ 14-101-811-2010

σ_T , Н/мм ²	σ_B , Н/мм ²	δ_5 , %	Ударная вязкость, Дж/см ² при температуре испытания (°С)		Твердость <i>HV</i>	Условия испытания на изгиб	
			KCU ⁻⁴⁰	KCV ^{-40*}		угол изгиба, град	<i>d</i> – диаметр оправки; <i>a</i> – толщина листа
Не менее			40	30	340–400	90	<i>d</i> = 5 <i>a</i>
950	1050	11	40	30	340–400	90	<i>d</i> = 5 <i>a</i>

* Факультативно.

К высокопрочным сталям для несущих металлоконструкций предъявляются высокие требования по пределу текучести и временному сопротивлению в сочетании с достаточно высокой пластичностью и ударной вязкостью (табл. 2). Технологическое сопровождение производства стали и проката осуществлялось совместно специалистами ЦАК и НТЦ ОАО «ММК» и представителями ФГУП «ЦНИИЧермет им. И.П.Бардина». Выплавка стали была произведена в 350-т кислородном конвертере, для повышения металлургического качества стали выполнялась внепечная обработка, после чего осуществлялась непрерывная разливка стали. Слябы обрабатывали на толстолистовом стане 5000 по режимам горячей прокатки с последующей термической обработкой листов (закалка и отпуск).

Первое промышленное опробование показало, что при производстве листов из стали 18ХГНМФТР по традиционной технологии с применением закалки и отпуска не обеспечивался необходимый комплекс механических свойств. Термообработку проводили по следующему режиму: нагрев под закалку 900 °С с последующим отпуском при 570–590 °С (удельное время нагрева металла 2,5 мин на 1 мм для листов толщиной до 22 мм и 1,8 мин на 1 мм для толщин более 22 мм); выдержка составляла 20 мин. Микроструктуру листов исследовали на металлографических шлифах с помощью оптического микроскопа NEOFOT 21 после травления в 3%-ном растворе HNO₃. Обнаружено, что структура листов состоит из отпущенного мартенсита в приповерхностных слоях, на ¼ толщины листов – из смеси отпущенного мартенсита и в средней части листов – из бейнита, что более выражено в прокате толщиной 22 мм (рис. 1). При этом размер бывшего аустенитного зерна составляет около 20 мкм, также присутствовали более мелкие зерна размером около 10 мкм.

Для повышения прочностных свойств и твердости проката, а также обеспечения требуемого уровня ударной вязкости ($KCV^{-40} \geq 30$ Дж/см²) были скорректированы режимы термической об-

работки, предусматривавшие закалку от 940 °С и отпуск при 620 °С. Однако применение скорректированных режимов также не обеспечило получения требуемого комплекса механических свойств стали 18ХГНМФТР. Микроструктура листов представляла собой преимущественно отпущенный мартенсит в приповерхностных областях и на ¼ толщины листов, смесь отпущенного мартенсита и бейнита по середине толщины листов. Размер бывшего зерна аустенита после закалки от температуры 940 °С составлял 25–35 мкм, т.е. больше, чем при обработке с закалкой от 900 °С (рис. 2).

Причиной получения неудовлетворительных механических свойств проката (пониженная прочность стали сочетается с недостаточной ударной вязкостью) после термической обработки по режиму закалка+отпуск является низкая прокаливаемость стали в сочетании с получением крупного зерна аустенита, что после закалки приводит к формированию смешанной мартенситно-бейнитной микроструктуры. Такая микроструктура не обеспечивает высоких прочностных показателей, хотя и имеет большую стабильность при отпуске по сравнению с чисто мартенситной

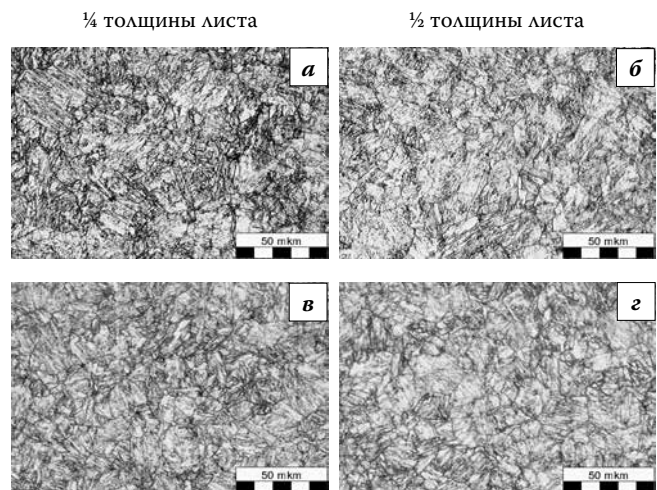


Рис. 1. Структура листов из стали 18ХГНМФТР (закалка от 900 °С + отпуск при 570–590 °С): а, б – толщина 14 мм; в, з – толщина 22 мм

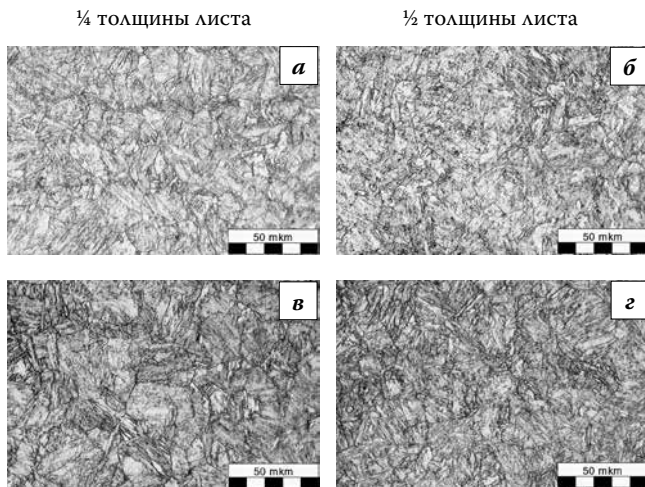


Рис. 2. Структура листов из стали 18ХГНМФТР (закалка от 900 °С + отпуск при 570–590 °С): а, б – толщина 14 мм; в, з – толщина 22 мм

структурой. Смешанная мартенситно-бейнитная микроструктура приемлема для сталей меньших классов прочности ($\sigma_T \geq 590 \text{ Н/мм}^2$, $\sigma_T \geq 690 \text{ Н/мм}^2$). Однако для сталей с $\sigma_T \geq 950 \text{ Н/мм}^2$ необходимо обеспечивать практически полностью мартенситную структуру проката после закалки.

Технологическим способом, позволяющим улучшить прокаливаемость стали и получить мелкое зерно аустенита для получения более дисперсной микроструктуры отпущенного мартенсита, является двойная закалка. Первая закалка производится при повышенной температуре (существенно выше точки A_{c3}) для обеспечения полного растворения специальных карбидов (Cr, Mo) и гомогенизации аустенита, при этом происходит также укрупнение зерна аустенита. В результате первой закалки улучшается прокаливаемость стали, что приводит к формированию чисто мартенситной микроструктуры вместо смешанной мартенситно-бейнитной [4].

Вторая закалка производится при существенно более низкой температуре, но также из нижней части аустенитной области (при температуре немного выше A_{c3}), что позволяет ограничить рост зерна аустенита. Поскольку при этом происходит фазовая перекристаллизация неотпущенного мартенсита, то углерод и основные легирующие элементы сохраняются в твердом растворе в максимальной степени, что также повышает прокаливаемость стали (несмотря на мелкое зерно). После двойной закалки формируется мелкозернистая однородная мартенситная микроструктура, позволяющая после отпуска получить повышенную по сравнению с одинарной закалкой ударную вязкость металла. Необходимый уро-

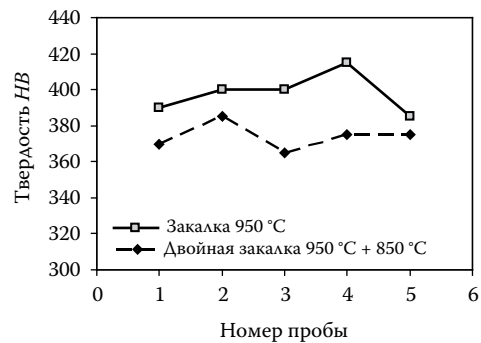


Рис. 3. Результаты измерения твердости стали 18ХГНМФТР после закалки в лабораторных печах

вень прочностных свойств достигается путем выбора температуры отпуска стали.

В соответствии с вышесказанным был разработан режим термической обработки листов стали 18ХГНМФТР, предусматривающий проведение двух закалок от температур 950–960 °С и 850–860 °С с последующим отпуском. Температура отпуска в дальнейшем выбиралась исходя из обеспечения требуемой ударной вязкости (KCV) при сохранении высокой прочности проката.

Отработку технологии термической обработки стали 18ХГНМФТР для экономии ресурсов проводили в лабораторных термических печах. Закалку и отпуск стали 18ХГНМФТР проводили на картах размерами 12×150×400 мм, отобранных от раскатов после горячей прокатки. Методика проведения эксперимента в лабораторных условиях предусматривала: проведение первой закалки; определение твердости металла после первой закалки; проведение второй закалки с определением твердости металла после двух закалок; проведение отпуска карт в лабораторных условиях; определение механических свойств металла (прочности, твердости, ударной вязкости).

После первой закалки металл имеет твердость 363–386 HV, среднее 374,4. После двух закалок твердость металла составила 388–415 HV (среднее значение 399,4 HV). Следовательно, проведение двойной закалки позволило повысить твердость закаленной структуры стали 18ХГНМФТР примерно на 25 HV по сравнению с однократной закалкой (рис. 3).

Механические свойства опытного металла после двойной закалки (пробы 1 и 2), а также после двойной закалки и отпуска (пробы 3 и 4) представлены в табл. 3. Видно, что применение режима термической обработки с двойной закалкой и последующим отпуском позволило существенно повысить ударную вязкость стали (до уровня

Таблица 3. Механические свойства листа стали 18ХГНМФТР толщиной 12 мм после двойной закалки и после двойной закалки с последующим отпуском в лабораторной печи

Номер пробы	Состояние металла	σ_r , Н/мм ²	σ_b , Н/мм ²	δ_5 , %	KCU^{-40} , Дж/см ²	KCV^{-40} , Дж/см ²	Твердость <i>HV</i>
1	Двойная закалка 950 °С + 850 °С	1110	1340	11	–	–	392
2		1330	1400	12	–	–	401
3	Двойная закалка (950 °С + 850 °С) + отпуск 590–605 °С	963	1001	14,29	–	–	321
4		–	–	–	245;197;159	168;178;100	–
Требования ТУ 14-101-811–2010		950	1050	11	40	30*	340–400

* Факультативно.

¼ толщины листа

Поверхность листа

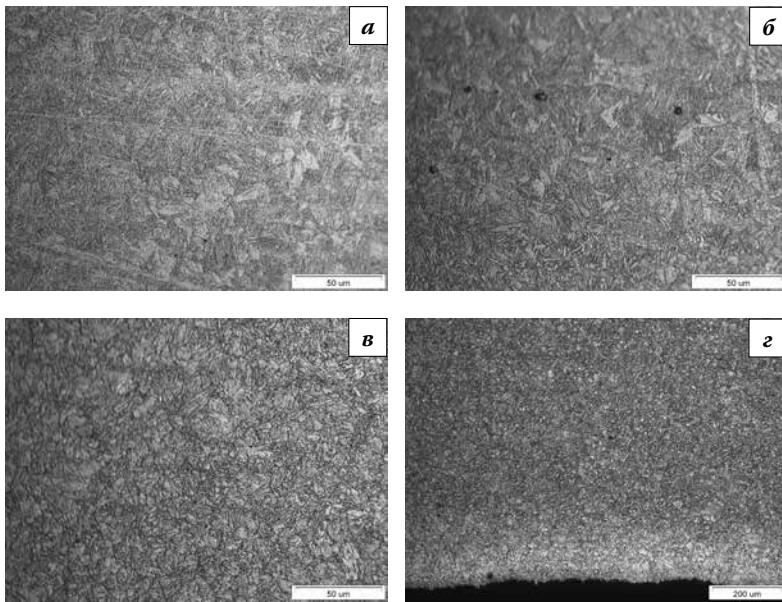


Рис. 4. Структура листов из стали 18ХГНМФТР (закалка от 900 °С + отпуск при 570–590 °С): а, б – двойная закалка 950 °С + 850 °С; в, з – двойная закалка (950 °С + 850 °С) + отпуск 590–605 °С

$KCV^{-40} \geq 100$ Дж/см²). Однако прочностные свойства проката оказались ниже требуемого уровня, в частности $\sigma_b = 1000$ Н/мм² (ниже на 50 Н/мм²), также были получены низкие значения твердости.

Металл проб после обработки с двойной закалкой имел практически полностью мартенситную микроструктуру. После проведения отпуска сталь имела мелкозернистую структуру типа отпущенного мартенсита с размером блоков $\approx 15–20$ мкм (рис. 4).

Для подбора оптимальной температуры отпуска листов из стали 18ХГНМФТР был разработан и выполнен эксперимент, заключающийся в проведении двойной закалки в цеховых условиях, отборе заготовок размерами 12×150×500 мм и подборе режимов отпуска в лабораторных условиях (лабораторных печах ЦЛК). Произвели испытания механических свойств проката в состоянии после двойной закалки пробы одной из отобранных карт, показавшие, что сталь имеет высокую прочность и величину ударной вязкости, близкую к требованиям НТД. Результаты механических испытаний (табл. 4) показывают, что при температуре отпуска 620 °С не был достигнут требуемый уровень временного сопротивления и твердости; при

Таблица 4. Механические свойства листов из стали 18ХГНМФТР (двойная закалка в цеховых печах, отпуск карт в лабораторных печах ЦЛК)

Номер пробы	Режим термообработки		σ_r , Н/мм ²	σ_b , Н/мм ²	δ_5 , %	Твердость <i>HV</i>	KCU^{-40} , Дж/см ²	KCV^{-40} , Дж/см ²
	закалка в цехе	отпуск в лабораторной печи						
1	952 °С + 857 °С	–	1090	1380	11	388	139; 138; 138	37; 36; 29
2	952 °С + 857 °С	620 °С – 2 мин на 1 мм	950	1000	17	321	103; 117; 136	40; 39; 129
3	952 °С + 857 °С	555 °С – 2 мин на 1 мм	1000	1060	14	331	147; 147; 115	62 51 69
4	952 °С + 857 °С	500 °С – 2 мин на 1 мм	1080	1150	12	341	98; 91; 110	21; 21; 20
5	952 °С + 857 °С	525 °С – 2 мин на 1 мм	1060	1110	15	345	71; 81; 93	30; 33; 32
Требования ТУ 14-101-811–2010			Не менее 950	Не менее 1050	Не менее 11	340–400	Не менее 40	Не менее 30*

* Факультативно.

температуре отпуска 555 °С металл имел удовлетворительные прочностные свойства, но недостаточную твердость; при температуре отпуска 500 °С прочностные свойства и твердость соответствовали требованиям НТД, но ударная вязкость KCV^{-40} имела значения ниже этих требований (факультативные) при достаточно высоком уровне ударной вязкости на образцах КСУ. На основе приведенных результатов была выбрана температура отпуска 525 °С, при которой получен комплекс свойств, полностью отвечающий требованиям ТУ 14-101-811-2010.

Выводы. 1. Результаты производства опытных партий проката из высокопрочной стали 18ХГНМФТР толщиной 9–25 мм показали, что получение требуемого уровня высокой прочности ($\sigma_T \geq 950$ Н/мм²) в сочетании с высокой вязкостью стали затруднительно. Сталь 18ХГНМФТР ($C_s = 0,69\%$) имеет ограниченное содержание углерода, никеля и молибдена и, как следствие, недостаточную прокаливаемость, что в сочетании с крупнозернистой мартенситно-бейнитной микроструктурой, сформировавшейся при использовании «классической» схемы однократной закалки и отпуска, не обеспечивает требуемого уровня механических свойств.

2. Технологическим способом, позволяющим улучшить прокаливаемость стали при закалке и получить мелкое зерно аустенита для получения более дисперсной микроструктуры отпущенного мартенсита, является двойная закалка. В результате нее формируется мелкозернистая однородная мартенситная микроструктура, позволяющая после отпуска получить повышенную по срав-

нению с одинарной закалкой ударную вязкость металла; при этом необходимый уровень прочностных свойств достигается путем выбора температуры отпуска стали.

3. В условиях ОАО «ММК» разработана технология промышленного производства высокопрочного толстолистного проката из стали 18ХГНМФТР толщиной 9–25 мм в соответствии с ТУ на поставку листов для производства кузовов карьерных самосвалов «БелАЗ». Металл характеризуется высокими прочностными свойствами ($\sigma_T = 1050\text{--}1120$ Н/мм², $\sigma_B = 1000\text{--}1100$ Н/мм²), существенно превышающими уровень требований ($\sigma_T \geq 950$ Н/мм², $\sigma_B \geq 1050$ Н/мм²), твердостью 340–354 НВ, хорошей пластичностью ($\delta_5 = 12\text{--}16,5\%$) и ударной вязкостью ($KCU^{-40} = 60\text{--}160$ Дж/см², $KCV^{-40} = 30\text{--}85$ Дж/см²). В период с 01.01.2013 г. по 18.04.2013 г. по разработанной технологии произведено 790 т годного металлопроката из высокопрочной стали 18ХГНМФТР.

Библиографический список

1. Гейер В.В., Попова Т.Н., Никитин В.Н., Киселев С.И. Разработка и изготовление высокопрочных свариваемых сталей с пределом текучести от 600 до 950 Н/мм² // Металлург. 2005. № 6. С. 55–58.
2. Гладштейн А.И., Бобылева А.А., Онучин А.Г. и др. Исследование и разработка новой высокопрочной стали для сварных конструкций // Сталь. 1978. № 6. С. 548–551.
3. Столяров В.И., Никитин В.Н., Лазько Н.В. Отпускная хрупкость конструкционной марганцовистой стали, микролегированной V, Mo, B // МиТОМ. 1998. № 12. С. 25–28.
4. Блантер М.Е. Теория термической обработки. М.: Металлургия, 1984. 328 с.

MASTERING THE PRODUCTION OF HIGH-STRENGTH WEAR-RESISTANT WELDED STEEL WITH YIELD STRENGTH OF MORE THAN 950 N/mm² FOR BEARING METALWORKS

© Talanov O.P.; Nastich S.Yu., Dr Sc. (Eng.); Nikitin V.N., Cand. Sc. (Eng.); Denisov S.V., Cand. Sc. (Eng.); Shirayayev O.P.; Kudryakov E.A.; Bogach D.I.; Trayno A.I., Dr Sc. (Eng.); Kurash V.S.

Technology of the industrial production of plates with thickness from 9 to 25 mm of high-strength steel 18ХГНМФТР for heavy-duty dump trucks platforms and mining equipment has been developed for JSC MMK. The high level of mechanical properties was achieved by the use of specially developed technology of double quenching and tempering. Stability of mechanical properties of the steel was provided by formation of homogeneous fine-grained martensite microstructure.

Keywords: high-strength steel; heat treatment; martensite; double quenching.

УДК 669.1'788:669.112.228

ВЫДЕЛЕНИЕ ВОДОРОДА ИЗ СТАЛИ 40ХГМ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

© **Шабуров Андрей Дмитриевич; Хяккинен Валерий Иванович**

ОАО «Челябинский металлургический комбинат», ИТЦ. Россия, г. Челябинск. E-mail: adshaburov@mail.ru; vhakkinen@mechel.ru

Мирзаев Джалал Аминулович, д-р физ.-мат. наук, проф.

Южно-Уральский государственный университет. Россия, г. Челябинск. E-mail: mirzayev@physmet.susu.ac.ru

Статья поступила 26.12.2012 г.

Разработана установка по изучению кинетики выделения водорода при различных температурах экстракции, на которой изучали выделение водорода из переохлажденного аустенита, претерпевающего распад с образованием α -фазы. Проведены эксперименты по выделению водорода при температурах 200–600 °С из образцов стали 40ХГМ, широко используемой для производства поковок.

Ключевые слова: водород; выделение водорода; установка экстракции; 40ХГМ.

Важной проблемой теории и практики получения качественных заготовок является изучение поведения водорода, растворенного в железе и сплавах на его основе. Растворимость водорода уменьшается при снижении температуры металла. При этом происходит выделение водорода, приводящего к изменению механических характеристик и появлению характерных дефектов металла – флокенов [1, 2].

Цель работы – изучение выделения водорода из аустенита при его распаде с образованием α -фазы.

В Исследовательско-технологическом центре ОАО «ЧМК» собрана экспериментальная установка по изучению кинетики выделения водорода при различных температурах, основанная на принципе экстракции водорода в замкнутый объем инертной среды (рис. 1).

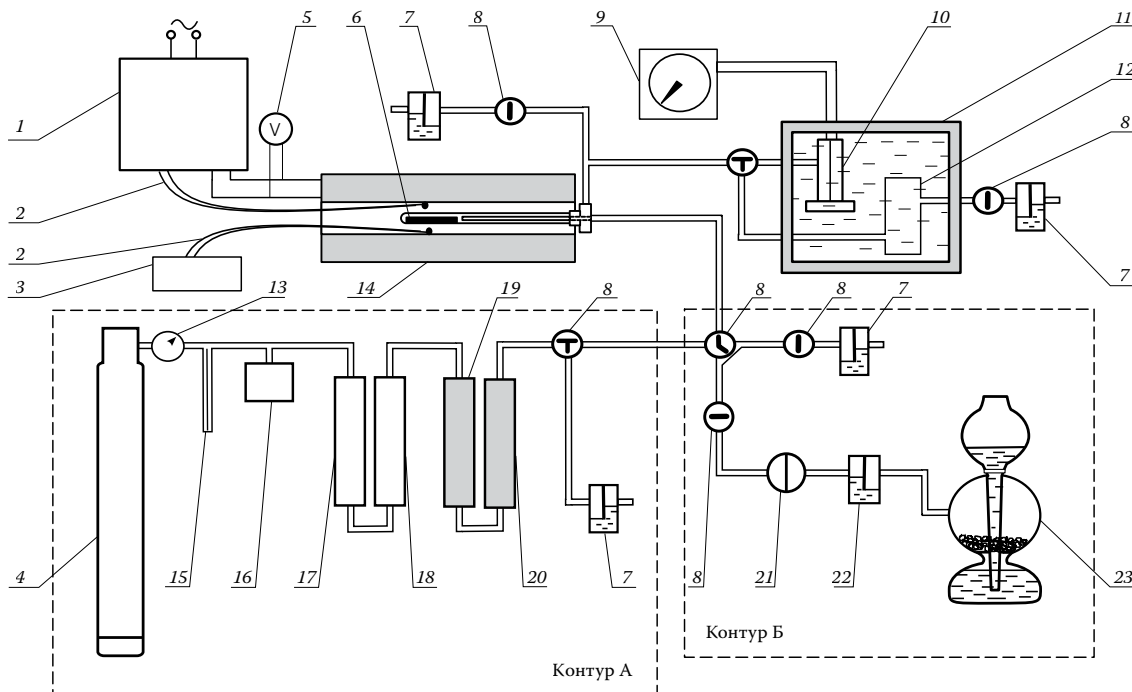


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для насыщения и последующего выделения водорода при различных температурах: 1 – тиристорный блок управления; 2 – хромель-алюмелевая термопара; 3 – потенциометр; 4 – баллон с аргонem; 5 – вольтметр; 6 – образец в реакционной трубке; 7 – склянка Тищенко с маслом; 8 – краны; 9 – самопиसेц; 10 – датчик давления «Метран»; 11 – термостат; 12 – балластный объем; 13 – редуктор; 14 – трубчатая печь; 15 – маностат; 16 – компенсационная подушка; 17 – силикагель; 18 – ангидрон; 19 – печь с медной стружкой; 20 – печь с железной стружкой; 21 – керамический фильтр; 22 – склянка Тищенко с серной кислотой; 23 – аппарат Киппа

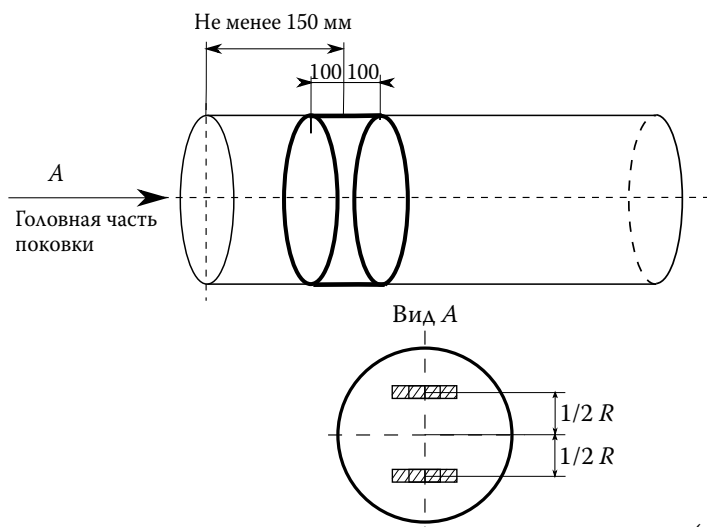


Рис. 2. Схема вырезки заготовок для образцов из поковки

Исследование проводили на образцах из флюкеночувствительной стали 40ХГМ, выплавленной в ЭСПЦ-6 ОАО «ЧМК» и имеющей следующий химический состав, %: С 0,39; Мп 0,70; Cr 1,00; Мо 0,19; Si 0,23; S 0,024; P 0,015. Пробы отбирали от поковки диам. 390 мм по схеме (рис. 2). Затем из проб при комнатной температуре изготовляли цилиндрические образцы диам. 10 мм и длиной 100 мм; для проведения экспериментов исследуемый образец помещали в реакционную трубку 6 (см. рис. 1) из кварцевого стекла. Сначала реакционную трубку вместе с образцом промывали очищенным от влаги и примесей аргоном; газ двигался по контуру А. Затем печь 23 (см. рис. 1), предварительно нагретую до 1000 °С, надвигали на реакционную трубку с образцом. В этот же момент прекращали подачу аргона, начинали подачу водорода при переключении на контур Б. В атмосфере проточного водорода при давлении 100 кПа образец контактировал с газом в течение 3 ч, что достаточно для сквозного насыщения образца водородом. Если использовать данные [1, 2] о растворимости водорода S в α -железе в виде

$$\lg S_{\text{H}}^{\gamma} = 1,677 - \frac{1182}{T} + \frac{1}{2} \lg(p \cdot 10^{-5}), \quad (1)$$

(p – давление молекулярного водорода в газовой фазе, Па), то при $p = 100$ кПа концентрация водорода в образце после выдержки при 1000 °С составила 5,6 см³/100 г. После насыщения образца подачу водорода прекращали, сдвигали печь, а реакционную трубку промывали аргоном с целью удаления из системы оставшегося водорода и более быстрого охлаждения образца в течение экспериментально установленного времени (рис. 3), зависящего от температуры. Полученные данные

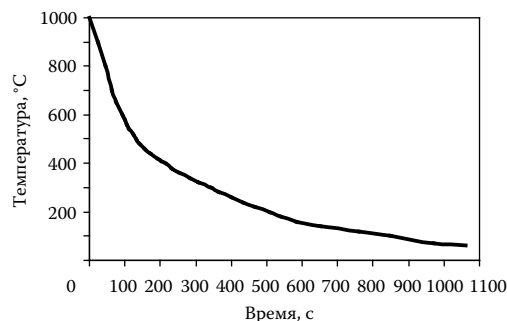


Рис. 3. Экспериментальный график охлаждения центра образца диам. 10 мм в атмосфере аргона в реакционной трубке

(см. рис. 3) проверили численным и аналитическим методами [3], что позволило установить средний коэффициент теплообмена при охлаждении образца в реакционной трубке. Затем надвигали вторую печь, разогретую до температуры, при которой определялось выделение водорода, отключали подачу аргона и включали измеритель давления и самописец. С этого момента начинается анализ выделения водорода.

Зависимость давления в реакционной трубке от длительности выдержки при различной температуре экстракции показана на рис. 4. Такие же кривые в следующих экспериментах были записаны для образцов, не подвергавшихся насыщению водородом. Эти образцы охлаждали в реакционной камере в течение такого же времени (с точностью до 1 с), как и в экспериментах с водородом.

Опыты продолжались в течение 4000 с при различной температуре экстракции, начиная с 200 и заканчивая 600 °С.

Результаты определения выделения водорода из образцов при различной температуре представлены на рис. 4. Как видно, экстракционные кривые выделения водорода в зависимости от времени имеют два максимума. Первый из них, вероятно, связан с тем, что часть реакционной трубки находится вне печи, поэтому в первые моменты надвигания печи наблюдается повышение давления в трубке, но затем оно снижается в связи с продолжающимся охлаждением части реакционной трубки. Возможно, что некоторый вклад в появление первого максимума дает выделение водорода из образца в процессе охлаждения. Появление второго пика имеет другую природу. Начало второго пика во всех случаях совпадает с окончанием инкубационного периода, предшествующего распаду аустенита (с учетом времени охлаждения образца до температуры экстракции), а положение максимума соответствует

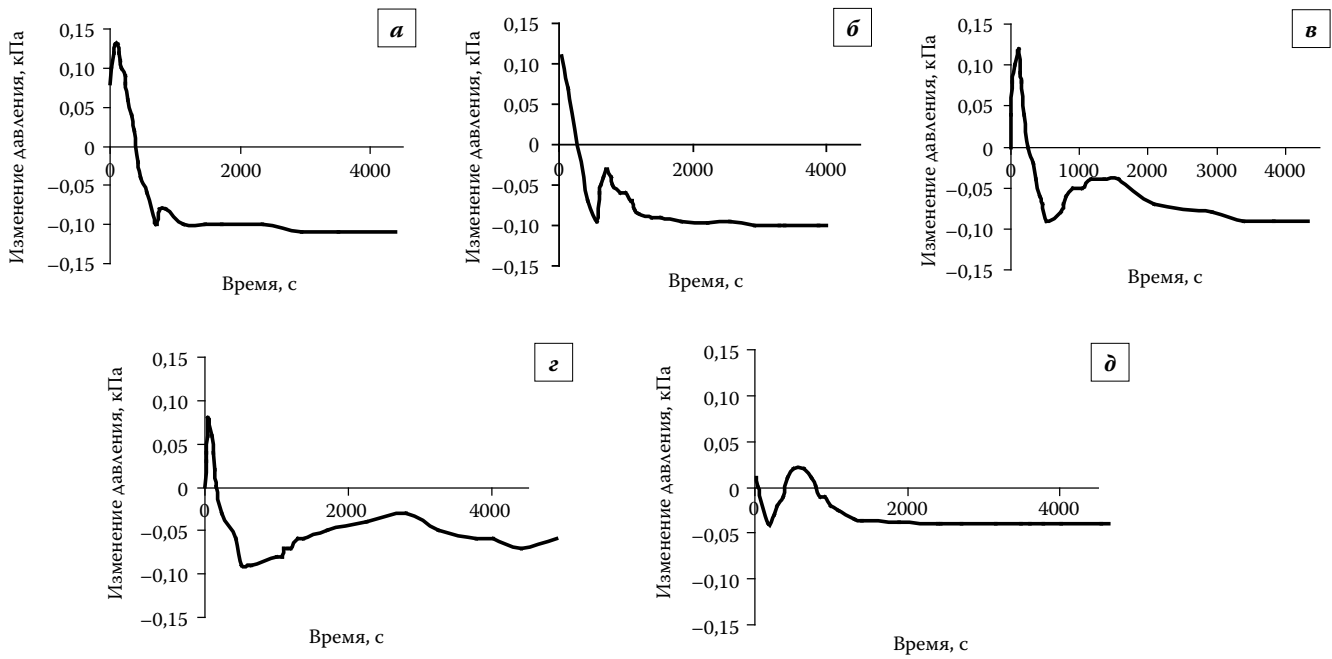


Рис. 4. Кривые изменения давления в системе при различной температуре экстракции водорода, °С: а – 200; б – 300; в – 400; г – 500; д – 600

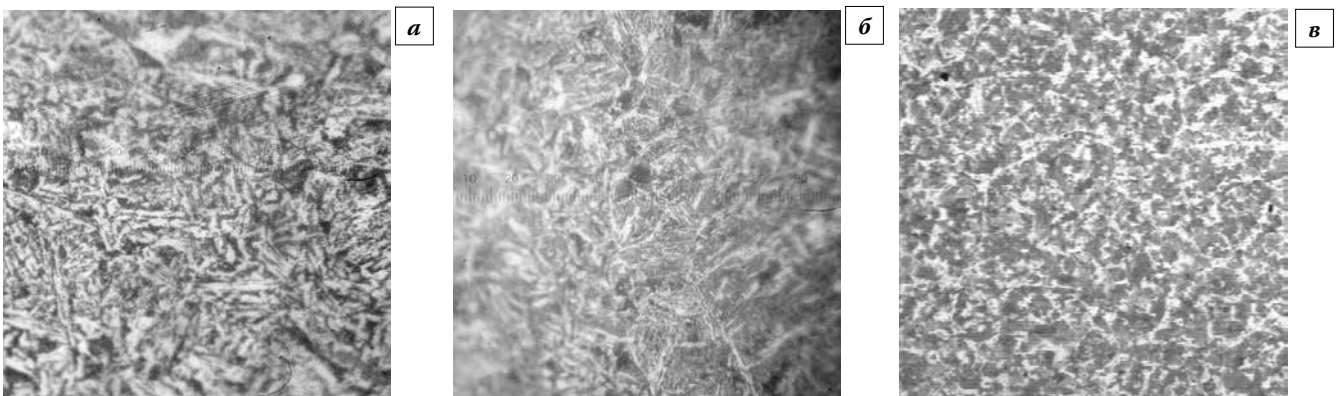


Рис. 5. Микроструктура опытных образцов, выдержанных при температуре, °С: а – 300; б – 500; в – 600

максимальной скорости распада аустенита [4]. Микроструктура образцов, охлажденных до температуры в интервале 200–600 °С, выдержанных при каждой из этих температур в течение 4000 с, а затем охлажденных до комнатной температуры, представлена на рис. 5. При 200–300 °С (рис. 5, а) структура представляет собой мартенситно-бейнитную смесь. При 400–500 °С (см. рис. 5, б) структура образцов полностью бейнитная. Образец, выдержанный при 600 °С (см. рис. 5, в), имеет ферритно-перлитную структуру.

Следует отметить, что после совмещения кривых изменения давления наводороженного и ненаводороженного образцов первый максимум исчезает. Вторые максимумы проявляются более слабо, однако они сохраняются на кривых выде-

ления водорода (рис. 6). Во всех случаях мы видим бурное начало выделения водорода, и даже при 200 и 300 °С скорость выделения водорода очень большая. Но так как при этих температурах в стали образуется мартенсит [4], то здесь проявляется эффект значительного выделения водорода при $\gamma \rightarrow \alpha$ -превращении отчасти в результате повышения температуры и в большей степени в результате возникновения напряженного состояния при образовании фазы с большим удельным объемом. С другой стороны, мартенсит, а также бейнитные структуры часто содержат многочисленные мелкие трещины, по которым водород может легко диффундировать. В работе [5] также отмечено, что зарождение микротрещин может происходить в процессе диффузионного распа-

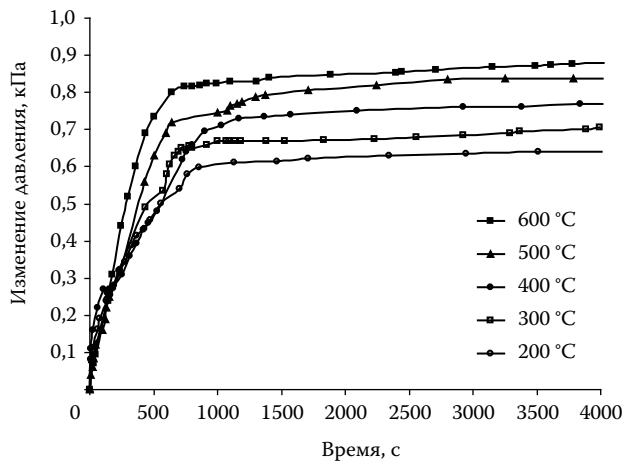


Рис. 6. Выделение водорода из образца при различных температурах

да пересыщенного водородом аустенита, когда по фронту $\gamma \rightarrow \alpha$ -превращения происходит перераспределение водорода между фазами. Ускоряющий выделение водорода эффект распада переохлажденного аустенита рассмотрен также в монографии [6], где отмечается, что мартенситное превращение в наибольшей степени стимулирует выделение водорода. Интенсивное выделение водорода происходит приблизительно за 600 с выдержки, а затем сменяется относительно слабым удалением, поскольку после завершения фазового превращения начинается стадия медленного диффузионного удаления водорода в атмосферу. Поэтому кривые на рис. 5 при большей продолжительности выдержки имеют небольшой наклон вверх, свидетельствующий о том, что выделение водорода продолжается после 2000 и даже 4000 с выдержки.

Следует отметить, что подобная экспериментальная установка использовалась в ИТЦ [7, 8] и подробно описана в диссертационной работе Е.А.Фоминых [9], где приведены доказательства, что выделяющийся из стали газ является водородом. Мы, в свою очередь, опираемся на результаты этого исследования.

Выводы. 1. Представлены экспериментальные данные об интенсивности выделения водорода из предварительно наводороженных образцов при 200–600 °C.

2. Показано, что распад переохлажденного аустенита в стали стимулирует выделение водорода.

3. Полученные данные будут использованы для совершенствования режимов термической обработки поковок на ЧФ ОАО «Уральская кузница».

Библиографический список

1. Гельд П.В., Рябов Р.А. Водород в металлах и сплавах. М.: Металлургия, 1974. 272 с.
2. Поволоцкий Д.Я., Морозов А.Н. Водород и флокены в стали. Металлургиздат, 1959. 183 с.
3. Шабуров А.Д., Мирзаев Д.А. Расчет и моделирование охлаждения крупных поковок // Вест. Ю.-Уральского гос. ун-та. Серия «Металлургия». 2011. № 36. Вып. 17. С. 66–69.
4. Мирзаев Д.А., Фоминых Е.А., Токовой О.К., Шабуров Д.В. Термокинетическая диаграмма распада аустенита стали 40ХГМ (АiSi 4140) // Вест. Ю.-Уральского гос. ун-та. Серия «Металлургия». 2006. № 10. Вып. 7. С. 86–89.
5. Пермитин В.Е., Голованов А.А. О перераспределении водорода при $\gamma \rightarrow \alpha$ -превращении в стали // МиТОМ. 1988. № 10. С. 2–6.
6. Касаткин Г.Н. Водород в конструкционных сталях. М.: Интермет Инжиниринг, 2003. 336 с.
7. Фоминых Е.А., Токовой О.К., Мирзаев Д.А. и др. Выделение водорода из стали 40ХГМ при комнатной температуре // Вест. Ю.-Уральского гос. ун-та. Серия «Металлургия». 2005. № 10. Вып. 6. С. 94–98.
8. Фоминых Е.А., Токовой О.К., Воробьев Н.И. и др. Определение коэффициента диффузии водорода в поковках из легированных сталей // Изв. Челябинского научного центра. 2007. № 4(38). С. 29–34.
9. Фоминых Е.А. Совершенствование технологии производства конструкционной легированной стали для крупных поковок. Дис. ... канд. техн. наук. Ю.-Уральский гос. ун-т. Челябинск, 2007. 179 с.

HYDROGEN EMISSION FROM STEEL 40XGM AT ELEVATED TEMPERATURES

© Shaburov A.D.; Hyakkinen V.I.; Mirzaev D.A., Dr Sc. (Phys.-Math.)

Unit for study of kinetics of hydrogen emission at different extraction temperatures is developed which allows investigating hydrogen emission from the undercooled austenite which undergoes decomposition to form α -phase. Experiments on the emission of hydrogen at temperatures of 200–600 °C from samples of 40XGM steel which is widely used to produce forgings are carried out.

Keywords: hydrogen; hydrogen emission; complex for extraction; 40XGM.

УДК 539.37:621.771.07

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЦЕЛЬНОКОВАННЫХ И БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ

© **Покровский Алексей Михайлович**, д-р техн. наук, проф.

Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана. Россия, Москва. E-mail: amprokr@mail.ru

Статья поступила 04.03.2013 г.

Разработана методика оценки долговечности крупногабаритных цельнокованых и биметаллических опорных прокатных валков при эксплуатации с учетом остаточных напряжений от термообработки. Представлены результаты численной реализации применительно к прокатному стану кварто 600/1350x1420. Решение объемной контактной задачи для определения эксплуатационных напряжений от прокатки проведено с использованием конечно-элементного комплекса ANSYS. Долговечность валков определена посредством расчета на живучесть в детерминированной постановке с использованием уравнения Пэриса, описывающего линейный участок кинетической диаграммы усталостного разрушения. Показано, что долговечность биметаллических валков с наплавкой из высоколегированной стали с карбидно-интерметаллидным упрочнением приблизительно в два раза выше, чем у цельнокованых валков из традиционных низколегированных валковых сталей.

Ключевые слова: опорные прокатные валки; клеть кварто; сталь с карбидно-интерметаллидным упрочнением; термическая обработка; напряженно-деформированное состояние; контактная задача; эксплуатационные и остаточные напряжения; метод конечных элементов; долговечность; живучесть; трещиноподобные дефекты.

Производительность прокатного стана кварто [1] и качество получаемого на нем проката в значительной степени определяются долговечностью рабочих и опорных валков, которая в первую очередь зависит от правильности выбора материала и режимов термической обработки валков. Достигнуть значительного увеличения долговечности валков можно только посредством использования стали новых марок и прогрессивных видов термической обработки. Экспериментальные методы исследования ресурса прокатных валков малоэффективны, так как чрезвычайно дорогостоящи и, как правило, имеют высокую погрешность. В связи с этим предпочтительно применение методов математического моделирования. Настоящее исследование посвящено разработке расчетных методов и созданию программных средств для прогнозирования долговечности опорных прокатных валков клетки кварто и проведению сравнительного анализа долговечности цельнокованых валков из традиционных валковых сталей и биметаллических валков с наплавкой из перспективной высоколегированной стали 25Н12М6К10, обладающей уникальными эксплуатационными свойствами.

Основная проблема при оценке долговечности прокатных валков в процессе эксплуатации заключается в том, что в технологический процесс их изготовления включена термическая обработка, при которой в валках формируются значительные остаточные термические напряжения.

Исследования показывают, что уровень этих напряжений, сохраняющихся в валках при эксплуатации, как правило, превышает значения рабочих напряжений от прокатки [2]. В связи с этим при прогнозировании долговечности валков остаточные напряжения необходимо учитывать. Главная сложность при компьютерном моделировании кинетики формирования остаточных термических напряжений в валках состоит в том, что в интервале температур термической обработки в стали происходят структурные превращения, вызывающие объемные деформации и приводящие к существенному изменению теплофизических и механических свойств. Кроме того, на начальной стадии термической обработки в результате долгого пребывания стали при высоких температурах в значительной степени проявляются ее реономные свойства (ползучесть), а на окончательных стадиях (при невысоких температурах) возникает пластическая деформация. В связи с этим для адекватного описания напряженно-деформированного состояния (НДС) валков в процессе термической обработки необходимо решать задачу термоупруговязкопластичности для материала с нестационарной структурой [3]. Решение задачи фактически сводится к решению трех связанных задач: теплопроводности, моделирования структурообразования и собственно определения НДС. Причем связь задач объясняется тем фактом, что все теплофизические и механические характеристики зависят от темпе-

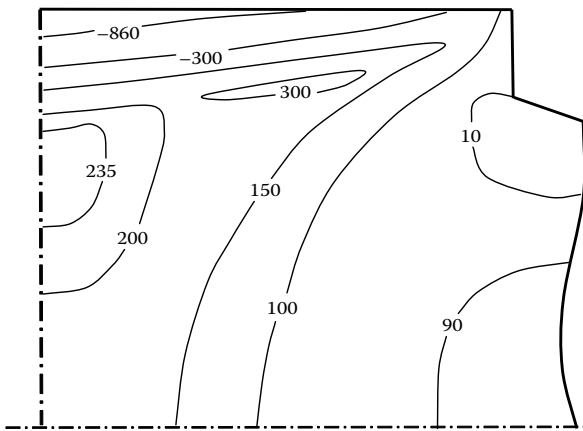


Рис. 1. Расчетное распределение остаточных осевых напряжений в продольном сечении опорного вала после однопроходной закалки ТПЧ (значения указаны в МПа)

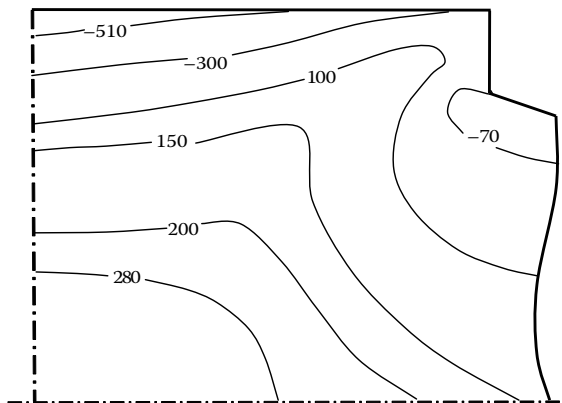


Рис. 2. Расчетное распределение остаточных осевых напряжений в продольном сечении биметаллического опорного вала после ускоренной нормализации (значения указаны в МПа)

ратуры и структуры, а кинетика структурообразования определяется температурным полем и НДС. В настоящей работе для определения остаточных термических напряжений был использован программный комплекс, представленный в работе [3].

В качестве объекта исследования был выбран холоднолистовой четырехвалковый прокатный стан кварто 600/1350×1420. Размеры опорного вала стана: диаметр и длина рабочей части 1350 и 1420 мм соответственно; общая длина шейки 1520 мм; максимальный диаметр ее конической части 1000 мм, цилиндрической – 820 мм. На Южно-Уральском машиностроительном заводе (МК «ОРМЕТО-ЮУМЗ») валки изготавливаются из стали 90ХЗМФ. На рис. 1 представлено распределение наиболее опасных остаточных осевых напряжений в продольном сечении этого вала после

однопроходной индукционной закалки токами промышленной частоты (ТПЧ) с температуры 970 °С с предварительным сквозным прогревом в электропечи до 500 °С и последующим отпуском при 360 °С [4]. Расчет структурного состава показал, что закаленный слой, содержащий 95–100% мартенсита (65–70 HSD), составляет около 50 мм. На большей глубине структура становится перлитно-мартенситной (бейнит не возникает). По мере увеличения глубины доля перлита в структуре возрастает, и на глубине более 90 мм структура становится чисто перлитной.

При использовании высоколегированных сталей прокатные валки обычно изготавливаются биметаллическими. Ось выполняется из дешевой валковой стали, а наплавка из дорогостоящей высоколегированной стали. В расчете принимали, что ось изготовлена из стали 60ХН, а наплавка толщиной 70 мм из стали 25Н12М6К10 с комбинированным карбидно-интерметаллидным упрочнением. Стали этого типа обладают уникальными эксплуатационными свойствами. Предел прочности σ_b таких сталей может достигать 2500 МПа, твердость – 62 HRC, а вязкость разрушения (трещиностойкость) $K_{Ic} = 80 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$ [5]. Для получения требуемых эксплуатационных свойств биметаллические валки с наплавкой из стали с карбидно-интерметаллидным упрочнением можно не закалывать, а подвергать более мягкой термической обработке – ускоренной нормализации [6]. Режим термообработки вала состоял в нагреве до 1100 °С в печи скоростного нагрева, выдержке 1 ч, охлаждении водовоздушной смесью в спрейерной установке и отпуске при 500 °С. Расчет структурного состава в биметаллическом валке показал, что структура наплавки после термообработки – закаленный мартенсит, а оси – перлит. Полученная мартенситная структура наплавки обеспечивает необходимую твердость рабочей поверхности валков и гарантирует высокие эксплуатационные свойства. На рис. 2 представлено распределение остаточных осевых напряжений в биметаллическом валке.

Для определения эксплуатационных напряжений в процессе прокатки использовали созданную в конечно-элементной среде ANSYS 11.0 объемную (3D) математическую модель прокатного стана кварто, подробно описанную в работе [2]. Эта модель позволяет численно определять НДС в рабочих и опорных валках с учетом остаточных термических напряжений, которые задаются как начальные напряжения. Давление, передающееся рабочему валку от прокатываемого металла, при-

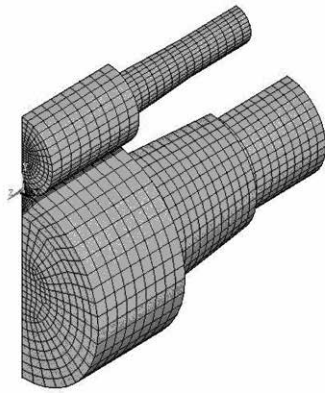
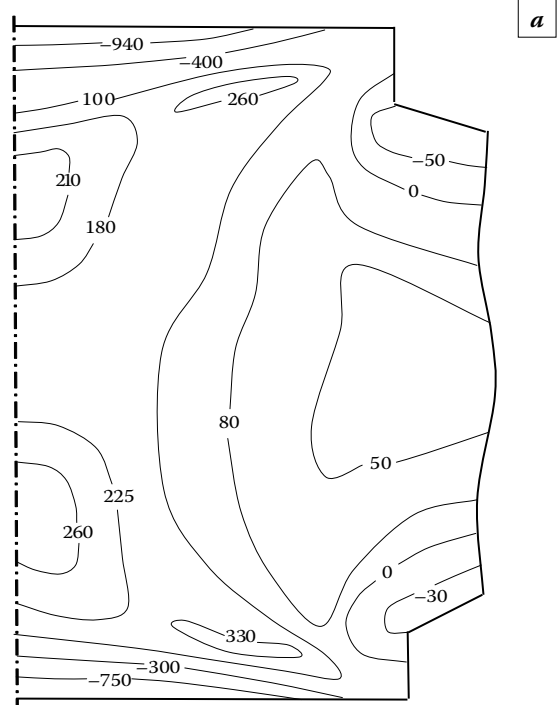


Рис. 3. Конечно-элементная модель клетки кварто

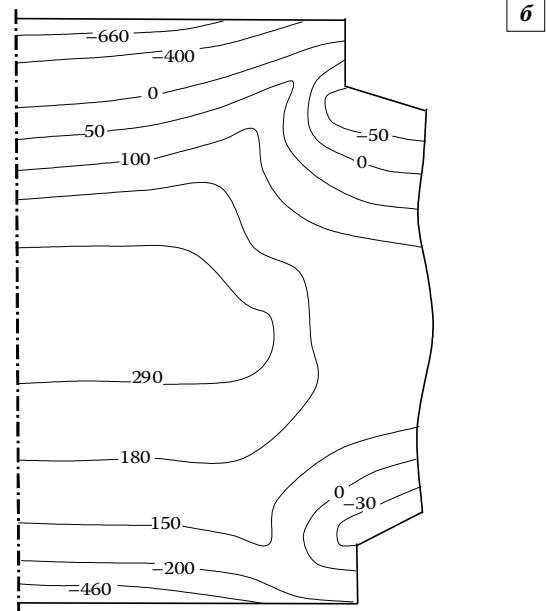
няли постоянным [1]. Усилие прокатки принимали равным 20 МН. Для определения НДС модели решали задачу о контактном взаимодействии двух цилиндрических поверхностей.

Для решения контактных задач в среде ANSYS 11.0 имеется встроенная функция и разработаны специальные контактные поверхностные элементы, которыми покрываются предполагаемые области контактирования. Формирование конечно-элементной сетки осуществляли посредством процедуры «протягивания» плоской фигуры, разбитой на четырехугольные 8-узловые вспомогательные конечные элементы MESH200, вдоль продольной оси валков. В результате этого получали конечно-элементную модель, состоящую из 20-узловых объемных (3D) элементов SOLID95. Поверхности рабочего и опорного валков в зоне контакта моделировали 8-узловыми поверхностными трехмерными контактными CONTA174 и ответными TARGE170 элементами, расположенными на поверхностях элементов SOLID95. При создании математической модели с целью уменьшения числа конечных элементов учитывали симметрию задачи относительно продольного сечения и срединной плоскости вала, поэтому рассматривали только нижнюю правую четверть клетки (рис. 3).

Результаты численного расчета наиболее опасных суммарных осевых напряжений от термообработки и прокатки в цельнокованом и биметаллическом валках представлены на рис. 4. Наиболее опасными зонами с точки зрения возникновения в них трещиноподобных дефектов в цельнокованом валке являются центральные области, немного смещенные от оси вращения вала в сторону боковой поверхности, в которых циклически изменяющиеся суммарные напряжения имеют ненулевую амплитуду, а также области в зоне краевого эффекта вблизи шеек (см. рис. 4, а).



а



б

Рис. 4. Расчетное распределение суммарных осевых напряжений при эксплуатации (а) в продольном сечении цельнокованого опорного прокатного вала и биметаллического опорного прокатного вала (б) (значения указаны в МПа)

На рабочей поверхности вала формируются сжимающие напряжения, не представляющие опасности с точки зрения хрупкой прочности, а наоборот, как известно [7], повышающие контактную выносливость, поэтому эти зоны менее опасны. Также менее опасны осевые зоны, в которых амплитуда напряжений в процессе прокатки близка к нулю, а рост усталостных трещин возможен только при ненулевой амплитуде [7].

Зона краевого эффекта вблизи шейки биметаллического валка не возникает (см. рис. 4, б). Формирование такой зоны в цельнокованом валке объясняется необходимостью использования для валков из низколегированных сталей после более жесткой термической обработки – закалки. Уровень максимальных растягивающих напряжений в биметаллическом валке не намного ниже, чем в цельнокованом, – 290 и 330 МПа соответственно. Однако амплитуды максимальных напряжений отличаются почти в два раза. В цельнокованом валке максимальные растягивающие напряжения возникают в зоне краевого эффекта, где амплитуда напряжений составляет 70 МПа, в биметаллическом – в центральной зоне с амплитудой 40 МПа. Значения максимальных и минимальных напряжений цикла, а также коэффициент асимметрии R для наиболее опасных областей цельнокованого и биметаллического опорных прокатных валков даны в таблице.

Прогнозирование долговечности опорных прокатных валков проводили посредством решения задачи живучести в детерминированной постановке. Рассматривали только поперечные трещиноподобные дефекты, ориентированные перпендикулярно оси валка, так как статистические данные по разрушению крупногабаритных прокатных валков в процессе эксплуатации свидетельствуют о том, что в подавляющем большинстве случаев выход из строя таких валков происходит из-за наличия поперечных трещин [7]. Численные расчеты также показали, что максимальными напряжениями при прокатке являются осевые напряжения, и поэтому поперечные трещины, расположенные в плоскости действия этих напряжений, наиболее опасные. Форму трещин принимали круговой. В расчете использовали формулу Яремы, описывающую линейный участок кинетической диаграммы усталостного разрушения [8]

$$\frac{dl}{dN} = C(K_{I\max}/D)^m, \quad (1)$$

где $K_{I\max}$ – максимальное значение коэффициента интенсивности напряжений (КИН) за цикл,

определяемое исходя из суммарных напряжений от прокатки и термообработки; l – радиус дисковой трещины (l_c – критический); N – число циклов; $C = 10^{-7}$ м/цикл, $m = 2,85$ – эмпирические коэффициенты, зависящие от материала. Коэффициент D кроме материала зависит еще от коэффициента асимметрии R . Значения эмпирических коэффициентов C , m и D принимали по данным работы [8].

Максимальный КИН для дисковой трещины, если ее размеры малы по сравнению с размерами валка, можно определить по формуле для трещины в бесконечной среде [9]

$$K_{I\max} = 2\sigma_{\max}\sqrt{l/\pi}. \quad (2)$$

Согласно силовому критерию Ирвина [9]

$$K_{I\max} \leq K_{Ic}, \quad (3)$$

где $K_{Ic} = 50$ МПа·м^{1/2} – вязкость разрушения, принятая для стали 90ХЗМФ согласно [7], а для стали 25Н12М6К10 $K_{Ic} = 80$ МПа·м^{1/2} (согласно [5]).

На основании выражений (2) и (3) критический размер трещины равен

$$l_c = \pi K_{Ic}^2 / 4\sigma_{\max}^2. \quad (4)$$

Значения критических радиусов для рассматриваемых круговых трещин приведены в таблице. Критические размеры трещин значительно меньше размеров валков, поэтому в выражении для скорости роста трещины (1) можно использовать формулу (2) для трещины в бесконечной среде.

Тогда число циклов, при котором трещина вырастет от начального радиуса до критического (долговечность), согласно (1) и (2), можно определить по формуле

$$N = \left(\frac{D\sqrt{\pi}}{2\sigma_{\max}} \right)^m \frac{1}{C} \int_{l_0}^{l_c} \frac{dl}{l^{m/2}} = \left(\frac{D\sqrt{\pi}}{2\sigma_{\max}} \right)^m \frac{(l_c^{(1-m/2)} - l_0^{(1-m/2)})}{C(1-m/2)}, \quad (5)$$

где l_0 – начальный радиус трещины, выявленной методами планового УЗ-контроля.

Известно, что вплоть до достижения КИН порогового значения K_{Ith} усталостная трещи-

Параметры циклов нагружения опорных прокатных валков

Тип валка		$\sigma_{z\max}$, МПа	$\sigma_{z\min}$, МПа	R	D , МПа·м ^{1/2}	l_{\min} , мм	l_c , мм
Цельнокованый	Центральная зона	260	210	0,808	148	2,61	29,0
	Зона краевого эффекта	330	260	0,788	134	1,62	18,0
Биметаллический		290	250	0,862	165	2,10	59,7

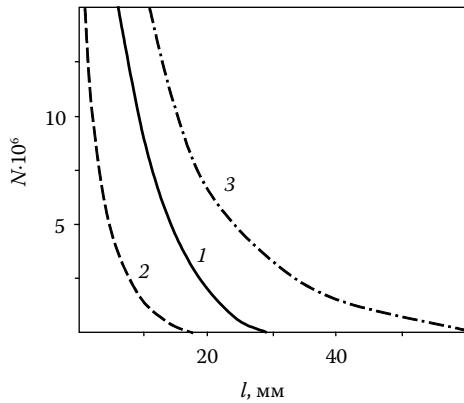


Рис. 5. Зависимость долговечности от начального радиуса дисковой трещины в цельнокованом валке (1 – в центральной зоне; 2 – в зоне краевого эффекта) и в биметаллическом валке (3)

на не распространяется, или точнее скорость ее роста очень мала (не более 10^{-9} м/цикл). Согласно [7], для валковых сталей можно принять $K_{Ith} = 15 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$. Подставляя в формулу (4) вместо K_{Ic} пороговое значение КИН, можно определить минимально допустимый радиус трещины l_{min} , при котором не происходит ее страгивание при заданном режиме циклического нагружения. Результаты расчета l_{min} даны в таблице.

Из результатов расчета долговечности цельнокованого и биметаллического прокатных валков в зависимости от начального радиуса трещины (рис. 5) видно, что в цельнокованом валке наибольшую опасность представляют дефекты, расположенные в зоне краевого эффекта, а в биметаллическом – в центральной зоне.

Заключение. Показана целесообразность перехода от цельнокованных опорных валков из традиционных низколегированных валковых сталей к биметаллическим валкам с наплавкой из стали с карбидно-интерметаллидным упрочнением. Долговечность биметаллического опорного прокатного валка приблизительно в два раза выше,

чем цельнокованого. Этот факт объясняется тем, что в биметаллическом валке не возникает опасной зоны краевого эффекта, кроме того, рекомендуемая высоколегированная сталь имеет лучшие механические свойства.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 11-08-01314 а).

Библиографический список

1. **Целиков А.И.** Теория продольной прокатки. М. : Металлургия, 1980. 319 с.
2. **Покровский А.М., Бочектуева Е.Б.** Расчет усилий противоизгиба прокатного стана кварто с учетом остаточных термонапряжений в валках // Производство проката. 2009. № 2. С. 14–18.
3. **Вафин Р.К., Покровский А.М., Лешковцев В.Г.** Прочность термообрабатываемых прокатных валков. М. : МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2004. 264 с.
4. **Покровский А.М., Полушин А.А.** Компьютерное моделирование физико-механических процессов, протекающих при термообработке опорных прокатных валков // Проблемы черной металлургии и материаловедения. 2010. № 36. С. 50–55.
5. **Рахштадт А.Г., Кан А.В., Ховова О.М.** Дисперсионное твердение высокопрочных Ni–Co–Mo сталей // Митом. 1985. № 5. С. 33–37.
6. **Лешковцев В.Г., Покровский А.М., Плохих А.И., Ховова О.М.** Исследование возможности создания композитных валков с наплавкой из стали 30Н12М6К10Б с карбидно-интерметаллидным упрочнением // Митом. 2009. № 3. С. 38–42.
7. **Панасюк В.В.** Механика квазихрупкого разрушения материалов. Киев : Наукова думка, 1991. 416 с.
8. **Ярема С.Я.** Методология определения характеристик сопротивления развитию трещин (трещиностойкости) материалов при циклическом нагружении // Физико-химическая механика материалов. 1981. № 4. С. 100–110.
9. **Черепанов Г.П.** Механика хрупкого разрушения. М. : Наука, 1974. 416 с.

COMPARATIVE ANALYSIS OF DURABILITY OF SOLID-FORGED AND BIMETAL SUPPORTING ROLLS

© **Pokrovskiy A.M.**, Dr Sc. (Eng.), prof.

Method of estimation of durability of large-sized solid-forged and bimetal bearing rolls is developed when operating with the account of residual stresses of heat treatment. Results of numerical implementation in relation to the rolling mill quarto 600/1350×1420 are presented. The solution of the volume contact problem for determination of operating stresses from rolling is carried out using the finite-element complex ANSYS. Durability of rolls is determined by means of calculating survivability in a deterministic setting using the equation of Paris', which describes the linear portion of the kinetic diagrams of fatigue failure. It is shown that the durability of bimetal rolls with build-up welding of high-alloyed steel with carbide-intermetallic hardening is approximately twice higher than that of the solid-forged rolls made from the traditional low-alloyed rolling steel.

Keywords: supporting rolls; stand quarto; steel with carbide-intermetallic hardening; heat treatment; stress-strain state; contact problem; operational and residual stresses; finite element method; durability; endurance; crack defects.

УДК 621.762.4

ФЕНОМЕНОЛОГИЯ УПЛОТНЕНИЯ ПОРОШКОВ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ВОЛЬФРАМА И УГЛЕРОДА

© Самодурова Марина Николаевна¹, канд. техн. наук;Барков Леонид Андреевич¹, д-р техн. наук; Мымрин Сергей Александрович², канд. техн. наук;Иванов Василий Александрович¹; Канатникова Юлия Анатольевна¹¹ ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет». Россия, г. Челябинск. E-mail: sm@susu.ac.ru² НПО «ПРОМИН». Россия, г. Челябинск

Статья поступила 23.04.2013 г.

Приведены данные о форме частиц, компонентном и гранулометрическом составе, сведения о связи плотности прессовок с давлением прессования для порошковых материалов с особыми свойствами на основе вольфрама и углерода.

Ключевые слова: порошки; вольфрам; углерод; форма частиц; размеры частиц; стадии уплотнения.

Порошки с особыми свойствами. Известно [1], что во Франции с участием России сооружается первый международный экспериментальный термоядерный реактор. В качестве основных материалов для его главного агрегата, носящего название «Divertor», используются вольфрам (точнее – его гетерогенные композиции) и углерод в виде легированных углерод-углеродных композиций. Эти порошковые композиционные материалы имеют особые свойства, позволяющие этим материалам противостоять чрезвычайно высоким термомеханическим нагрузкам в термоядерном реакторе.

Вольфрам нашел промышленное применение еще в самом начале прошлого века в мировой светотехнической промышленности и нагревательных устройствах [2], поэтому его свойства хорошо известны (самые высокие среди металлов) – температура плавления, высокотемпературная прочность, модуль упругости, коэффициент теплопроводности и химическая устойчивость в различных газовых средах, кислотах и расплавах металлов [3].

Углерод-углеродные композиции в наше время уже стали основным высокотемпературным материалом для аэрокосмической техники [4]. Из них изготавливают не только энергетические устройства, способные работать при 2500 °С, но и корпуса Шаттлов и космических аппаратов [5]. Углеродные материалы отличаются уникальным набором механических, физических и химических свойств [6]. Они имеют малую плотность, высокую температуру сублимации при отсут-

ствии плавления, низкое давление паров углерода, низкое значение коэффициента термического расширения, высокую сопротивляемость термическим ударам и абразивному износу. Они химически инертны ко многим активным газовым и жидким средам. Эти материалы имеют и другие положительные свойства, которые делают их незаменимыми не только в ракетно-космической технике и атомной энергетике, но и в металлургии, химии, машиностроении и электротехнике.

Стадии процесса уплотнения порошков. Теоретическое и экспериментальное изучение процесса уплотнения порошков металлов начато еще в первой половине XX в. [7–16]. Уже в первых монографиях М.Ю.Бальшина по порошковой металлургии [7, 8] процесс уплотнения металлического порошка в пресс-формах рассматривается как трехстадийный. Дальнейшими многочисленными исследованиями ученых России, Украины и Белоруссии установлено, что на первой стадии уплотнение порошков осуществляется благодаря более рациональной укладке частиц и их упругой деформации, на второй – в результате возникновения и роста поверхностей их взаимного контакта, а на третьей – благодаря объемной пластической деформации частиц порошка.

Полученные выводы, основанные на экспериментах по уплотнению порошков железа, стали, меди, алюминия, олова, цинка и других металлов в замкнутых цилиндрических пресс-формах диам. 10–40 мм [16], приняты учеными не только нашей страны, но и зарубежных стран [17]. Однако полученные выводы нельзя отнести к порош-

Таблица 1. Присадки в порошковых композициях на основе вольфрама для электронной техники

Марка материала	Состав присадки, мас. %					
	K ₂ O	SiO ₂	Al ₂ O ₃	ThO ₂	La ₂ O ₃	Y ₂ O ₃
ВА	0,32	0,45	0,03	–	–	–
ВМ	0,32	0,45	–	0,25	–	–
ВЧ	–	–	–	–	–	–
ВРН	0,32	–	–	–	–	–
ВТ-7	–	–	–	0,7	–	–
ВТ-10	–	–	–	1,0	–	–
ВТ-15	–	–	–	1,5	–	–
ВТ-30	–	–	–	3,0	–	–
ВТ-50	–	–	–	5,0	–	–
ВЛ	–	–	–	–	1,0	–
ВИ	–	–	–	–	–	3,0

кам вольфрама и углерода, поскольку они имеют особые свойства.

Составы композиционных материалов на основе вольфрама и углерода. Процесс уплотнения для получения полуфабрикатов и заготовок изделий из этих материалов выполняется на порошковых композициях на основе порошка вольфрама с пластификатором и присадками и порошков кокса или графита с пластификаторами и присадками.

Так, при холодном прессовании заготовок (штабиков) из порошка вольфрама в качестве пластификатора чаще всего используется раствор глицерина в этиловом спирте [18]. При теплом прессовании порошков кокса в качестве пластификаторов чаще всего используются жидкие каменноугольные пеки или их смеси с каменноугольными смолами и маслами, а при теплом прессовании порошков графита порошковые фенолформальдегидные смолы [6].

Порошковые композиции на основе порошка вольфрама в качестве присадок содержат оксидную керамику. В табл. 1 приведены марки вольфрама, применяемые в электронной технике, и указаны типы и содержание присадок [19].

Порошковые композиции на основе углерода для получения легированных углеродных материалов содержат присадки в виде порошков титана, циркония, кремния, бора, а также в виде карбидов металлов [20]. Электротехнические изделия из углеродных композиций содержат добавки в виде порошков железа, серебра, меди, никеля, олова и свинца [21].

Свойства композиционных материалов на основе вольфрама. Рассмотренные материалы имеют не только особые химико-физические и механические свойства, но и особые технологические свойства, особое состояние исходных порошков и особые условия их компактирования для получения исходных заготовок и изделий. К особым технологическим свойствам рассматриваемых порошковых композиций следует, прежде всего, отнести насыпную плотность, текучесть, уплотняемость, прессуемость, формуемость и плотность после компактирования. В табл. 2 указана насыпная плотность порошков, изделия из которых используются в электровакуумной технике, и приведен их состав по размерам частиц на основе микроскопического анализа [22].

Как видно из табл. 2, насыпная плотность порошков из представленных марок вольфрама по сравнению с порошками других металлов необычно низка и находится в пределах 0,06–0,12 от плотности беспористого вольфрама. Размерный ряд и средние размеры частиц порошков также необычны для порошков других металлов, т.е. особые.

В порошковых технологиях кроме среднего размера частиц порошка его исходное состояние характеризуется формой частиц. На рис. 1 и 2 показаны формы частиц порошка вольфрама, аналогичного по составу порошку марки ВА, фракции 6,1 мкм, со средним размером 6,7 мкм производства завода «Элмаш-Сплав» (г. Саратов) и средним размером 5 мкм производства завода «Победит» (г. Владикавказ), предназначенных для получения штабиков из карбида вольфрама. Рентгенофазовый анализ формы частиц выпол-

Таблица 2. Насыпная плотность и размеры частиц порошковых вольфрамовых композиций, используемых в электротехнике

Марка материала	Насыпная плотность, г/см ³	Доля частиц (%) размерами, мкм						d _m *, мкм
		1 и менее	1–2	2–3	3–4	4–5	5	
ВА	2,15	44	35	14	3	2	2	4,0–6,5
ВЧ-0	1,2	90	8	2	–	–	–	0,8–1,5
ВЧ-3	1,8–2,5	65	30	5	–	–	–	1,5–2,0
ВЧ-5	2,5	42	30	20	4	2	2	2,5–4,5
ВРН	2,0-2,5	50	30	12	5	3	–	2,0–4,0
ВТ-10	–	77	18	4	1	–	–	1,2–1,8

* d_m – диапазон средних размеров частиц, определенный по удельной поверхности.

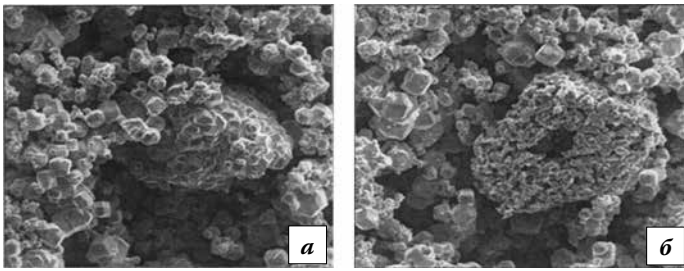


Рис. 1. Форма частиц вольфрама средним размером 6,7 мкм:
а – $\times 1000$; б – $\times 4000$

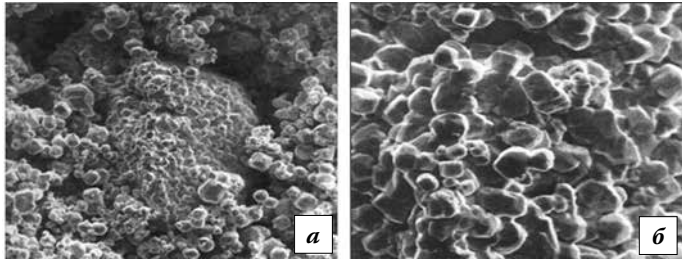


Рис. 2. Форма частиц вольфрама средним размером 5 мкм:
а – $\times 1000$; б – $\times 4000$

нен на дифрактометре ДРОН-3.0 учеными Самарского государственного университета [23]. Из рис. 1 и 2 видно, что все частицы вольфрама имеют форму, близкую к кубической, которая в наименьшей мере соответствует формам частиц порошков таких металлов, как железо, алюминий, медь, титан и другие [24].

Отмеченные особые технологические свойства порошков вольфрама резко ухудшают их уплотняемость, прессуемость, формуемость, а также снижают плотность прессовок после компактирования.

В работе [18], выполненной под руководством и при участии Л.А.Баркова, получены результаты исследований в промышленных условиях плотности прессовок (штабиков сечением 12×12 мм и длиной 504 мм) из вольфрама марки ВА при разных значениях насыпной плотности и разных значениях удельного усилия компактирования (рис. 3). Повышенные значения насыпной плотности ($2,61$ и $2,84$ т/м³) получали добавлением к стандартному порошку ($\rho_n = 2,24$ т/м³) крупных частиц. Из рис. 3 видно, что плотность штабиков возрастает при увеличении насыпной плотности порошков и удельного давления прессования. Но относительная плотность прессовок из порошков вольфрама при уплотнении даже с завышенной насыпной плотностью и при давлении компактирования, равном 550 МПа, не достигает 0,67.

В работе ученых Института проблем материаловедения АН УССР [16] приведены значения

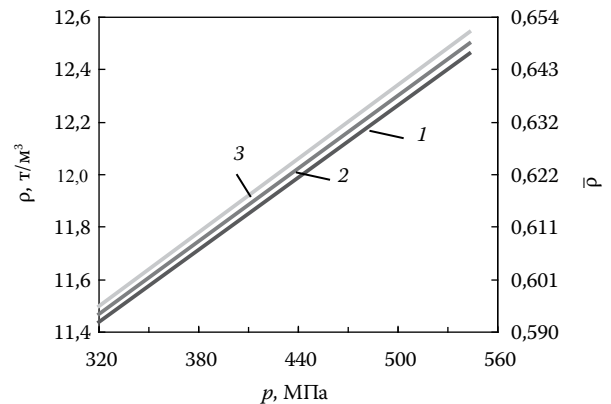


Рис. 3. Зависимость плотности штабика от удельного давления прессования порошкового материала на основе вольфрама марки ВА: 1 – $\rho_n = 2,24$ т/м³; 2 – $\rho_n = 2,61$ т/м³; 3 – $\rho_n = 2,84$ т/м³

относительной плотности после компактирования для порошков 24 разных металлов, в том числе вольфрама. В этой работе относительная плотность прессовок из порошка вольфрама также ниже 0,67, хотя для других металлов (Fe, Zn, Cd, Ag, Pt, Ti, Zr и др.) уже на первой стадии прессования относительная плотность $\bar{\rho} = 0,70-0,76$. На основании этого можно сделать вывод, что особые свойства порошка вольфрама приводят к его уплотнению только на первой стадии с исключением уплотнения на второй и третьей стадиях уплотнения. Этот вывод подтверждается учеными [25, 26], посвятившими свою научную деятельность исследованиям свойств вольфрама. В своей монографии [26] А.Н.Зеликман и Л.С.Никитина указывают, что в холодном состоянии частицы вольфрама практически не поддаются пластической деформации, а уплотнение порошка происходит в основном вследствие взаимного перемещения частиц.

Свойства композиционных материалов на основе углерода. Используемые в промышленности исходные порошки кокса, природного и искусственного графита относятся к крупнозернистым материалам, поскольку размеры отдельных их частиц могут достигать 20 мм. Для получения нужного гранулометрического состава порошков, заданного размера частиц и их формы все коксовые и графитовые исходные материалы подвергаются измельчению. В табл. 3 приведен гранулометрический состав коксовых порошков, предназначенных для производства электродов [6]. Как видно из табл. 3, даже изделия одного типа, но разных размеров изготавливают из порошков разных гранулометрических составов со средними размерами частиц 0,33–1,52 мм.

Таблица 3. Гранулометрический состав коксовых порошков, применяемых при получении электродов

Диаметр электрода, мм	Доля частиц в сухой смеси (мас.%) различных размеров, мм			
	<0,06	0,3–0,6	0,6–1,5	1,5–3,0
70	80	20	–	–
200	45	15	40	–
300	45	–	30	25
500	45	–	20	35

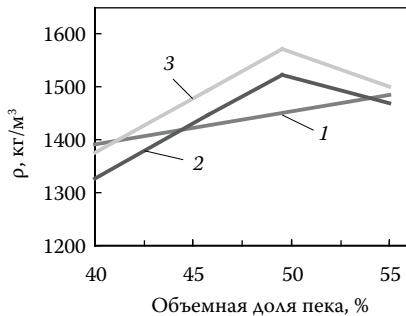


Рис. 4. Зависимость плотности спрессованных (1), спеченных (2) и графитированных (3) образцов от содержания среднетемпературного каменноугольного пека

Поскольку частицы кокса достаточно хрупки и не обладают способностью уплотняться без разрушений, то для приготовления композиций, пригодных для пластической деформации, к порошкам кокса необходимо добавлять большую объемную долю пластификатора. На рис. 4 приведена зависимость плотности спрессованных, спеченных и графитированных образцов от содержания пластификатора (пека) в композиции нефтяной кокс–каменноугольный пек [6]. Наибольшая плотность электродов после графитации достигается при объемной доле пека в порошке нефтяного кокса, равной 50%.

В работе [28] выполнено исследование уплотнения коксо-пековой композиции, содержащей 80% кокса марки КНПС и 20% среднетемпературного пека, относящейся к конструкционным графитам. Гранулометрический состав порошка кокса следующий: частиц размерами менее 0,09 мм – 27%; 0,3–0,5 мм – 59% и 0,5–1,5 мм – 14%. При таком гранулометрическом составе порошка кокса в цилиндрической пресс-форме из этой композиции получали прессовки диам. 41 мм наибольшей плотности.

Одним из соавторов статьи исследовались свойства и гранулометрический состав графитовых порошков по ТУ 1916-109-71–2000, предназначенных для получения изделий электротехни-



Рис. 5. Распределение размеров частиц насыпки порошка по объему

ческого назначения (электрощетки, вставки для токосъемников городского и железнодорожного транспорта и др.) Исследования [29] выполнены на установке Alrpa 500 NANO в техническом центре машиностроения (SETIM) в г. Сант-Этьен (Франция) [30]. Исследованиями гранулометрического состава частиц графита (рис. 5) установлено, что частицы размером менее 50 мкм составляют от общего количества 12,5%, частицы размерами 50–100 мкм – 5,3% и частицы размерами 100–450 мкм – 82,2%. Средний размер частиц 280 мкм. Насыпная плотность исследованного порошка графита составила 0,67 г/см³. На рис. 6 показаны электронные фотографии формы частиц графита и композиции из графита, меди и фенолформальдегидной смолы (ФФС).

В ряде публикаций авторов статьи [31–34] приведены результаты исследования уплотняемости композиции состава: 86% графита и 14% ФФС. Исследования выполнены при прессовании в разъемных пресс-формах изделий электротехнического назначения. На вставках токосъемников троллейбусов и пантографов трамваев после прессования получена плотность в пределах 1,55–1,60 г/см³, что составляет 0,68–0,70 от плотности беспористого графита.

Процессы и оснастка для уплотнения порошков с особыми свойствами. Особые условия компактирования порошковых композиций на основе вольфрама при получении штабиков (а штабиковая технология является основной в мире при получении полуфабрикатов и изделий из вольфрама) заключаются в их геометрической форме, кинематических и силовых условиях уплотнения. В настоящее время в отечественной и зарубежной практике для последующего производства прутков, проволоки и лент из порошка вольфрама используют в основном штабики квадратного сечения размерами (10×10)–(40×40) мм и длиной 500–650 мм. Скорость перемещения вертикального плунжера, напри-

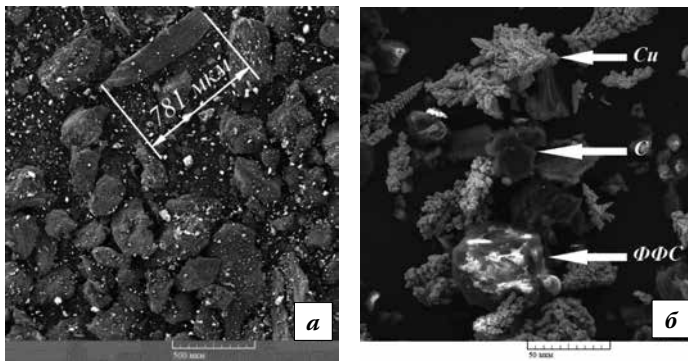


Рис. 6. Форма и размеры частиц: *а* – графита до классификации; *б* – композиции С–Cu–ΦФС после классификации составляющих композиций

мер отечественного прессы марки П-801, составляет всего 2,25 мм/с, а многочисленные попытки ее увеличения не привели к положительным результатам. Удельное усилие компактирования для порошка вольфрама разных марок и штабиков разных размеров находится в пределах 150–650 МПа [35].

Попытки увеличить усилия выше указанного предела для достижения повышенной плотности штабиков к положительным результатам также не привели, поскольку возникающие при этом чрезмерные упругие деформации отдельных частиц после окончания воздействия усилий вызывают разрушение штабика в основном за счет дефектов «расслой». В статье [35] описаны особые условия компактирования вольфрамовых порошковых композиций в американской фирме General Electric, на предприятиях бывшего СССР и России. В этой же публикации приведены конструкции самой первой в мире разборной пресс-формы, разработанной для порошка вольфрама еще в начале XX в. на фирме General Electric выдающимся американским ученым В.Д.Кулиджем, и первой разработанной в России пресс-формы.

Учеными кафедры МиТОМД ЮУрГУ с 1970-х годов выполнен большой объем экспериментальных, технологических и теоретических исследо-

ваний процессов уплотнения порошковых композиций на основе вольфрама в разборных пресс-формах [18, 36–41]. Разработаны новые способы и устройства (патенты на изобретения РФ 2040368, 2361697, 2381870), новые формы заготовок и оригинальные конструкции пресс-форм (патенты на изобретения РФ 2373024, а.с. СССР 1694344, 1803761, патенты на полезную модель 95282, 96042, 93321, 91685, 100932, 111469, 111470). Новые способы и устройства позволяют компактировать порошки не только как обычно односторонним приложением усилия, а двухсторонним, четырехсторонним и всесторонним,

что повышает плотность и снижает анизотропию плотности штабиков и устраняет микро- и макродефекты штабиков и полученных из них полуфабрикатов. На рис. 7 приведена схема пресс-формы для двухстороннего прессования штабиков одним пуансоном.

Пресс-форма содержит вертикальный пуансон 1 с профилированной рабочей поверхностью, две боковины 2 и 3, образующие полость 4 для засыпки порошка. Полость своей диагональю расположена по оси вертикального пуансона, а нижняя половина полости выполнена профилированной в составных боковинах 5. Для устранения заклинивания штабика 6 после прессования в полостях боковины в горизонтальной плоскости полость на торцах имеет скосы 7 под углом α к осевой линии 8. Боковины перед заполнением полости порошком скрепляются штифтами по осям 9 (патент на полезную модель 95282). Работает пресс-форма следующим образом. В собранном виде она устанавливается на стол специализированного гидравлического прессы с горизонтальным и вертикальным плунжерами. В полость 4 засыпается порошковая композиция вольфрама и на нее после разравнивания устанавливается пуансон. При включении прессы в работу в начале

перемещается его горизонтальный плунжер, зажимая усилием P_r пресс-форму, а затем вступает в работу вертикальный плунжер, воздействуя на пуансон 1 и осуществляя уплотнение порошка. Конструкции отечественных прессы специальной конструкции марок П-801, К25.033 и других описаны в монографии [42].

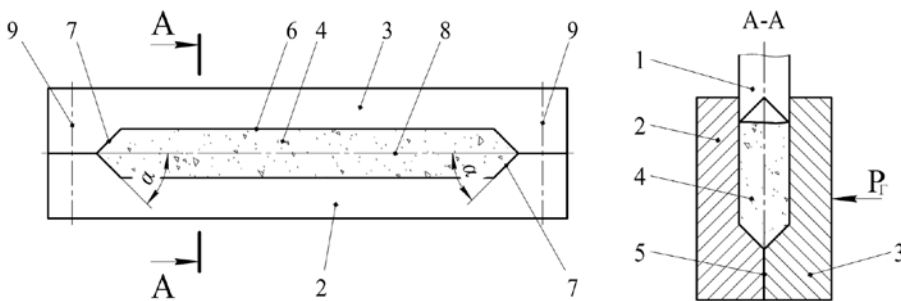


Рис. 7. Пресс-форма для двухстороннего прессования штабика одним пуансоном

Таблица 4. Состав композиций на основе графита

Номер композиции	Состав, %				
	Графит	Связка	Медь	Кокс	Стеарат
1	100	–	–	–	–
2	86	14	–	–	–
3	76	14	10	–	–
4	71	14	–	15	–
5	71	14	–	10	5

Уплотнение порошковых композиций на основе углерода. Уплотнение исследовали на порошке графита по ТУ 1916-109-71–2000 указанного ранее гранулометрического состава и композициях его с ФСС марки СФП-011А, с порошком меди марки ПМС-1, с порошком кокса марки КНГ и со смолой, коксом и стеаратом цинка (табл. 4). В результате исследования уплотнения порошка и композиций получали изделия электротехнического назначения: щетки электрических машин, вставки токосъемников троллейбусов и составные части пантографов трамваев.

Попытки компактирования указанных изделий из порошка графита без пластификатора к успеху не привели.

Хорошее качество изделий получили из композиции № 2, отличное качество щеток для электрических машин получено из композиции № 3. Добавление кокса в композицию № 4 ни к каким преимуществам процесса уплотнения не привело, так же как добавление кокса и смазки в композицию № 5 в виде порошка стеарата цинка. Разработанные на основе этих исследований технологии используются ООО «Графитопласт» (г. Челябинск) для производства промышленной продукции. М.Н.Самодурова, будучи главным технологом этого предприятия, разработала технические условия на производство указанных изделий, а затем запатентовала способы и устройства для их промышленного производства (патент на изобретение РФ 2267411, патенты на полезную модель 115261, 120591, 121762, 121763). Созданы и запатентованы также новые более совершенные конструкции указанных изделий (патенты на полезную модель 39541, 120059, патент на изобретение РФ 2229395)

Особые условия компактирования порошковых композиций на основе графита заключаются в геометрической форме изделий электротехнического назначения, в кинематических и силовых условиях их получения.

Согласно ГОСТ Р 53617–2009 (Национальный стандарт РФ) щетки электрических машин выпускаются преимущественно прямоугольного сечения длиной от 5 до 80 мм, шириной от 2 до 50 мм и толщиной от 1,6 до 25 мм. Согласно ТУ 3497-001-56404425–2002 ООО «Графитопласт» выпускает вставки для токоприемников троллейбусов сечением 87×28 мм и высотой до 200 мм, а также составные части пантографов прямоугольных сечений длиной до 250 мм, шириной 30 мм и высотой 30 мм.

Компактирование изделий выполняется в одноместных и многоместных пресс-формах на кривошипных прессах общего назначения в зависимости от состава композиций со скоростью 15–30 мм/с и удельными усилиями 35–50 МПа.

Заключение. Проведенный обширный анализ отечественного и зарубежного опыта по прессованию изделий из порошков на основе вольфрама и графита показал, что поведение этих порошков при уплотнении отличается от поведения порошков металлов. Реализация процесса уплотнения порошков на основе графита и вольфрама требует применения пластификаторов, доля которых в общем объеме композиции может быть значительной. Увеличение давления прессования не приводит к повышению плотности изделий, а в ряде случаев значительно снижает качество прессовок с образованием дефектов типа «расслой». Предложенные авторами способы прессования порошков на основе графита и вольфрама, а также конструкции пресс-форм для реализации этого процесса позволяют повысить плотность прессовок без потери их качества.

Исследование выполнено в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы». Государственный контракт № 14.513.11.0088 от 21.06.2013.

Библиографический список

1. **Sehubert W.D., Lassner E.** Tungsten. London : Intern. Tungsten Industry Association, 2009. Режим доступа : <http://itia.info>.
2. **Smithells C.J.** Tungsten. London : Chapman and Hall Ltd., 1952. 414 p.
3. Тугоплавкие материалы в машиностроении. Справоч. / Под ред. А.Т. Туманова и К.И. Портного. М. : Машиностроение, 1967. С. 102–115.

4. **Froes F.H.** Twenty first century aerospace materials // Порошковая металлургия. 1993. № 7. С. 14–23.
5. **Froes F.H.** Trends in the development of the structural materials for aerospace applications // J. of Metals. 1989. Vol. 41, No. 5. P. 12–19.
6. **Фиалков А.С.** Процессы и аппараты производства порошковых углеграфитовых материалов. М. : Аспект Пресс, 2008. 687 с.
7. **Бальшин М.Ю.** Порошковая металлургия. М. : Машгиз, 1948. 286 с.
8. **Бальшин М.Ю.** Порошковое металловедение. М. : Металлургия, 1948. 332 с.
9. **Николаев А.Н.** Связь между давлением и плотностью прессовок из металлических порошков // Порошковая металлургия. 1962. № 3. С. 3–9.
10. **Кунин Н.Ф., Юрченко Б.Д.** Закономерности прессования порошков различных материалов // Порошковая металлургия. 1963. № 6. С. 3–10.
11. **Виноградов Г.А., Радомысельский И.Д.** Прессование и прокатка металлических материалов. М. : Машгиз, 1963. 200 с.
12. **Бальшин М.Ю.** Новые принципы расчета и анализа процесса прессования порошков // Порошковая металлургия. 1965. № 12. С. 20–30.
13. **Попильский Р.Я., Кондрашов Ф.В.** Прессование керамических порошков. М. : Металлургиздат, 1968. 272 с.
14. **Жданович Г.М.** Теория прессования металлических порошков. М. : Металлургия, 1969. 264 с.
15. **Полисар Э.А., Тырин В.А., Зенов В.Г. и др.** Об уплотнении коксо-пековых масс в пресс-форме: Сб. «Конструкционные материалы на основе углерода». М. : Металлургия, 1975. Вып. 10. С. 14–20.
16. **Андреева Н.В., Радомысельский И.Д., Щербань Н.И.** Исследование уплотняемости порошков // Порошковая металлургия. 1975. № 6. С. 32–42.
17. **Shima S.** A study of forming of metal powders and porous metals. Doct. Eng. Thesis. Kyoto, 1975. 200 p.
18. **Мыррин С.А., Кузнецов В.Э., Барков Л.А. и др.** Экспериментальное исследование процесса холодного прессования штабиков из порошков вольфрама // Кузнечно-штамповочное производство. 1990. № 9. С. 15–18.
19. **Гладков А.С., Амосов В.М., Копецкий И.В. и др.** Металлы и сплавы для электровакуумных приборов. М. : Энергия, 1969. 600 с.
20. **Фиалков А.С.** Углеграфитовые материалы. М. : Энергия, 1979. 320 с.
21. **Лившиц П.С.** Справочник по щеткам электрических машин. М. : Энергоатомиздат, 1983. 216 с.
22. **Амосов В.М., Карелин Б.А., Кубышкин В.В.** Электродные материалы на основе тугоплавких металлов. М. : Металлургия, 1976. 224 с.
23. **Амосов А.П., Ахметсагиров С.М., Бичуров Г.В. и др.** Исследование параметров порошкового сырья для изготовления твердосплавных зубков буровых долот // Порошковая металлургия и функциональные покрытия. 2007. № 1. С. 4–10.
24. **Анциферов В.Н., Бобров Г.В., Дружинин А.К. и др.** Порошковая металлургия и напыленные покрытия. М. : Металлургия, 1987. 792 с.
25. **Абашин Г.М., Погосян Г.И.** Технология получения вольфрама и молибдена. М. : Металлургиздат, 1960. 260 с.
26. **Зеликман А.Н., Никитина Л.С.** Вольфрам. М. : Металлургия, 1978. 272 с.
27. **Фиалков А.С.** Углеграфитовые материалы. М. : Энергия, 1979. 320 с.
28. **Шипков Н.Н., Переверзнецов В.П., Павлючков А.Ф. и др.** О динамическом прессовании коксо-пековой шихты: Сб. «Конструкционные материалы на основе графита». М. : Металлургия, 1970. Вып. 5. С. 32–36.
29. Компания ОССНЮ. Режим доступа : <http://www.advanced-coating.com>
30. **Yarov V.A.** Etude physique et technologique de procede de Compactage a Grande Vitesse de poudres graphite. Diplome master. France, Saint-Etienne, 2011. 40 p.
31. **Самодурова М.Н., Барков Л.А., Иванов В.А., Яров В.А.** Статическое и высокоэнергетическое формование углеродных порошковых композиций // Металлург. 2011. № 11. С. 87–91.
32. **Samodurova M.N., Barkov L.A., Ivanov V.A., Yarov V.A.** Static and high-energy shaping of carbon-based power composites // Metallurgist. 2012. Vol. 55, No. 11/12. P. 848–853.
33. **Самодурова М.Н., Барков Л.А., Иванов В.А. и др.** Новые изделия, пресс-формы и технологии формования порошковых материалов на основе углерода // Вест. ЮУрГУ. Сер. Металлургия. 2012. № 39. С. 94–99.
34. **Самодурова М.М., Барков Л.А., Иванов В.А.** Эффективная технология получения токосъемников троллейбусов из углеродных композиций // Инженерный журнал. 2012. № 5. С. 20–25.
35. **Зеликман А.Н.** Металлургия тугоплавких редких металлов. М. : Металлургия, 1986. 440 с.
36. **Самодурова М.Н., Барков Л.А., Иванов В.А.** Способы и устройства для статического формования композиций из порошков со специальными свойствами // Технология металлов. 2012. № 8. С. 46–55.
37. **Барков Л.А., Мыррин С.А., Пастухов В.В.** Прокатка малопластичных металлов многосторонним обжатием. Челябинск : Металлургия, 1988. 304 с.
38. **Барков Л.А., Мыррин С.А.** Обработка давлением вольфрама и его свойств. Челябинск : ЧПИ, 1987. 66 с.
39. **Barkov L.A.** Rolling of Tungsten bars and semi-products: Proc. of the 5th Int. Tungsten Symp. (Budapest, 1990). P. 183–201.
40. **Барков Л.А., Мыррин С.А., Кузнецов В.Э.** Теоретические и экспериментальные исследования процесса холодного формования порошков: Науч. тр. «Машины и техно-

логии обработки материалов давлением». Челябинск : ЧГТУ, 1996. С. 79–92.

41. Барков Л.А., Кузнецов В.Э. Математическое моделирование процесса холодного прессования порошков тугоплавких металлов: Матер. Российской конф. «Проблемы со-

временных материалов и технологий» (Пермь, ПГТУ. 1993). С. 46–48.

42. Оборудование для обработки давлением порошков и порошковых заготовок / Под ред. Л.А. Баркова. Челябинск : Металл, 1992. 296 с.

PHENOMENOLOGY OF DENSIFICATION OF POWDER COMPOSITE MATERIALS BASED ON TUNGSTEN AND CARBON

© Samodurova M.N., Cand. Sc. (Eng.); Barkov L.A., Dr Sc. (Eng.); Mymrin S.A., Cand. Sc. (Eng.); Ivanov V.A.; Kanatnikova Ju.A.

The data on the shape of particles, the components and particle size distribution, information about the density of compacts due to the pressure for pressing powdered materials with special properties on the basis of tungsten and carbon are presented.

Keywords: powders; tungsten; carbon; shape of particles; size of particles; densification steps.

ЭКСПРЕСС-ИНФОРМАЦИЯ

ЕВРАЗ Качканарский ГОК отметил 50-летний юбилей со дня основания

В сентябре 2013 г. ЕВРАЗ Качканарский горно-обогатительный комбинат отметил 50-летний юбилей со дня основания.

В торжественных мероприятиях приняли участие Председатель правительства Свердловской обл. Д.Паслер, министр промышленности и науки Свердловской обл. В. Пинаев, Вице-президенты ЕВРАЗа М.Атнашев и В.Семенов, управляющий директор ЕВРАЗ КГОКа С. Напольских, глава КГО С. Набоких.

Топ-менеджеры открыли профориентационный выставочный центр для ветеранов, студентов и гостей города. Современный выставочный комплекс состоит из четырех залов, в которых представлены экспозиции по истории предприятия и современности. Гости приняли участие в церемонии открытия фонтана на площади Дворца культуры. В ходе торжественных мероприятий на главной улице Качканара была открыта обновленная аллея «Гордость ЕВРАЗа» с фотографиями лучших работников предприятия.

На праздничном мероприятии во Дворце культуры чествовали передовиков производства ЕВРАЗ КГОКа. Более 200 человек были отмечены наградами федерального и регионального значений, были вручены корпоративные знаки ЕВРАЗа первой и второй степеней. Два человека получили звание «Почетный горняк». Победителями трудовой вахты стали три подразделения: автотракторный цех, цех шихтоподготовки, цех контрольно-измерительных приборов и автоматики.

В 2013 г. на ЕВРАЗ КГОКе было установлено несколько производственных рекордов. В феврале на фабрике окучивания произведена 300-миллионная тонна доменного сырья – агломерата и окатышей. В апреле Качканарский ГОК отгрузил потребителям 170-миллионную тонну окатышей. Это основная продукция комбината, которая является уникальным природно-легированным железорудным сырьем для доменных печей.

В 2012 г. на ЕВРАЗ КГОКе было добыто рекордное количество железной руды – 55 млн т, произведено 9,6 млн т ЖРС.

Историческая справка:

30 сентября 1963 года приемочная комиссия подписала акт о запуске в работу Качканарского горно-обогатительного комбината. В течение короткого времени был запущен в эксплуатацию Главный карьер и восемь секций обогатительной фабрики, начат выпуск товарного концентрата.

1965 год – на комбинате введена в строй первая агломашина.

1968 год – начата добыча руды в Западном карьере.

1970 год – вводятся в эксплуатацию две обжиговые машины на фабрике окатышей.

1970 год – начало добычи руды на Северном карьере.

1973 год - комбинат вышел на проектную мощность 33 млн т сырой руды в год.

1986 год - за производственные успехи Качканарский ГОК награжден орденом Трудового Красного Знамени.

УДК 621.74.047

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ СПОСОБОВ НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПРИПОВ МАЛОГО СОРТАМЕНТА

© Таволжанский Станислав Анатольевич, канд. техн. наук;

Пашков Игорь Николаевич, д-р техн. наук, проф.; Колетвинов Константин Федорович

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС». Россия, Москва. E-mail: lassik2007@rambler.ru

Статья поступила 04.03.2013 г.

Проанализированы производство высокотемпературных припоев в России и возникающие при этом проблемы. Приведены альтернативные схемы изготовления припоев на основе процессов непрерывного литья. Описаны разработки в области непрерывного литья заготовок для припоев малых сечений.

Ключевые слова: высокотемпературные припои; непрерывное литье; слитки; кристаллизатор.

В мировой практике производством припоев занимаются металлургические компании и фирмы, специализирующиеся в области металлообработки прецизионных сплавов. В основном это обусловлено высокими требованиями по точности химического состава, чистоте и форме припоев, что гарантирует стабильность свойств паяных соединений. Специализация таких производств вызвана сравнительно небольшими партиями выпускаемой продукции при значительной номенклатуре сплавов и сортаментов. Подобный характер производства обеспечивается эффективными технологиями с малым числом металлургических переделов и использованием универсального оборудования с возможностью быстрой переналадки.

В России и странах ближнего зарубежья для высокотемпературной пайки наиболее широко применяются припои в виде прутков, изготавливаемые, как правило, на основе оловянно-свинцовых и некоторых латунных сплавов. В Советском Союзе не существовало специализированных предприятий, выпускающих всю гамму прутково-проволочных припоев. Производство некоторых групп припоев было организовано на Московском экспериментальном заводе качественных сплавов (ЭЗКС). Большинство прутково-проволочных припоев изготавливались на заводах по обработке цветных металлов (ОЦМ) как дополнительный вид продукции. При этом выпуск припоев осуществлялся по стандартным технологическим схемам на оборудовании, предназначенном для крупносерийного выпуска прутково-проволочной продукции из цветных сплавов. Очевидно, что подобные схемы не могли обеспечить

надлежащего качества припоев, так как многие из них имеют сложный многокомпонентный состав и требуют тщательного подхода к шихтовке и проведению плавки. Стандартные технологические схемы производства прутково-проволочной продукции из цветных сплавов включают в себя операцию получения слитка (преимущественно способом непрерывного литья) диам. 100–150 мм с последующим горячим прессованием, либо прокаткой слитка до заготовки диам. 15 мм и меньше. Затем производится волочение полученной заготовки до требуемого диаметра (обычно 1,2–4 мм). Все переделы включают в себя многочисленные вспомогательные операции: травление, скальпирование, термообработку, правку, рубку на мерные отрезки и пр. Очевидно, что подобные схемы отличаются невысоким выходом годного, использованием дорогостоящего инструмента и низкой производительностью. В связи с этим на заводе ЭЗКС, например, основную массу припоев изготавливали в виде прутков прессованием слитков через матрицы с большим количеством отверстий (до 41). Допуск на диаметр прутков составлял $\pm 0,3$ мм. По данной схеме изготавливали припои из медно-фосфорных сплавов, в виде сложнелегированных латуней и бронз. Прессование и очистка прутков являлись часто последними операциями в технологической цепочке. Таким образом, отечественная промышленность в основном производила прутки методом прессования, в то время как большинство зарубежных фирм из-за высоких допусков по диаметру продукции ($\pm 0,03$ мм) изготавливали припойную проволоку с последующей рубкой на отрезки мерной длины.

На сегодня большинство заводов ОЦМ отказались от выпуска прутково-проволочной припойной продукции. В основном это объясняется необходимостью выпуска средних и малых партий припоя разнообразного сортамента, а также необходимостью применения при шихтовке чистых исходных материалов и отказа от использования вторичного сырья. Технологические схемы и высокопроизводительное оборудование, ориентированные на производство ограниченного сортамента небольшой группы сплавов, оказались нерентабельными для выпуска припойной продукции. Отечественная продукция оказалась неконкурентоспособной по сравнению с зарубежными аналогами. Единственным способом обеспечения рентабельности выпуска припоев в виде прутков и проволоки является применение новых технологических схем, обеспечивающих меньшее число металлургических переделов с соответствующим повышением выхода годного, коэффициента использования материалов и производительности.

Уменьшения числа металлургических переделов можно достичь, максимально приблизив сечение исходной литой заготовки к конечному сечению прутково-проволочной продукции. В этом случае устраняются энерго-, ресурс- и трудоемкие переделы получения слитков крупного сечения, их прессования или прокатки. Подобные альтернативные схемы для производства сварочной проволоки нашли применение на Каменск-Уральском заводе ОЦМ [1]. Технология включает в себя получение заготовок диам. 11–15 мм методом непрерывного горизонтального литья и последующее их волочение. Также существуют предложения изготовления прутково-проволочной продукции совмещенным способом горизонтального непрерывного литья и горячей винтовой прокатки в одном комплексе [2]. В этом случае сечение отливаемой заготовки также сравнительно небольшое (15–30 мм). После прокатки заготовки могут направляться на волочение.

Но, к сожалению, не все высокотемпературные припои обладают хорошей технологичностью для обработки давлением. Существует целая группа бессеребряных медно-фосфорных припоев с содержанием фосфора 5–9%, которые относятся к классу труднодеформируемых материалов. Данные припои применяются для пайки меди и ее сплавов в качестве заменителей значительно более дорогих серебросодержащих припоев. На сегодня производство значительной части медно-фосфорных припоев сконцентрировано

на нескольких небольших предприятиях (ООО «МИФИ-АМЕТО» и ЗАО «АЛАРМ» в Москве). Низкая технологичность данных припоев при обработке давлением заставила искать альтернативные пути их производства, основанные на получении конечного или близкого к конечному размера продукции непосредственно из расплава. При этом необходимая производительность достигается в результате реализации процессов непрерывного литья с высокими скоростями охлаждения, повышающими механические свойства и технологичность припоев.

Процессы непрерывного литья можно разделить на две большие группы: литье в неподвижные и подвижные кристаллизаторы. Наибольшее распространение в промышленности нашли неподвижные кристаллизаторы, так называемые кристаллизаторы скольжения. В таких кристаллизаторах отливают заготовки преимущественно крупного сечения (цилиндрические, как правило, диам. от 10–15 мм). Производительность литья в кристаллизаторах скольжения определяется прочностью нарастающей твердой корки, которая постоянно испытывает напряжения растяжения вследствие трения о поверхность кристаллизатора. В случае обрыва корки (так называемого зависания) процесс литья прекращается. С уменьшением сечения заготовки необходимой производительности в неподвижных кристаллизаторах добиваются увеличением числа ручьев. Подвижные кристаллизаторы бывают самых разнообразных конфигураций – в виде вращающихся валков, дисков, лент. В подвижных кристаллизаторах затвердевающая заготовка перемещается вместе с поверхностью кристаллизатора, а следовательно, прочность затвердевающей корки не лимитирует производительность литья. Скорость литья в подвижных кристаллизаторах гораздо выше, чем в кристаллизаторах скольжения, с возможностью изготовления заготовок малых сечений. Благодаря приведенным особенностям именно подвижные кристаллизаторы нашли применение при изготовлении труднодеформируемых высокотемпературных припоев малого и мелкого сортамента на указанных выше предприятиях. К разновидностям литья в подвижные кристаллизаторы можно отнести способы высокоскоростного затвердевания расплава (ВЗР). Метод спиннингования расплава (рис. 1, а) используется для получения лент толщиной менее 100 мкм. Метод экстракции расплава (рис. 1, б) используется при получении заготовки в виде проволоки и прутков диам. менее 3 мм [3]. Метод боковой подачи расплава на вращающийся

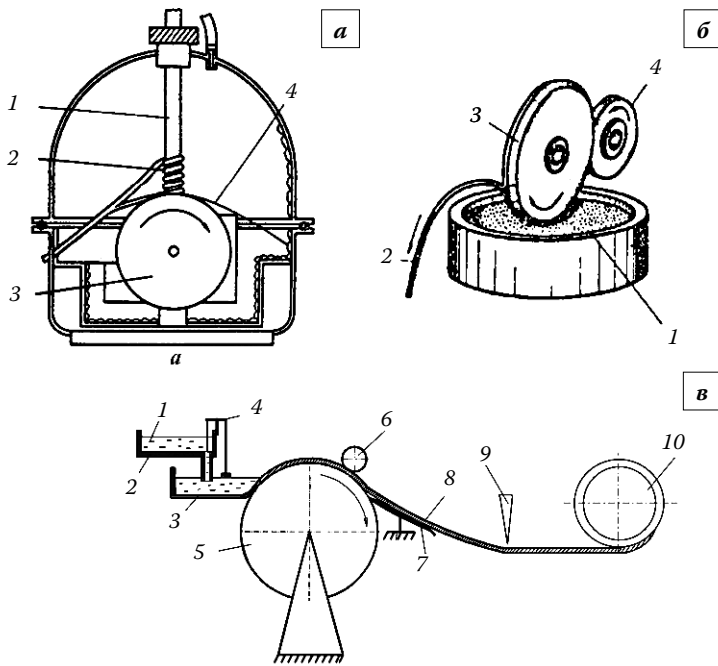


Рис. 1. Способы получения припоев из расплава методами ВЗР: а – метод спиннингования, 1 – тигель с расплавом, 2 – нагреватель, 3 – диск-холодильник, 4 – получаемая лента; б – метод экстракции, 1 – емкость с расплавом, 2 – получаемая проволока, 3 – диск-холодильник, 4 – очистной диск; в – метод боковой подачи, 1 – расплав, 2 – стопорный ковш, 3 – разливочный лоток, 4 – датчик уровня, 5 – диск-холодильник, 6 – прижимной ролик, 7 – съемник, 8 – получаемая лента, 9 – аварийные ножницы, 10 – смотка

валок (рис. 1, в) нашел применение при получении лент толщиной менее 1 мм.

Для получения прутков трапециевидного сечения из медно-фосфорных сплавов с приведенным diam. 3–6 мм в ЗАО «АЛАРМ» применяют метод литья во вращающийся кристаллизатор валок–лента (рис. 2). Данный метод разрабатывался как разновидность способа Проперци и способа Ригамонти, но для значительно более мелкого сортамента литой заготовки [4, 5].

Совместно с сотрудниками кафедры «Технологии литейных процессов» НИТУ «МИСиС» на предприятии ЗАО «АЛАРМ» ведутся также перспективные исследования в области непрерывного литья заготовок малого сечения в кристаллизаторы скольжения. Прутки diam. 10 мм из различных медно-фосфорных сплавов используются для пайки пакета ротора погружных нефтяных насосов, массивных изделий электротехнической промышленности, теплообменников маневровых тепловозов. На сегодня этот вид продукции в виде прутков длиной 500 мм изготавливается достаточно трудоемким способом кокильного литья. Проведенные исследования подтвердили возможность изготовления прутков из медно-фосфорных припоев методом непрерыв-

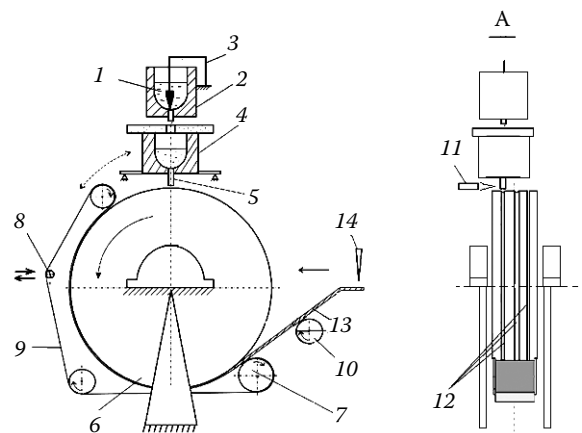


Рис. 2. Схема непрерывного литья пруткового припоя из медно-фосфорных сплавов в кристаллизатор валок–лента: 1 – расплав; 2 – стопорный ковш; 3 – стопорно-поплавковое устройство; 4 – разливочный узел; 5 – литник; 6 – валковый кристаллизатор; 7 – опорный ролик; 8 – натяжной ролик; 9 – обкатная лента; 10 – выпрямляющий ролик; 11 – газовая горелка; 12 – каналы трапециевидного сечения; 13 – непрерывная заготовка; 14 – летучие ножницы для получения мерных прутков

ного литья в кристаллизатор скольжения. Совместно с ГНУ «Институт технологии металлов НАН Беларуси» была спроектирована и изготовлена пятиручьева установка непрерывного вертикального литья (рис. 3), позволяющая получать прутки конечной длины благодаря устройству автоматической ломки. В

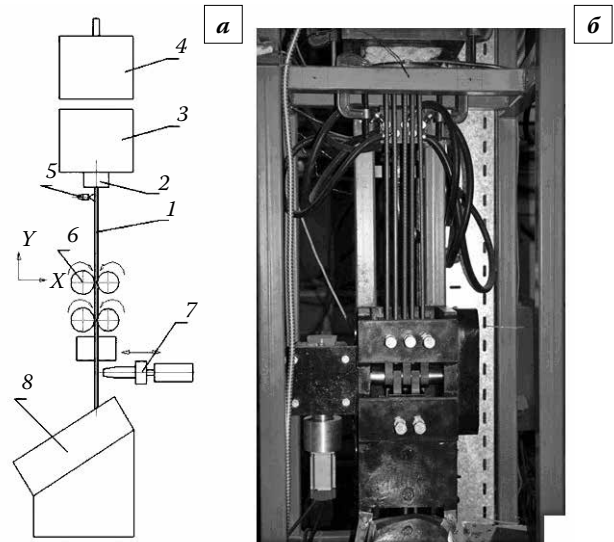


Рис. 3. Установка непрерывного вертикального литья прутков из медно-фосфорных сплавов: а – принципиальная схема, 1 – литая заготовка; 2 – кристаллизатор; 3 – металлоприемник; 4 – дозирующий узел; 5 – форсунка вторичного охлаждения; 6 – тянущий узел; 7 – гидравлический нож; 8 – лоток для сбора прутков; б – фотография установки со стороны тянущего узла

2013 г. планируется промышленный пуск этого оборудования для литья прутков из медно-фосфорных сплавов диам. 10–20 мм производительностью 100 кг/ч.

В последнее десятилетие за рубежом находит широкое применение технология литья вверх для получения бунтовых заготовок из бескислородной меди и медных сплавов. Этим способом получают сплошные непрерывнолитые заготовки диам. 8–20 мм, а также заготовки в виде труб с толщиной стенки от 2 мм. Отличительная особенность данного способа – использование независимых трубчатых кристаллизаторов, которые частично погружаются в расплав. Способ литья вверх как нельзя лучше подходит именно для получения заготовок малого сечения. Высокая стабильность литья достигается благодаря строго фиксированной зоне кристаллизации и малому металлостатическому давлению в зоне входа расплава в кристаллизатор.

Проведенные исследования подтвердили возможность использования принципа непрерывного литья с вытяжкой вверх для получения заготовок диам. 6–10 мм из высокотемпературных припоев. Заготовки, полученные таким способом, отличаются высоким качеством поверхности, с очень малой глубиной поверхностных «неслитин» и незначительной окисленностью поверхности. В настоящее время изготавливается экспериментальная двухручьева установка литья с вытяжкой вверх прутков и проволоки диам. менее 10 мм. Прутки, полученные таким способом, будут использоваться как конечный продукт, а проволока – как заготовка для последующего передела волочением.

Заключение. Применение заготовок из высокотемпературных припоев в России и странах ближнего зарубежья, как правило, отличается широкой номенклатурой сплавов и сортамента при незначительном объеме использования.

Для повышения качества и конкурентоспособности отечественных припоев необходимо стремиться к получению проволочных припоев с высокой точностью по диаметру. Это позволяет исключить операцию прессования как конечную в технологической цепочке. При необходимости производства труднодеформируемых сплавов или высокой точности заготовок горячее прессование слитков является необходимой операцией для последующего производства высокотехнологичной проволочной заготовки.

В современных условиях одно из перспективных направлений – развитие альтернативных технологий, ключевым звеном которых являются технологии получения заготовок припоев малого сортамента непосредственно из расплава. В этом случае полученная продукция или сама является конечным изделием, или предназначается для последующей калибровки и резки.

Библиографический список

1. **Арсеньева Н.С., Казанцев Е.А., Сулицын А.В. и др.** Технология производства сварочной проволоки из различных сплавов на Каменск-Уральском заводе ОЦМ // *Металлург.* 2008. № 3. С. 67–69.
2. **Кац А.М., Райков Ю.Н., Романцев Б.А.** Перспективный процесс производства прутково-проволочной продукции на основе горизонтального непрерывного литья и горячей винтовой прокатки // *Цветные металлы.* 2002. № 2. С. 104–107.
3. **Васильев В.А., Митин Б.С., Пашков И.Н. и др.** Высокоскоростное затвердевание расплава (теория, технология и материалы). М.: Интермет Инжиниринг, 1998. 400 с.
4. **Таволжанский С.А., Пашков И.Н.** Особенности непрерывного литья проволоки из медно-фосфорных сплавов // *Литейщик России.* 2006. № 12. С. 28–31.
5. **Производство отливок из цветных металлов: учеб.** / А.В. Курдюмов, В.Д. Белов, М.В. Пикунов [и др.], под ред. В.Д. Белова. 3-е изд. М.: МИСиС, 2011. 615 с.

DEVELOPMENT AND USE OF ALTERNATIVE METHODS OF CONTINUOUS CASTING FOR MANUFACTURING HIGH TEMPERATURE SOLDERS OF SMALL RANGE OF PRODUCTS

© **Tavolzhanskiy S.A.,** Cand. Sci. (Eng.); **Pashkov I.N.,** Dr Sci. (Eng.); **Koletvinov K.F.**

Production analysis of high temperature solders in Russia and problems of manufacturing solders is given. Alternative schemes of solders production on the basis of continuous casting processes are provided. Development in the field of continuous casting of solder semis of small sections is shown.

Keywords: high temperature solders; continuous casting; ingots; die mold.

ЦВЕТНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

УДК 669.018.44:621.438

ИЗОТЕРМИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВ© **Оспенникова Ольга Геннадиевна**, канд. техн. наук; **Ломберг Борис Самуилович**, д-р техн. наук;**Моисеев Николай Валентинович**, ст. науч. сотр.;**Капитаненко Денис Владимирович**, начальник лаборатории

ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов». Россия, Москва.

E-mail: omd@viam.ru

Статья поступила 11.06.2013 г.

Представлены результаты разработки и промышленного освоения технологических процессов с применением высокотемпературной изотермической штамповки дисков газотурбинных двигателей (ГТД) и других деталей из труднодеформируемых гетерофазных жаропрочных никелевых и титановых сплавов.

При освоении производства заготовок диска ГТД решена комплексная задача – разработаны термомеханические режимы деформации сплавов, обеспечивающих реализацию эффекта сверхпластичности, разработаны эффективные защитно-технологические покрытия, а также композиции высокожаропрочных штамповых материалов, обеспечивающих высокую стойкость при работе на воздухе, созданы энергосберегающие конструкции изотермических установок.

С применением разработанных технологий освоено производство высококачественных экономичных штамповок из высокожаропрочных труднодеформируемых сплавов, изготовление которых по традиционной технологии вызывает значительные трудности, а в ряде случаев невозможно.

Ключевые слова: жаропрочные сплавы; изотермическая штамповка; рекристаллизация; диски ГТД; специальные прессы.

Преимущества изотермического деформирования, осуществляемого в инструменте, нагретом до температуры деформации, в конечном счете, сводятся к повышению технологической пластичности труднодеформируемых композиций, повышению точности, а также расширению возможности управления структурой и свойствами штамповок.

Разработанные во ФГУП «ВИАМ» термомеханические параметры получения заготовок из труднодеформируемых жаропрочных никелевых сплавов с регламентированной мелкозернистой структурой основаны на процессах, связанных с предпочтительными механизмами пластической деформации и интенсивностью одновременно протекающих термически активируемых процессов разупрочнения [1].

Изотермическое деформирование, получившее распространение в нашей стране и за рубежом, отражает условия проведения процесса, тогда как температура металла в процессе деформирования будет повышаться вследствие теплового эффекта деформации. Поэтому в некоторых случаях оказывается целесообразным изначально задавать неодинаковые температурные градиенты нагрева заготовки и штампа.

Большинство реальных процессов изотерми-

ческой штамповки осуществляется в условиях динамического разупрочнения. Известно, что в металле, подвергнутом пластической деформации, возрастает плотность дислокаций и происходит деформационное упрочнение, сопровождаемое повышением напряжения течения. При высокотемпературном изотермическом деформировании плотность дислокаций не достигает максимального значения в результате прохождения термически активируемых процессов динамического разупрочнения. Кроме того, напряжение, при котором устанавливается равновесие между деформационным упрочнением и динамическим разупрочнением, снижается с уменьшением скорости деформации при изотермической деформации. При постоянной температуре скорость деформации оказывает решающее влияние на интенсивность разупрочнения, которое реализуется в результате процессов динамического возврата (динамической полигонизации или динамической рекристаллизации). В отличие от рекристаллизации отжига признаком прошедшей динамической рекристаллизации является наличие следов деформации внутри равноосных зерен (вытянутые субзерна, повышенная плотность дислокаций). Такая субструктура в новых зернах, сформировавшихся в результате рекристаллиза-

ции на ранних стадиях деформации, создается в процессе их дальнейшей деформации.

Если время, за которое определенная часть объема металла (обычно порядка 50%) претерпевает рекристаллизацию (t_R), больше, чем время деформирования материала до какой-то заданной степени деформации (t_D), то новые зерна, которые образуются по мере развития динамической рекристаллизации, будут упрочняться таким же образом, как нерекристаллизованная матрица. Следовательно, при высоких скоростях деформации ($0,5-500 \text{ с}^{-1}$) вклад динамической рекристаллизации в разупрочнение незначителен. Такой процесс изотермического деформирования окажется малоэффективным с точки зрения снижения напряжения течения. Вместе с тем применение высоких скоростей деформации в отдельных случаях может приводить к интенсификации процесса динамической рекристаллизации и создавать иллюзию снижения температуры ее начала. Это явление связано с повышением температуры металла в результате деформационного разогрева, интенсивность которого возрастает с увеличением скорости и степени деформации. При деформации с малыми скоростями, когда $t_R < t_D$, динамическая рекристаллизация вносит значительный вклад в разупрочнение. Изотермическое деформирование в условиях полного динамического разупрочнения позволяет осуществлять формоизменение заготовки при низких значениях напряжений течения и является высокоэффективным процессом [2].

Таким образом, изотермическое деформирование с малыми скоростями по сравнению с традиционными способами горячего деформирования создает условия для более полного протекания процессов динамического разупрочнения. Ответственными за разупрочнение в зависимости от термомеханических условий деформации (температуры, степени и скорости деформации), а также от свойств деформируемого материала, в частности от величины энергии дефектов упаковки, могут быть возврат, полигонизация и динамическая рекристаллизация. Основным процессом разупрочнения при высокотемпературном изотермическом деформировании с большими обжатиями является динамическая рекристаллизация. Деформирование при пониженных температурах может сопровождаться динамическим возвратом.

Преимущества изотермической штамповки при изготовлении точных заготовок деталей из алюминиевых и титановых сплавов сложной фор-

мы с необрабатываемой поверхностью или минимальными припусками на окончательную механическую обработку подтверждены многолетним опытом применения на ряде предприятий авиационной промышленности. Были освоены технологические процессы изотермической штамповки большой номенклатуры деталей сложной формы с тонкими конструктивными элементами (ребра, полотна), глубокими полостями, резким перепадом сечений, большим отношением площади поверхности к объему.

Широкое применение изотермической штамповки деталей из сталей и жаропрочных никелевых сплавов сдерживалось из-за отсутствия штамповых материалов, обеспечивающих достаточную стойкость при температурах выше $1000 \text{ }^\circ\text{C}$. Имеющийся зарубежный опыт использования в качестве штампового материала молибденовых сплавов требует создания сложных изотермических установок с вакуумной камерой.

Вместе с тем актуальность применения изотермической штамповки жаропрочных сплавов обусловлена разработкой новых гетерофазных композиций, проявляющих низкую технологическую пластичность и имеющих очень узкий температурный интервал деформации, высокое сопротивление деформации, высокую чувствительность к скорости деформации и концентраторам напряжений при обработке по традиционной технологии. Сплавы нового поколения, применяемые для дисков ГТД, содержат более 30% основной упрочняющей γ' -фазы, сохраняющей термостабильность при температурах, близких к температуре солидус. Трудности, возникшие при освоении производства деформированных заготовок дисков и других полуфабрикатов из таких сплавов, вызвали необходимость разработки более эффективной технологии изготовления [3–6].

Важным этапом в решении проблемы изотермической штамповки таких сплавов явилась разработка способов предварительной термомодеформационной обработки слитков и заготовок, обеспечивающей формирование регламентированной мелкозернистой гетерофазной структуры с оптимальной морфологией упрочняющих фаз, которая проявляет высокую (до 70–80%) технологическую пластичность и сверхпластичность при определенных температурно-скоростных параметрах изотермической деформации [7]. Разработка научно обоснованной технологии осуществляется с учетом критических температур структурных и фазовых превращений: растворения упрочняющих фаз, динамической и

статической рекристаллизации. Для определения этих характеристик был разработан резистометрический метод, менее трудоемкий по сравнению с металлографическими. Не менее важным достижением в освоении высокотемпературной изотермической штамповки являлась разработка высокожаропрочных окалиностойких штамповых материалов, обладающих достаточно высокой стойкостью при температурах выше 1000 °С в воздушной среде.

Во ФГУП «ВИАМ» создан технологический комплекс изотермической штамповки для изготовления опытно-промышленных партий заготовок дисков серийных и перспективных ГТД из высокожаропрочных сплавов. В состав комплекса входят специальные гидравлические прессы усилием 630 и 1600 тс с регулируемой в широком диапазоне скоростью рабочего хода, программным управлением процессами нагрева и деформации (рис. 1).

Специализация прессового оборудования для изотермической штамповки достигнута в результате:

- размещения на столе прессы нагревательной установки, обеспечивающей контролируемый нагрев штампового инструмента до заданной температуры деформации заготовки;
- снижения и регулировки скорости рабочего хода прессы в пределах 0,1–4 мм/с;
- возможности выдержки деформируемой заготовки в штампе с приложением заданного усилия;

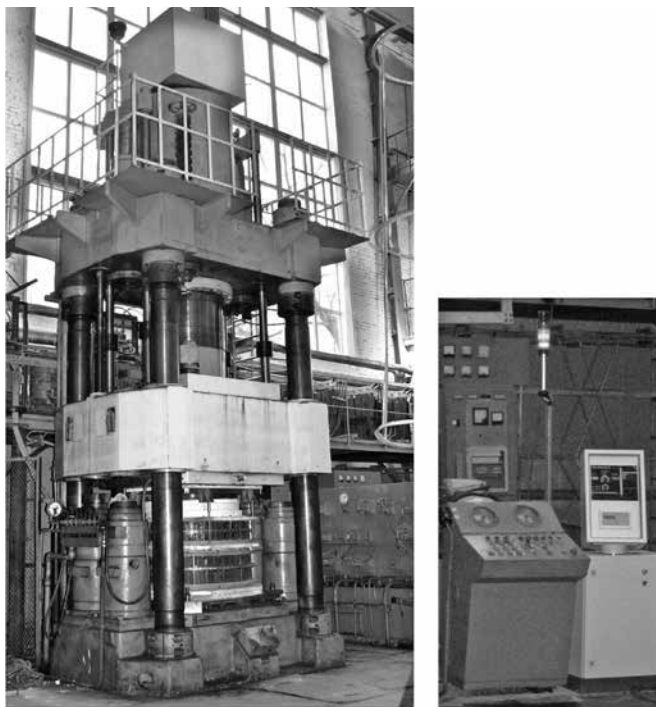


Рис. 1. Изотермический пресс усилием 1600 тс с системой мониторинга процесса деформации

– компьютерного контроля (мониторинга) процесса деформации [8].

Создание технологического комплекса обеспечивает реализацию технологического процесса при оптимальных температурно-скоростных параметрах деформации конкретного сплава [9].

Изотермическая установка позволяет поддерживать заданную температуру в пределах ± 20 °С в диапазоне до 1150 °С, а регулированием скорости рабочего хода прессы в процессе деформации обеспечиваются оптимальная для данного сплава скорость деформации и температура.

Для защиты заготовок от окисления и газонасыщения при нагреве и деформации в воздушной атмосфере разработаны и применяются высокоэффективные шликерные защитные технологические покрытия (ЗТП) на основе стеклоэмалей (ЭВТ-24, ЭВТ-100), которые также являются эффективной технологической смазкой и теплоизоляцией при изотермической штамповке [10]. Стабильная температура в зоне контакта между заготовкой и штампом обеспечивает максимальную эффективность ЗТП, позволяет свести к минимуму контактное трение в широком диапазоне степеней деформации и, как следствие, снижает требуемое усилие штамповки.

Значительный резерв формоизменения на заключительном этапе штамповки при ограниченной мощности прессы обеспечивается в режиме выдержки при деформации заготовки в штампе под действием максимального усилия прессы. Заготовка при этом деформируется в условиях высокотемпературной ползучести. Эффективность использования такого технологического приема обусловлена высокой чувствительностью жаропрочных сплавов к скорости деформации. Реализация высокотемпературной ползучести материала заготовки позволяет продолжить цикл формоизменения заготовки при ограниченном усилии прессы.

Использование изотермической деформации для изготовления заготовок дисков из жаропрочных сплавов обеспечивает:

- более равномерное и контролируемое распределение деформации в заготовке и ее формоизменение с формированием по сечению однородной регламентируемой структуры и требуемого комплекса свойств в результате осуществления процесса деформации при заданной оптимальной температуре;
- возможность применения высокожаропрочных сплавов нового поколения для дисков перспективных ГТД и ГТУ;



Рис. 2. Заготовки дисков турбины из жаропрочных никелевых сплавов и крыльчатки компрессора из жаропрочного титанового сплава VT8

– получение на маломощных прессах штамповок дисков размерами, существенно превышающими таковые в случае изготовления по традиционной технологии;

– сокращение числа переходов и затрат на штамповую оснастку;

– получение штамповок с минимальным припуском на механическую обработку, что сокращает трудоемкость механической обработки и расход дорогостоящего материала;

– выход годных заготовок дисков в партии на уровне 80–90% благодаря оптимизации и стабильности термомеханических параметров процесса деформации (рис. 2).

Эффективность процесса штамповки на изотермических прессах в значительной мере достигается благодаря компьютеризации и программному управлению прессовым и изотермическим оборудованием. Компьютерное управление и мониторинг позволяют наиболее полно использовать возможности изотермических прессов, варьировать скоростные и силовые параметры процесса деформации на любой стадии, а также обеспечить стабильность заданных режимов деформации для всей партии штамповок. Компьютерная регистрация параметров процесса, в свою очередь, расширяет возможности использования компьютерного моделирования, так как позволяет оперативно сравнивать результаты моделирования с данными реального процесса и своевременно их корректировать.

Заключение. Таким образом, перспективные высокожаропрочные сплавы для новых поколений ГТД требуют еще более строгого соблюдения

узких интервалов температурно-скоростных параметров деформации, определенных схем напряженного состояния при формоизменении, нетрадиционного подхода к конструированию штампового инструмента и штамповому материалу [11]. Изготовление деформированных заготовок дисков из новых композиций гетерофазных труднодеформируемых сплавов традиционными методами без использования процессов изотермической деформации и соответствующего комплекса оборудования не представляется возможным.

Библиографический список

1. Фиглин С.З., Бойцов В.В., Калпин Ю.Г., Каплин Ю.И. Изотермическое деформирование металлов. М. : Машиностроение, 1978. 239 с.
2. Бернштейн М.А. Структура деформированных металлов. М. : Металлургия, 1977. 432 с.
3. Каблов Е.Н., Оспенникова О.Г., Базылева О.А. Материалы для высоконагруженных деталей газотурбинных двигателей / Вест. МГТУ им. Н.Э. Баумана, спец. выпуск «Перспективные конструкционные материалы и технологии». 2011. С. 13–19.
4. История авиационного материаловедения / Под ред. акад. РАН, проф. Каблова Е.Н. М. : ВИАМ, 2012. С. 246–248; 458–460.
5. Авиационные материалы / Под ред. акад. РАН, проф. Каблова Е.Н. М. : ВИАМ, 2007. С. 61.
6. Разуваев Е.И., Лебедев Д.Ю., Бубнов М.В. Формирование ультрамелкозернистой и наноразмерной структуры в металлах и сплавах методом деформации // Авиационные материалы и технологии. 2010. № 3. С. 3–8.
7. Моисеев Н.В., Разуваев Е.И., Зубарев А.В. Эффективные технологии обработки давлением гетерофазных сплавов с использованием изотермической и сверхпластической деформации: Сб. «Авиационные материалы и технологии». Вып. «Технология производства авиационных металлических материалов». М. : ВИАМ, 2002. С. 115–124.
8. Пономаренко Д.А., Моисеев Н.В., Скугорев А.В. Производство дисков ГТД из жаропрочных сплавов на изотермических прессах // Авиационные материалы и технологии. 2013. № 1. С. 13–16.
9. Каблов Е.Н., Оспенникова О.Г., Ломберг Б.С. Комплексная инновационная технология изотермической штамповки на воздухе в режиме сверхпластичности дисков из супержаропрочных сплавов: Сб. «Авиационные материалы

и технологии» Юбил. науч.-техн. сб. (приложение к журналу «Авиационные материалы и технологии»). М. : ВИАМ, 2012. С. 129–140.

10. **Оспеникова О.Г.** Стратегия развития жаропрочных сплавов и сталей специального назначения, защитных и теплозащитных покрытий: Там же. С. 19–35.

11. **Герасимов Д.Е., Разуваев Е.И.** Производство деформированных полуфабрикатов из современных и перспективных жаропрочных никелевых сплавов: Сб. «Авиационные материалы и технологии». Вып. «Технология производства авиационных металлических материалов». М. : ВИАМ, 2002. С. 125–132.

ISOTHERMAL DEFORMATION OF HEAT-RESISTING ALLOYS

© **Ospennikova O.G.**, Cand. Sc. (Eng.); **Lomberg B.S.**, Dr Sc. (Eng); **Moiseyev N.V.**; **Kapitanenko D.V.**

Results of development and industrial mastering of technological processes with application of high-temperature isothermal punching of gas-turbine engines disks and other details from the hard deformed heterophase heat resisting nickel and titanium alloys are provided.

When development of production of disks blanks for gas turbine engines the complex task was solved – thermo-mechanical modes of deformation of alloys providing realization of effect of superplasticity are developed as well as effective protective and technological coverings, compositions of high-heat resisting die materials providing high durability for outside work are also developed, energy saving designs of isothermal units are created.

With the use of the developed technologies production of high-quality economic punching from the high-heat resisting hard deformed alloys is mastered. Manufacturing these products by traditional technology causes considerable difficulties and in some cases it is impossible.

Keywords: hot strength alloys; isothermal punching; recrystallization; disks for gas turbine engines; special press.

ЭКСПРЕСС-ИНФОРМАЦИЯ

«Северсталь-метиз» укрепляет позиции на рынке канатов

Итальянская «Раделли» (входит в состав группы предприятий «Северсталь-метиз») превзошла свой же мировой рекорд в производстве канатов (предыдущие установлены в 2010 и 2011 гг.)*, выпустив самый тяжелый канат в мире «ФлексПак» диаметром 158 мм, длиной более 4 км, массой 437 т. Очередное историческое достижение зафиксировано в «Книге рекордов Гиннеса».

Гигантский канат «ФлексПак» полностью разработан и изготовлен специалистами «Раделли» для компаний, занимающихся шельфовой добычей в условиях агрессивной среды (ураганный ветер, перепад температур, обледенение и т.п.). В настоящее время эти канаты используются для глубоководной добычи на платформах и судах в Мексиканском заливе, Северном и Южно-Китайском морях, в Атлантическом океане.

«Рынок канатов для добычи нефти на шельфе постоянно развивается, появляется все больше конкурентов, поэтому требуются постоянные усилия для сохранения и преумножения наших лидирующих позиций. Это еще один вызов для «Раделли» и «Северсталь-метиза», отвечать на который мы будем, продолжая инвестиции в передовые технологии и лучшие сервисы», – комментирует Маурицио Прете, исполнительный директор «Раделли».

Самый большой канат в мире произведен на площадке в итальянском Триесте, которая была открыта уже в составе компании «Северсталь-метиз» в ноябре 2009 г. Инвестиционные вложения составили порядка 12 млн евро.

«Регистрация в «Книге рекордов Гиннеса» очередного достижения – это признание нашей компании на мировом уровне в качестве лидера в инновациях. Это стало возможным благодаря нескольким факторам: четкому следованию стратегии и целенаправленному инвестированию, с одной стороны, и лидерским качествам и целеустремленности наших итальянских коллег, с другой. Своим общим успехом мы подтвердили не только первенство в сегменте специальных стальных канатов, но и рыночные амбиции всей компании в развитии нишевых направлений в целом», – резюмирует Александр Шевелев, генеральный директор «Северсталь-метиза».

*Первый рекорд установлен в 2010 г.: диаметр каната – 164 мм, масса – свыше 361 т. Второй рекорд в 2011 г.: диаметр – 160 мм, вес – свыше 420 т.

«ФлексПак» (Flexpack) – стальные многопрядные некрутящиеся канаты с пластическим обжатием прядей. Обладают повышенной износостойкостью.

«Раделли» (Redaelli Tecna S.p.A.) – итальянская компания, с 2008 года в составе группы «Северсталь-метиз», один из лидеров на мировом рынке специальных канатов. Выпускает продукцию для нефте- и горнодобывающей промышленности, мостостроения, энергетики и др. Ориентирована на производство высокотехнологичных специальных канатов (многопрядные канаты с пластически обжатыми прядями, пластиковым межпрядным заполнением, закрытые канаты) для плавучих буровых платформ, грузоподъемной техники, стадионов, вантовых мостов, канатных дорог.

УДК 669.333.43+669.243.32

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОДАЧИ ДУТЯ ПРИ КОНВЕРТИРОВАНИИ МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ ШТЕЙНОВ

© **Коновалов Георгий Владимирович**, канд. техн. наук; **Бажин Владимир Юрьевич**, д-р техн. наук; **Николаев Александр Константинович**, д-р техн. наук

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный» (Горный университет).

Россия, Санкт-Петербург. E-mail: bazhin-alfoil@mail.ru

Статья поступила 01.03.2012 г.

Рассмотрена проблема эффективности дутья кислородно-воздушной смесью в горизонтальных конвертерах. Работа выполнена в продолжение разработок, связанных с изменением конструкции фурмы и схемы подачи дутья при конвертировании медно-никелевых штейнов, начатых в Горном университете.

Ключевые слова: конвертер; фурма; дутьевая нагрузка; штейн.

Рост масштабов медного и никелевого производств, а также освоение выпуска новых типов огнеупоров на основе магнетита явились предпосылками появления в начале XIX в. горизонтального конвертера новой конструкции (с основной футеровкой) при расположении фурм в одном ряду, снабженных шаровыми клапанами для прочистки фурм [1].

Конвертерный передел стал одним из ведущих технологических процессов на всех медеплавильных и никелевых предприятиях. Несмотря на то что решающими факторами работы конвертера обоснованно признаются расход воздуха, аэродинамические аспекты, а также ряд иных факторов, единственной качественной характеристикой воздухообеспечения горизонтальных конвертеров оказалась предложенная С.Н. Барбошкиным величина «удельной дутьевой нагрузки» на 1 см² площади сечения фурм, которую на основании практических данных он оценил средним значением 0,8–1,0 м³/мин [2]. Однако такая величина удельной нагрузки не соответствует оптимальному значению давления при дутье, которое в практике 1930-х–1950-х годов составляло на коллекторе 60–80 кПа. При заглублении фурм под слой штейна в среднем на 0,5 м и плотности штейнового расплава около 5000 кг/м³ гидростатическое противодействие равно 25 кПа. Перепад давления на границах системы для минимального давления 60 кПа составит 35 кПа. При полной реализации этот перепад должен соответствовать величине динамического напора $h_{\text{дин}}$.

Примем в качестве рабочих следующие условия для фурмы: давление $p = (60 + 25)/2 = 42$ кПа, температура $t = 60$ °С ($T = 333$ К). При

таких условиях плотность воздуха составит $\gamma_{\text{tp}} = 1,29 \times 1425 \times 273 / 333 = 1,5$ кг/м³.

Скорость газового потока в фурме в рабочих условиях

$$w_{\text{tp}} = \sqrt{2gh_{\text{дин}}/\gamma_{\text{tp}}} = \sqrt{19,6 \cdot 3500/1,5} = 213 \text{ м/с.}$$

Приведенная скорость w_0 при $p = 42,5 + 100 = 142,5$ кПа и $T = 333$ К составит $w_0 = 213 \times 1,425 \times 273 / 333 = 249$ м/с.

Удельная нагрузка на 1 см² ($F = 10^{-4}$ м²) должна составить $v_0 = 249 \times 10^{-4} \times 60 = 1,49$ нм³/(см²·мин).

Эти значения в 1,5–2 раза выше практических значений, что объясняется, очевидно, потерей напора на сопротивлениях фурменной системы. Неизбежны потери, связанные с сопротивлением фурменной трубки, закладываемой в толще

кладки: $h_{\text{пот}} = \xi \frac{L}{d} \cdot h_{\text{дин}}$, где $\xi = 0,05$ – коэффициент трения, принятый для гладкого канала; $L = 0,6$ м – длина трубки; $d = 0,04$ м – диаметр трубки. Для $v_0 = 0,1$ нм³/(см²·мин) (практический расход) скорость воздуха в трубке в рабочих условиях

$$w_{\text{tp}} = \frac{0,8 \cdot 333}{10^{-4} \cdot 60 \cdot 1,45 \cdot 273} = 112 \text{ м/с; тогда } h_{\text{дин}} = w^2 \gamma_{\text{tp}} / 2g = 112^2 \times 1,5 / 19,6 = 96 \text{ кПа; потеря напора } h_{\text{пот}} = 960 \times 0,05 \times 0,6 / 0,04 = 72 \text{ кПа.}$$

Из первоначального запаса давления на сопротивление распределительной системы приходится (по закону Бернулли): $600 - 250 - 96 - 72 = 182$ кПа. Видно, что потеря напора на проводящей системе весьма значительна – 30% первоначального давления. При такой потере напора возникает несоответствие законам аэродинамики конструкции воздухопроводящей систе-

мы конвертеров с высокоскоростными газовыми потоками, проходящими через обтекаемые формы разделительной системы.

Конструкцию фурменной системы конвертеров на основе метода физического моделирования газовых потоков разрабатывали в лабораториях Горного университета [3]. Модели исследованных конфигураций изготавливали в масштабе от 1:5 до 1:10 натуральной величины с соблюдением условий подобия. Результаты моделирования представляли в виде критериальных уравнений $Eu = f(Re)$, где Eu – критерий Эйлера; Re – число Рейнольдса. Построением графической зависимости функции определялось числовое значение критерия Эйлера в зоне автомодельности. Тогда критериальное уравнение для зоны автомодельности принимает вид $Eu = \text{const}$ или $\Delta p / w_{tp}^2 \rho_{tp} = C$, где ρ_{tp} – плотность в рабочих условиях; C – эмпирический коэффициент. Тогда достигаемая в фурме рабочая скорость определяется как $w_{tp} = \sqrt{\Delta p / C \rho_{tp}}$, м/с.

Таким образом, скорость воздуха в фурменной трубке (а следовательно, и расход воздуха) при перепаде давления является функцией $C^{-0,5}$. Испытания конфигурации фурменных устройств показали значение характеристической константы C от 6,0 для существующей конструкции до 2,0 для варианта, отличающегося аэродинамическим совершенством геометрии и тщательностью обработки поверхностей. Учитывая возможности фурменных устройств и условия их эксплуатации, сочли целесообразным остановиться на несколько упрощенном варианте, не требующем столь тщательной обработки расплава, для которого получили $C = 3,0$.

Обобщение результатов моделирования и многочисленных измеренных значений параметров дутья на заводских конвертерах привело к построению надежного, теоретически обоснованного математического выражения для расчета удельной дутьевой нагрузки на фурмы конвертера

$$v_{yA} = 723m\varphi(p_k + 1) \times$$

$$\times \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \left[\left(\frac{H+1}{p_k+1} \right)^{1,429} - \left(\frac{H+1}{p_k+1} \right)^{1,714} \right]} \text{ нм}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{мин}), \quad (1)$$

где p_k – давление на коллекторе, кПа; H – противодавление слоя расплава над фурмами, кПа; φ – коэффициент аэродинамики фурменной системы (для новых вариантов конструкции фурм $\varphi = 0,85-0,9$); m – степень «чистоты» фурм, зависящая от условий их прочистки; T – температура дутья, К.

Как следует из формулы (1), давление дутья прямо влияет на значение v_{yA} . Однако непосредственным изучением влияния давления на работу конвертеров в заводских условиях были выявлены дополнительные факторы. При прочих равных условиях величина давления влияет на скорость зарастания фурм, т.е. в математической интерпретации определяет значение коэффициента m . Эта закономерность послужила основанием для исследования функции $m = f(p_k + 1)$ в широком диапазоне давлений.

Исследования, проведенные по разработке оптимальных конструкций фурм горизонтальных конвертеров, получили продолжение в работах ученых Горного университета [4], в результате чего в мировой практике и в России появилось несколько конструкций воздухораспределительной системы конвертеров, каждая из которых в наибольшей степени отвечает конкретным условиям передела. Для расчета количества дутья, подаваемого на 1 см² площади сечения фурменной трубки, предложена формула

$$v_{yA} = 6,36m\varphi p_1 \times$$

$$\times \sqrt{\frac{1}{T\rho_0} \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{1,429} - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{1,714} \right]} \text{ нм}^3 / (\text{см}^2 \cdot \text{мин}), \quad (2)$$

где ρ_0 – плотность газа, кг/м³; p_1 – абсолютное давление перед насадкой, кПа; p_2 – абсолютное давление в среде, куда происходит истечение, кПа; m – степень чистоты фурмы (для непогруженной фурмы подачи дутья $m \approx 1$); φ – коэффициент аэродинамики фурменной системы; T – температура струи, К.

Фурменное устройство, предназначенное для подачи дутья через непогруженные фкрмы, работает на другом (по сравнению с погруженными фурмами) принципе. Дутьевой канал таких фурм выполняется вдоль центральной оси фурмы. Во избежание чрезмерных потерь на трение площадь сечения центрального канала рассчитывается на скорость потока не более 20–25 м/с (в рабочих условиях).

Вода для охлаждения кислородных фурм подается в промежуточную трубу, концентрически охватывающую дутьевой канал и доставляющую воду вниз к дутьевой головке. Из дутьевой головки вода возвращается по кольцевому каналу, образованному промежуточной трубой и наружным кожухом. В таблице приведены практические параметры режима охлаждения нескольких образцов кислородных фурм.

Как видно из приведенных данных, удельный расход воды на 1 м² рабочей (т.е. находящейся в зоне высоких температур) поверхности может приниматься в пределах 17–20 м³/ч. Большая площадь рабочей поверхности единичной кислород-

Практические параметры режима охлаждения кислородных фурм

Объем конвертера, т	Предприятие	Расход воды, м ³ /ч	Размеры активного участка			Удельный расход, м ³ /(ч·м ²)
			длина, м	диаметр, м	площадь, м ²	
30	Североникель	70	5	0,25	3,92	17,9
350	Северсталь	350	14	0,426	18,67	18,75
0,15	Североникель	0,22	0,1	0,038	0,012	18,3

ной фурмы, требующая огромного расхода воды, обусловлена самим принципом работы конвертера. Применительно к вертикальным фурмам предпринимались неоднократные попытки создать такую конструкцию дутьевой головки, которая может сформировать направленную струю, способную привести во вращение дутьевой кратер и придать определенную направленность процессу массообмена в объеме расплава.

Таким образом, при разработке новой конструкции фурмы, а на базе ее и новой конструкции пирометаллургического аппарата необходимо исходить из следующих положений:

- заменить направленную по центру ванны подачу дутья единичной фурмой дутьевыми струями, рассредоточенными по нескольким точкам, расположенным по периферии цилиндрического аппарата;
- придать периферийным струям такую пространственную ориентацию, чтобы в результате их суммарного динамического воздействия привести расплавленную массу во вращательное движение, способное создать управляемый регулярный массо- и теплоперенос, в наибольшей степени отвечающий требованиям кинетики соответствующих физико-химических превращений;
- многократно сократить размер огневой (рабочей) зоны фурмы и тем радикально уменьшить расход воды на ее охлаждение.

Указанным принципам отвечает разработанная радиально-осевая фурма (РОФ). Гидродинамические характеристики усложненных по сравнению с обычными фурмами конфигураций дутьевого и водяного каналов РОФ не поддаются расчету и были определены экспериментальным путем. Из полученных результатов для фурм серии РОФ в среднем $\varphi = 0,83-0,84$. При этом следует иметь в

виду, что эта величина не учитывает сопротивления подводящих шлангов. Водяную систему охлаждения фурмы РОФ моделировали методом продувки ее воздухом. Результаты испытаний показывают, что сопротивление системы охлаждения фурм

РОФ уменьшается на 40–45%, что обеспечивает возможность применения для фурм РОФ взрывобезопасного метода охлаждения под разрежением.

Таким образом, радиально-осевая фурма позволяет создать пирометаллургический аппарат новой конструкции. Аппарат струйного вращения представляет собой вертикальный цилиндр ограниченной высоты, перекрытый сверху сводом, снабженный примыкающим к верхней части газоходом. Радиально-осевые фурмы в количестве, отвечающем заданной производительности, давлению дутья и принятым размерам дутьевых насадок, устанавливаются в стенке цилиндра, проходя через кожух и огнеупорную кладку. Фурмы одновременно выполняют роль холодильников, улучшающих службу огнеупоров. Рабочая зона фурмы, находящаяся в огневом пространстве, по длине не превышает 1–1,5 диаметров головки.

Предложенный способ пространственно ориентированной подачи дутья позволяет интенсифицировать тепломассообменные процессы, форсировать процесс плавки и обеспечивает условия безопасной непрерывной работы конвертера в режиме струйного вращения.

Библиографический список

1. Худяков И.Ф., Набойченко С.С. *Металлургия меди, никеля и кобальта*, ч.1. М.: *Металлургия*, 1977. 298 с.
2. Барабошкин С.Н. *Бессемерование медных штейнов*. М.: *ОНТИ*, 1936. 183 с.
3. А.с. 129820 СССР, МПК⁶ C22B15/06. *Устройство для подвода воздуха к горизонтальным конвертерам* / Шалыгин Л.М. – заявл. 10.12.1959, опубл. 01.01.1960.
4. Шалыгин Л.М., Коновалов Г.В., Колтон Г.А. *Перспективное направление автогенной переработки сульфидных руд и концентратов на основе пространственно ориентированного кислородного дутья* // *Цветные металлы*. 2006. № 1. С. 12–17.

IMPROVING BLAST SUPPLY AT CONVERTING OF COPPER-NICKEL MATTES

© **Kononov G.V.**, Cand Sc. (Eng.); **Bazhin V.Yu.**, Dr Sc. (Eng.); **Nikolayev A.K.**, Dr Sc. (Eng.)

The problem of blowing an oxygen-air mixture in the horizontal converters is considered. The work was performed in course of development related to changing design of tuyere and sheme of blast supply when converting copper-nickel matte, which was started in the Mining University.

Keywords: converter; tuyere; blast feeding; matte.



Памяти АЛЕКСАНДРА ГЕОРГИЕВИЧА ШАЛИМОВА

Ушел из жизни один из старейших сотрудников ЦНИИчермет им. И.П.Бардина, член Российской инженерной академии, лауреат Государственной премии и Премии Совета министров СССР, доктор технических наук, профессор **Шалимов Александр Георгиевич**, после тяжелой продолжительной болезни на 76-ом году жизни.

После окончания Московского института стали в 1960 г. Александр Георгиевич работал в лаборатории вакуумной металлургии специальных сталей Института новой металлургической технологии ЦНИИчермета. Он принимал активное участие в исследовании физико-химических процессов рафинирования расплавов при вакуумной индукционной плавке и вакуумном дуговом переплаве, в разработке и внедрении технологии производства этими методами высоколегированной стали и жаропрочных сплавов на ЗМЗ, ЧЭМК, заводе «Электросталь». В 1980 г. Александр Георгиевич возглавил лабораторию вакуумной металлургии. Под его руководством проведены работы в области создания и внедрения в производство технологии получения сталей и сплавов для авиакосмической и судостроительной техники, атомной энергетики, химической и оборонной отраслей промышленности, приборостроения и других отраслей народного хозяйства методами ЭСП, ВДП, ВИП, ЭЛП.

За руководство комплексом исследовательских и внедренческих работ Александр Георгиевич был награжден орденом «Знак Почета», медалями, он был лауреатом премии им. акад. И.П.Бардина.

В 1989–1997 гг. А.Г.Шалимов возглавлял Институт новой металлургической технологии, руководил комплексными работами института на металлургическом

комбинате «Азовсталь», Волжском трубном заводе, Оскольском электрометаллургическом комбинате, проводил реорганизацию деятельности Мариупольского отдела ЦНИИчермета.

А.Г.Шалимов участвовал в разработке проектов создания современных мини-заводов, а также в организации многих конгрессов и симпозиумов сталеплавильщиков и других отраслевых научных форумов. Пользовался авторитетом в научной среде не только в России, но и за рубежом. Работая в течение многих десятилетий в редколлегиях крупнейших отраслевых журналов – «Металлург», «Сталь», «Электрометаллургия», А.Г.Шалимов оказывал неоценимую поддержку в оценке и организации публикаций, в его статьях отражены важнейшие проблемы отрасли.

А.Г.Шалимов – автор четырех книг и более 300 научных статей, соавтор 140 изобретений. Под его руководством защищено 16 кандидатских и четыре докторских диссертации.

Редколлегия и редакция журнала «Металлург» глубоко скорбят по поводу смерти Александра Георгиевича Шалимова, искренне соболезнуют родным и близким покойного. Долгие годы нас связывала тесная дружба и совместная работа. Светлая память об Александре Георгиевиче навсегда сохранится в наших сердцах.

В последние годы Александр Георгиевич Шалимов работал над книгой

«Инновационное развитие электросталеплавильного производства»

(авт. коллектив – К.Л. Косырев, М.П. Галкин, А.Г. Шалимов, А.Е. Сёмин)

В книге проанализированы роль электросталеплавильного производства в современном металлургическом процессе, его развитие на базе инновационных разработок, а также его влияние на повышение технико-экономической эффективности получения высококачественной металлопродукции.

Это объемный труд, с большим количеством цветных иллюстраций, обобщающий тенденции развития электросталеплавильного производства в России и за рубежом.

Издание готовится к печати в ЗАО «Металлургиздат».

Планируемый выпуск в свет – в январе–феврале 2014 года.

Итоги VI Международной конференции «ПЫЛЕГАЗООЧИСТКА-2013»

24–25 сентября 2013 г. в ГК ИЗМАЙЛОВО (Москва) состоялась VI Международная конференция «ПЫЛЕГАЗООЧИСТКА-2013» – традиционный межотраслевой форум, посвященный вопросам модернизации установок очистки технологических и отходящих газов и воздуха в промышленности.

Без развития промышленности нельзя представить сильное государство, но рост производства ведет к увеличению выбросов, которые могут нанести существенный вред окружающей среде, а впоследствии, здоровью людей. Для соблюдения экологических требований промышленным предприятиям необходимо строить новые и совершенствовать существующие системы очистки газов и воздуха и конференция ПЫЛЕГАЗООЧИСТКА помогает сделать правильный выбор технологий и оборудования для газоочистки.

Участие в работе VI Международной конференции «Пылегазоочистка-2013» приняли около 200 делегатов от предприятий металлургии, энергетики, нефтегазовой, цементной и других отраслей промышленности, производителей основного и вспомогательного оборудования установок и систем очистки газов и воздуха, научно-исследовательских и проектных институтов, сервисных и инжиниринговых компаний России, Германии, Франции, Чехии, Сербии, Италии, Испании, Украины, Казахстана и Республики Беларусь.

Организатор конференции – ООО «ИНТЕХЭКО».

В рамках двухдневной программы конференции были представлены более 30 докладов – современные электромеханические, химические, плазменные и каталитические технологии для газоочистки, новейшие конструкции электрофильтров, рукавных фильтров, скрубберы, циклоны, вихревые пылеуловители; трубы Вентури; каплеуловители; волокнистые фильтры; ионитные фильтры; промышленные пылесосы; кар-

триджные, кассетные и карманные фильтры; системы очистки воздуха, вентиляции и кондиционирования; современные технические и фильтровальные материалы; дымососы и вентиляторы; оборудование для транспортировки уловленных веществ; нестандартное оборудование для установок и систем очистки газов и воздуха; системы экологического мониторинга, газоанализаторы и пылемеры; агрегаты электропитания и АСУТП установок газоочистки.

Уже традиционно в холлах конференц-зала проводилась выставка «Инновационные технологии газоочистки», на которой делегаты смогли поближе познакомиться с технологиями, решениями и оборудованием компаний: ООО «Р.В.С.», REDECAM Group srl (Италия), OFFICINA 2000 Srl (Италия), ЗАО «СПЕЙС-МОТОР», ЗАО «КОНСАР», IRMA PROJEKT SISTEM Ltd. (Сербия), ООО «ТС АИК-ЭКО» (Украина), ОАО «Красногвардейский машиностроительный завод», ООО «ТИ-СИСТЕМС», ЗАО «ЭКАТ», ООО НПП «МИТЭК» (Украина), TECAM GROUP (Испания), СМИ, ООО «Недерман», REMBE GmbH SAFETY+CONTROL (Германия), ООО «ЗВВЗ-М», ООО НТК «Зенит» и ООО «ИНТЕХЭКО».

Все делегаты отметили, что конференция предоставила уникальную возможность для обмена знаниями и опытом, дала новые импульсы и контакты, позволила ознакомиться с новейшим газоочистным оборудованием, отличающимся высокой эффективностью очистки, низкими эксплуатационными затратами, надежностью и продолжительностью работы.

VII Международная конференция «ПЫЛЕГАЗООЧИСТКА-2014» состоится 23–24 сентября 2014 г.

А.В.Ермаков,
председатель оргкомитета



Международная научно-техническая конференция «Развитие фундаментальных основ материаловедения легких сплавов и композиционных материалов на их основе для создания изделий аэрокосмической и атомной техники»

25–26 сентября 2013 г. при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и содействии Российской академии наук во Всероссийском научно-исследовательском институте авиационных материалов (ВИАМ) прошла Международная научно-техническая конференция «Развитие фундаментальных основ материаловедения легких сплавов и композиционных материалов на их основе для создания изделий аэрокосмической и атомной техники», приуроченная к 100-летию со дня рождения выдающегося ученого, акад. РАН, д-ра техн. наук, проф. Иосифа Наумовича Фридляндера.

Конференцию открыл Генеральный директор ВИАМ, акад. РАН, проф. *Евгений Николаевич Каблов*. Он поприветствовал гостей конференции и поблагодарил «за память о выдающемся ученом, которого знает весь мир и который посвятил свою жизнь ВИАМ, науке и служению Отечеству».

По словам Е.Н.Каблова, сегодня очень важно сохранить взаимодействие прикладной и фундаментальной науки, научный базис и школу, которые были созданы нашими великими учеными, необходимо также активнее использовать их опыт и знания. «Наша наука способна стать основным двигателем социально-экономического развития России, перехода страны к новому технологическому укладу. Главное в достижении этой цели – поддержка государства и общества, контроль и реальные результаты», – отметил он. По мнению Е.Н.Каблова, очень важна в этом процессе роль Российской академии наук.

В создании новых образцов техники генеральный директор ВИАМ подчеркнул особую роль и значимость генерального конструктора, который, как правило, очень тесно взаимодействует с учеными-материаловедами. «Если бы великий ученый средневековья Леонардо да Винчи обладал необходимыми материалами, он мог бы воплотить в жизнь намного больше своих гениальных идей и изобретений», – напомнил Е.Н.Каблов.

Он выразил особую благодарность Российскому фонду фундаментальных исследований, Совету РФФИ и его руководителю акад. РАН *Владиславу Яковлевичу Панченко* за помощь в организации конференции.

«Как результат – большой процент молодежи в институте, новые идеи и научные инициативы, активное участие в работе различных программ РФФИ, реальные успехи и достижения в области материаловедения», – подчеркнул Е.Н.Каблов.

На церемонии закрытия конференции заместитель Генерального директора ВИАМ, канд. техн. наук *В.В.Антипов* вручил дипломы авторам лучших докладов:

– д-ру физ.-мат. наук *В.В.Овчинникову* и д-ру техн. наук *С.М.Можаровскому* за доклад «Модификация структуры и свойств алюминиевых сплавов пучками ускоренных ионов»;

– *К.Т.Исякаеву* за доклад «Закалка штампованных полуфабрикатов высокопрочных алюминиевых сплавов в водно-полимерный раствор на ОАО «КУМЗ»;

– канд. техн. наук *И.М.Ромашко* за доклад «Опыт применения металлических композиционных материалов в конструкции самолетов ГП «Антонов»;

– *Е.А.Ткаченко* за доклад «Обобщение опыта применения и оптимизации технологии изготовления полуфабрикатов из высокопрочного алюминиевого сплава 1933 для силовых конструкций авиационной техники».

В преддверии юбилея выдающегося ученого вышла книга, изданная Российской академией наук, которая была вручена участникам конференции. Она посвящена жизненному пути И.Н.Фридляндера и подготовлена под общей редакцией генерального директора ВИАМ Е.Н.Каблова.

26 сентября 2013 г. на территории ВИАМ была открыта мемориальная доска в память о И.Н.Фридляндере, а также представлена тематическая выставка, посвященная его научным достижениям.

С докладами, представленными на конференции можно ознакомиться на сайте ВИАМ.



К 100-летию И.Н.Фридляндера

Иосиф Наумович Фридляндер родился 28 сентября 1913 года в городе Андижане (Узбекистан, Ферганская область) в семье служащего.

Среднее образование И.Н.Фридляндер получил в г. Андижане, закончив среднюю школу в 1929 г.

Во время учебы в школе Иосиф участвовал в самодеятельности – в концертах струнной музыки играл на гитаре. Во время учебы в девятом (выпускном) классе в 1929 г. одновременно учился на бухгалтерских курсах. После окончания школы был направлен на работу в колхоз, который находился примерно в 30 км от Андижана. В это время он написал статьи о жизни колхозной молодежи в газеты г. Андижана «Комсомолец Востока» и «Комсомольская правда». Статьи понравились, и Иосиф Фридляндер был приглашен на работу в качестве корреспондента сразу в обе газеты. После того как семья И.Н.Фридляндера в 1930 г. переехала в г. Душанбе, он стал корреспондентом газеты «Комсомольская правда» по Таджикистану.

В 1931 г. по рекомендации ЦК комсомола Таджикистана Иосиф Фридляндер поступил в МВТУ им. Н.Э.Баумана и был зачислен на кафедру металловедения, которую возглавлял Иван Иванович Сидорин. Он оказал большое влияние на судьбу молодого человека, направив на дипломную практику в ВИАМ и поручив ему тему по алюминиевым сплавам, которые стали делом всей его жизни. Позднее И.И.Сидорин стал научным руководителем И.Н.Фридляндера в аспирантуре.

Исключительные способности к творческой работе Иосиф Наумович проявил уже во время учебы на четвертом курсе института при прохождении практики в термическом отделении Севастопольского судостроительного завода.

В 1936 г., еще будучи студентом МВТУ им. Н.Э.Баумана, Иосиф Наумович пришел на работу в ВИАМ на должность техника-дипломника. Тема дипломной работы «Плавка и литье алюминиевых сплавов в вакууме» была определена

И.И.Сидориным. Работа выполнялась в лаборатории физики металлов, которую возглавлял известный ученый, член-корр. Академии наук СССР Георгий Владимирович Акимов. При выполнении дипломной работы были установлены важные технологические параметры плавки и литья алюминиевых сплавов и выданы рекомендации, обеспечивающие получение слитков высокого качества – плотных, без единой поры. И.Н.Фридляндер получил диплом с отличием и рекомендацию в аспирантуру МВТУ им. Н.Э.Баумана.

Во время двухмесячного отпуска, полагавшегося после окончания института, Иосиф Наумович отправился в Душанбе на отдых к родителям, где был зачислен в штат редакции газеты «Коммунист Таджикистана» и практически ежедневно публиковал большие статьи на основе материалов, собранных в ходе постоянных поездок по Таджикистану.

В декабре 1937 г. И.Н.Фридляндер, возвратившись в Москву, поступил на работу в ВИАМ в лабораторию алюминиевых сплавов. Первая работа, которую ему поручили в ВИАМе, – создание электротиглей с целью замены графитовых тиглей, применяемых для модифицирования литейных алюминиевых сплавов типа силумин. Работа была успешно выполнена, что позволило снизить температуру модифицирования с 1000 до 800 °С, исключить использование в технологическом процессе токсичных продуктов и обеспечить нормальные условия труда.

Следующая важная работа была посвящена исследованию влияния скорости охлаждения при кристаллизации на структуру и свойства алюминиевых сплавов. Вот как характеризует эту работу сам И.Н.Фридляндер: «Эта тема приобрела исключительную актуальность. В г. Ступино пустили большой металлургический завод с мощным американским прокатным оборудованием. Для новых прокатных станков требовались большие слитки металла весом не менее одной тонны.

Там начались грандиозные работы по принципиально новому непрерывному методу литья слитков, позволяющему устранить воздушный зазор и резко ускорить охлаждение металла. Высокая скорость охлаждения преобразовывала и улучшала

структуру зерна – дендриты вытягивались, ветви их становились тонкими, примеси в виде мелких включений располагались между ветвями дендритов, границы зерен были чистыми. В результате свойства такого металла – и прочность, и пластичность – были высокими».

В связи с большим объемом работ по деформируемым сплавам лабораторию разделили на две: деформируемых и литейных алюминиевых сплавов, и в декабре 1941 г. И.Н.Фридляндер был назначен заместителем начальника лаборатории алюминиевых деформируемых сплавов.

Благодаря работам по кристаллизации алюминиевых сплавов уже к концу Великой Отечественной войны все металлургические заводы, выпускающие продукцию для авиационной промышленности, полностью перешли на непрерывный метод литья алюминиевых сплавов с непосредственным охлаждением водой. Качество металла значительно улучшилось, в области металлургии легких сплавов наша страна намного опередила страны Западной Европы. Эта работа легла в основу кандидатской диссертации на тему: «Непрерывная отливка и бесслитковая прокатка металлов», которую Иосиф Наумович защитил в 1943 г., а в 1946 г. ему было присвоено ученое звание старшего научного сотрудника.

Возможности высокой скорости кристаллизации особенно ярко проявились при производстве заклепочной проволоки для самолетов. В первые дни Великой Отечественной войны в этом производстве сложилась сложная ситуация. Эту проволоку изготавливал Кольчугинский металлургический завод, а при эвакуации одну часть его оборудования отправили в Сибирь, другую – в Узбекистан. Реализовать технологический процесс не удавалось. На небольшой самолет расходуется 100–200 тыс. заклепок, на более крупный – около миллиона. Без заклепочной проволоки самолетные заводы останавливались. Выход из критического положения нашел инженер В.Г.Головкин, которому помогал И.Н.Фридляндер. В кратчайший срок был освоен промышленный выпуск литой проволоки. Все самолеты времен Великой Отечественной войны построены с использованием этой проволоки.

В 1944 г. вблизи Владивостока совершили вынужденную посадку три американских тяжелых бомбардировщика Б29, так называемые «летающие крепости». Они получили повреждения, нанесенные японской ПВО (самолеты этого типа сбросили атомные бомбы на Японию). Один из самолетов Б29 был тщательно изучен в ЦАГИ, ВИАМ, КБ Туполева и Ильюшина. В ВИАМе исследовали вес

деталей, их химический состав, структуру и свойства. Практически весь самолет был изготовлен из американского алюминиевого сплава 2024 (4% Cu, 1,5% Mg, 0,3% Cr), отечественные дуралюмины уступали по свойствам сплаву 2024.

Из секретного распоряжения по производству работ над созданием бомбардировщика: «...Не допускается никаких отклонений от американского прототипа, ни в одной детали, ни в одном агрегате...». Подпись — Иосиф Сталин. Для заводов авиационной промышленности, и в том числе для авиационной металлургии, это была настоящая техническая революция. Трудностей в освоении сплава 2024 было очень много, особенно сложно было освоить непрерывную разливку крупных плоских и круглых слитков из сплава 2024 (марка Д16) для производства больших плит и лонжеронов для крыльев самолета и центроплана. Но уже 3 августа 1947 г. три Ту-4 участвовали в параде в честь Дня авиации.

Важнейшим направлением, которое последовательно развивает И.Н.Фридляндер и продолжает развивать его школа, стало создание новых алюминиевых сплавов с заданным комплексом свойств. В 1940-е годы в связи с бурным развитием самолетостроения требовались новые конструкционные алюминиевые сплавы, обладающие более высокими механическими свойствами по сравнению с широко использовавшимися сплавами типа дуралюмин системы Al–Cu–Mg (особенно сплав Д16).

В докторской диссертации И.Н. Фридляндера «Изыскание высокопрочных алюминиевых сплавов системы Al–Zn–Mg–Cu» (1958 г.) были подробно изучены закономерности изменения структуры, механических, физических и коррозионных свойств, эффекты закалки и старения сплавов системы Al–Zn–Mg–Cu и прилегающих к ней тройных систем. Была установлена фундаментальная закономерность: при определенных соотношениях Zn, Cu и Mg медь полностью входит в пересыщенный твердый раствор и не участвует в образовании фаз, интегральная прочность сплава увеличивается не только вследствие образования метастабильных частиц упрочняющих фаз, но и благодаря повышению прочности пластичного пересыщенного твердого раствора. В определенной концентрационной области системы Al–Zn–Mg–Cu при увеличении содержания меди одновременно возрастают прочность, пластичность, вязкость сплавов и их коррозионная стойкость.

Используя эти соотношения, удалось создать серию высокопрочных алюминиевых сплавов В95

и др., которые на 20–40% превосходят по прочностным характеристикам сплавы типа дуралюмин. Они нашли самое широкое применение в авиационной и атомной технике. Несколько лет спустя сплав В95 был очень широко использован в новом истребителе МиГ-23. Из этого сплава изготавливали верх и низ крыла.

Нижняя панель крыла из столь высокопрочного сплава была выполнена впервые в мировой практике; обычно для этого использовались менее прочные, но более вязкие сплавы. В процессе освоения сплава В95 при экспериментах с натурными крыльями было установлено, что конструктивная прочность серийного крыла из сплава В95 в полтора раза ниже, чем прочность лабораторных образцов. Восстановить конструктивную прочность удалось в результате очень резкого ограничения содержания примесей железа и кремния в сплаве. Так появились сплавы марок В95п.ч. и В95о.ч. (повышенной чистоты и особой чистоты). Из этих сплавов были подготовлены тысячи самолетов МиГ-23, и неприятностей по вине сплава В95 с ними не было. За разработку сплава В95 и его промышленное внедрение И.Н.Фридляндеру вместе с группой ученых (в том числе Е.И.Кутайцевой – от ВИАМ) присуждена Сталинская премия (1949 г.).

Вскоре после войны И.Н.Фридляндер развернул работы по сплавам системы Al–Be–Mg. Они были выбраны в связи с необычайно высоким модулем упругости бериллия: магний способствовал одновременному повышению прочности, жесткости и пластичности сплавов. В результате были разработаны сплавы АБМ-1, АБМ-2, АБМ-3, АБМ-4. Аналогов этим трехкомпонентным сплавам за рубежом не было.

В 1989 г. Государственный комитет по изобретениям зарегистрировал открытие группой ученых под руководством И.Н.Фридляндера уникального явления одновременного роста жесткости, прочности и пластичности сплавов при введении элементов, отличающихся пониженной плотностью по сравнению с другими компонентами этих сплавов (диплом на открытие № 346 от 22.12.1989 «Закономерность увеличения жесткости двухфазных систем»).

В 1957 г. для изготовления крупногабаритных поковок и штамповок под руководством И.Н.Фридляндера создан оригинальный отечественный сплав В93 системы Al–Zn–Mg–Cu, легированный небольшим количеством железа вместо элементов-антирекристаллизаторов (Mn, Cr, Zr). Такая композиция предложена впервые в мировой практике. Это обеспечило повышенную прокали-

ваемость, однородность и изотропность механических свойств массивных штамповок из сплава В93, который широко применяется в силовом каркасе больших транспортных самолетов, в том числе «Антей». Из него изготовлены шпангоуты фюзеляжей большинства российских пассажирских самолетов (Ил-86, Ил-96), в том числе самых крупных в мире транспортных – «Руслан» и «Мрия».

Еще одним важным этапом в этой области явились работы, проводившиеся под руководством И.Н.Фридляндера по созданию нового высокопрочного ковочного сплава 1933, отличающегося высоким уровнем вязкости разрушения и трещиностойкости, который широко применяется для силовых деталей в новых отечественных самолетах Як-130, SSJ-100, MC-21, Ан-148. Изготовленные из него на Самарском металлургическом заводе крупногабаритные и сложные по форме фитинги для европейских самолетов Airbus успешно прошли испытания во Франции и России.

Под руководством И.Н.Фридляндера разработан самый прочный в мире алюминиевый сплав В96Ц, из которого строятся сотни тысяч сверхскоростных (1500 с^{-1}) ядерных центрифуг для получения обогащенного урана-235 центрифужным методом, в отличие от малоэкономичного термодиффузионного способа, используемого в США.

И.В.Курчатова, руководитель советского атомного проекта, а впоследствии и ядерного, предложил новые технологии обогащения урана-235. Но реализовать их без авиационных сверхлегких сверхпрочных материалов было невозможно. Этим требованиям удовлетворял сплав В96Ц, разработанный под руководством И.Н.Фридляндера.

Под руководством акад. И.К.Кикоина в России была создана технология центрифужного обогащения урана, для которой акад. И.Н.Фридляндером был разработан самый прочный в то время алюминиевый сплав 1960, примененный в конструкции газовых центрифуг и определивший превосходство России в данной области. Это был настоящий прорыв российской науки, позволивший России с достоинством выступать на международном рынке. Эта технология используется и в настоящее время. В 2007 г. в Ангарске открыт первый в мире Международный центр по продаже урана-235, необходимого для использования в качестве топлива для АЭС.

За создание и освоение сплава для газовых центрифуг И.Н.Фридляндеру и его коллегам была присуждена Ленинская премия (1963 г.).

Несколько лет спустя был разработан сплав В96ЦЗ, из которого серийно изготавливались твер-

дотопливные ракеты среднего радиуса действия, а затем на базе этого сплава был создан сверхпрочный сплав В96ЦЗп.ч. авиационного назначения.

В 1965 г. под руководством И.Н.Фридляндера был открыт эффект упрочнения при термической обработке обширной группы сплавов в тройной системе Al–Li–Mg (диплом на открытие № 390). На этой основе был создан самый легкий, высоко-модульный свариваемый сплав 1420, с которым мы действительно оказались «впереди планеты всей» (российский приоритет от 1964 г.).

В 1970–1971 гг. началось серийное производство самолетов вертикального взлета Як-36 и Як-38 с клепаными фюзеляжами из сплава 1420. Несмотря на жесткие условия эксплуатации, за все годы не было зарегистрировано коррозионных повреждений. Совместно с ОКБ им. Микояна проведены работы по созданию первого в мире сварного самолета из сплава 1420 – вариант самолета МиГ-29 со сварными кабиной и фюзеляжем. Получен значительный эффект – реальное снижение массы на 24%. Этот вариант самолета успешно прошел все испытания и был передан в серийное производство.

В 1999 г. И.Н.Фридляндер и группа специалистов стали лауреатами Государственной премии РФ за разработку сверхлегких алюминийлитиевых сплавов и за участие в создании первого в мире сварного самолета МиГ-29 из этих сплавов.

Под руководством И.Н.Фридляндера разработаны новые конструкционные алюминиевые сплавы с литием системы Al–Cu–Mg–Li (1441) и системы Al–Cu–Li (1460, 1461, 1469), сочетающие высокую прочность с пониженной плотностью.

Коллективом специалистов под руководством И.Н. Фридляндера выполнены большие работы по свариваемым, криогенным и жаропрочным сплавам (1201 и 1460) для баков жидкого кислорода и водорода. Сплав 1201 также показал высокие эксплуатационные характеристики в ракете «Энергия» и в конструкции космического самолета «Буран». Особенность сплава – рост прочностных характеристик и пластичности при снижении температуры вплоть до температуры кипения гелия –268 °С.

Весомый вклад в развитие теории старения внесли фундаментальные работы И.Н.Фридляндера, посвященные изучению закономерностей изменения свойств при старении – главном процессе упрочнения алюминиевых сплавов. И.Н.Фридляндер установил основные закономерности изменения свойств алюминиевых сплавов для трех стадий старения. Широкое применение в промышленности получили смягчающие режимы искусственного ста-

рения Т2 и Т3 сплавов системы Al–Zn–Cu–Mg, соответствующие коагуляционной стадии старения, для обеспечения повышенной коррозионной стойкости.

В 1991–2001 гг. разработаны и освоены высокопрочные и среднепрочные сплавы с высокими ресурсными характеристиками, которые являются основой конструкций самолетов нового поколения – Ту-204, Ил-96 и др.

В 1995–2002 гг. создан и широко применен в морских машинах Бе-200 и Бе-103 высокотехнологичный алюминийлитиевый сплав 1441, обеспечивший снижение массы конструкции до 12%. Нельзя не отметить слоистые композиционные материалы СИАЛ (стеклопластик и тонкие листы из алюминиевых сплавов) и КАС-1А (высокопрочная стальная проволока и тонкие листы из алюминиевых сплавов). Основная особенность и достоинство этих материалов в том, что усталостные трещины практически не растут. Кроме того, СИАЛ задерживает распространение огня в случае пожара на самолете. Материал КАС-1А по удельной прочности превосходит лучшие алюминиевые и титановые сплавы. СИАЛ и КАС-1А являются перспективными материалами для фюзеляжей самолетов.

Производство разработанных алюминиевых сплавов освоено на Каменск-Уральском (КУМЗ), Верхне-Салдинском (ВСМПО), Ступинском (СМК), Самарском (СМЗ), и Белокалитвинском (БКМПО) металлургических заводах.

И.Н. Фридляндер является автором более 700 научных трудов, в том числе двух открытий, более 200 изобретений. Его материалы запатентованы за рубежом. Он был научным редактором многих капитальных изданий.

И.Н.Фридляндер занимался преподавательской деятельностью. С 1945 г. вел в МАТИ им. К.Э.Циолковского специальный курс «Термическая обработка цветных металлов» для студентов 4-го и 5-го курсов. При его участии и с его помощью был снят фильм «Исследование процессов кристаллизации под микроскопом», который рекомендован Министерством высшего и среднего специального образования в качестве учебного пособия для машиностроительных и металлургических вузов. Он – почетный доктор МАТИ-РГТУ им. К.Э.Циолковского.

В 1980-х–1990-х годах И.Н.Фридляндер был председателем секции Государственного комитета СССР по присуждению Ленинских и Государственных премий, заместителем Президента Международной ассоциации академий наук России, Украины, Белоруссии, Казахстана (МАН), заместителем

председателя Научного совета АН СССР по конструкционным материалам для новой техники.

С 1994 до 2008 гг. И.Н.Фридляндер от Российской академии наук входил в Международный комитет по алюминиевым сплавам, который каждые два года проводит поочередно в различных странах систематические научные конференции, охватывающие все проблемы – от фундаментальных основ металловедения, производства (от литья и шихты) до применения в различных отраслях (авиации, автомобилестроении и др.). Участниками конференций и членами Комитета были самые известные ученые и специалисты, среди которых американские три «S» (Starke E.A. – председатель, проф. Виргинского университета, Staley J.T. – главный металлург крупнейшей алюминиевой компании Alcoa, Sanders T.H. – проф. Университета штата Джорджия), французские – крупнейший теоретик Guinier A. (открывший механизм упрочнения алюминиевых сплавов – зоны Гинье-Престона) и Dubost B. (от известной компании Rechiney), английский проф. Harris S. (Ноттингемский университет), японские – Murakami Y., Kabayashi T., Sato T. (возглавлявшие структурные исследования).

Благодаря контактам и деятельности И.Н.Фридляндера в Международном комитете, признанию его заслуг, специалисты ВИАМ и других организаций России полноправно общаются и участвуют с докладами на конференциях по алюминиевым сплавам (в США, Франции, Японии, Германии, Великобритании, Канаде, Австралии).

В 2008 г. научная общественность отметила 95-летие со дня рождения выдающегося ученого. В ВИАМе прошло торжественное заседание отделения Химии и наук о материалах РАН и научно-технического совета ВИАМ.

В настоящее время школа И.Н.Фридляндера, его многочисленные ученики и соратники ведут перспективные и уникальные исследования, сохра-

няя более чем полувековые традиции, способствуют развитию мировой и российской науки и техники.

За высокие достижения в освоении новых видов изделий и материалов и многолетнюю творческую работу при проведении исследований в области авиации Иосиф Наумович Фридляндер награжден орденом Октябрьской революции, двумя орденами Трудового Красного Знамени, двумя орденами «Знак Почета», орденом «За заслуги перед Отечеством» III степени. Он является лауреатом Ленинской премии, Государственных премий СССР и Российской Федерации, премии Совета Министров СССР, награжден Почетной грамотой правительства РФ. В 2005, 2006, 2007 гг. фондом Содействия отечественной науке И.Н.Фридляндеру присвоены гранты по номинации «Выдающиеся ученые Российской академии наук».

Иосиф Наумович Фридляндер в жизни был интересным незаурядным человеком, любил спорт. Во время учебы в МВТУ им. Н.Э.Баумана он входил в состав сборной команды института по волейболу и выступал на первенстве Москвы. Он был общительным, веселым человеком, заражавшим своим энтузиазмом всех окружающих.

В 2005 г. в издательстве «Наука» вышла книга И.Н. Фридляндера «Воспоминания о создании авиакосмической и атомной техники из алюминиевых сплавов». Написанная легким, ярким языком, она отражает и драматические события, и веселые истории, сложные взаимоотношения в мире науки при создании и эксплуатации авиаракетной техники. Книга пользуется успехом у специалистов, историков, литераторов.

Статья подготовлена по материалам буклета «Фридляндер Иосиф Наумович. 100 лет со дня рождения выдающегося ученого и организатора науки» / Под общ. ред. акад. РАН Е.Н.Каблова. М.: ФГУП «ВИАМ», 2013.

**НОВОЕ СЕМЕЙСТВО ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ СОЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ
ДЛЯ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ, в т.ч. ДЛЯ ГОРНОЙ МЕСТНОСТИ
(«ПРОЕКТ 334Х»)**

**Некоторые планируемые технические характеристики
базового грузопассажирского автомобиля**

Наименование параметра	Показатель
Колесная формула	6 x 6
Количество пассажирских мест + водитель	8 + 1
Грузоподъемность, кг	1235
Снаряженная масса, кг	3200
Полная масса, кг	5200
Размеры (Д x Ш x В), мм	5950 x 2100 x 2400
Колесная база, мм	2500
База задней тележки, мм	1060
Мощность двигателя, кВт (л.с.)	111,5 (145)
Максимальная скорость, км/ч, не более	100

Тип трансмиссии:

механическая,
с отключаемой задней осью
и межосевым блокируемым
дифференциалом.

Кузов:

цельнометаллический, вагонной
компоновки; двери: водителя
и пассажира, сдвижная справа
и подъемная сзади.
В кузове организован
пассажирский салон на 7 мест
и грузовой отсек, отделенный
перегородкой.

Результаты проекта:

- обеспечение населения сельских территорий доступными грузопассажирскими автомобилями повышенной проходимости для перевозки людей и грузов, в т.ч. в горной местности;
- разработка конструкторской документации, постройка макетных (опытных) образцов, проведение испытаний, доводка и организация серийного производства;
- содействие социальному развитию сельских поселений путем поставки транспортных средств с новой совокупностью потребительских качеств для медицинского обслуживания, перевозки школьников в условиях бездорожья, оказания экстренной помощи и др.;
- разработка автомобилей, удовлетворяющих требованиям Технического регламента;
- создание рабочих мест как непосредственно в разных отраслях промышленного производства, так и в сфере торговли, сервиса, туризма и услуг;
- обеспечение мобильности населения, в том числе в горной местности.



**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ И ПРОЕКТНО-УЧЕБНАЯ
ЛАБОРАТОРИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО
НАЗНАЧЕНИЯ ФГБОУ ВПО МГАУ им. В.П. ГОРЯЧКИНА
т./ф. (499) 977-68-18**

**ООО «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
КОНСТРУКЦИЙ АВТОМОБИЛЕЙ» (ООО «НИИКА»)**

www.niika.ru

НОВОЕ СЕМЕЙСТВО ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ СОЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ, в т.ч. ДЛЯ ГОРНОЙ МЕСТНОСТИ («ПРОЕКТ 334Х»)

Разработчики: научно-исследовательская и проектно-учебная лаборатория транспортных средств сельскохозяйственного назначения ФГБОУ ВПО МГАУ им. В.П. Горячкина и ООО «НИИКА».

Цель разработки: содействие решению транспортных проблем на сельских территориях и социальных проблем, в т.ч. в горной местности, путем проведения комплексных НИОКР по разработке и созданию нового инновационного продукта в виде трехосных грузопассажирских автомобилей малой размерности.

Состояние проблемы:

- развитие сельских населенных пунктов и территорий напрямую зависит от уровня их транспортного обслуживания и наличия дорожной сети;
- дефицит современных, функциональных и доступных по цене миллионам жителей автомобилей ощущается во всех хозяйствах от мелких до крупных;
- более 40 тыс. населенных пунктов в России не имеют подъездных дорог, т.е. доступа к дорогам с твердым покрытием.



**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ И ПРОЕКТНО-УЧЕБНАЯ
ЛАБОРАТОРИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО
НАЗНАЧЕНИЯ ФГБОУ ВПО МГАУ им. В.П. ГОРЯЧКИНА
т./ф. (499) 977-68-18**

**ООО «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
КОНСТРУКЦИЙ АВТОМОБИЛЕЙ» (ООО «НИИКА»)**

www.niika.ru



12-15 ноября 2013

Москва, ВВЦ, пав. 69, 75

19-я Международная промышленная выставка

Металл-Экспо'2013



Международная выставка
металлопродукции и металлоконструкций
для строительной отрасли

МеталлСтройФорум'2013



Международная выставка
оборудования и технологий
для металлургии и металлообработки

МеталлургМаш'2013



Международная выставка
транспортных и логистических
услуг для предприятий ГК

МеталлТрансЛогистик'2013

www.metal-expo.ru



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

Генеральный информационный партнер:
специализированный журнал «Металлоснабжение и сбыт»