

## ПРОГРЕСС ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ И ПРОИЗВОДСТВА СВАРОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ В КНР (Обзор)

Академик НАН Украины **И. К. ПОХОДНЯ**, **А. С. КОТЕЛЬЧУК**, канд. техн. наук  
(Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Приведены данные о развитии черной металлургии и производства сварочных материалов за последнее десятилетие в КНР. Проанализированы составляющие успешного роста производства стали и сварочных материалов в этой стране.

*Ключевые слова:* черная металлургия, сталь, сварочные материалы, динамика производства, организационная структура

В 2009 г. в ИЭС им. Е. О. Патона был проведен украинско-китайский семинар, на котором были заслушаны доклады сотрудников ИЭС им. Е. О. Патона, а также доклад профессора Тянь Жилиня, заместителя директора по научной работе группы предприятий «Китайский научно-исследовательский институт железа и стали» о развитии черной металлургии и производства сварочных материалов в КНР. По материалам этого сообщения [1], а также данным работы [2] подготовлена настоящая статья.

**Черная металлургия.** После основания КНР производство стали в этой стране росло сравнительно невысокими темпами, начиная со 158 тыс. т в 1949 г. до 100 млн т в 1996 г. Последующие 12 лет были периодом стремительного развития черной металлургии. В 2008 г. предприятиями КНР было произведено около 500 млн т стали, что составило примерно 39 % мирового производства (рис. 1). Такой рост производства чугуна и стали обусловлен быстрым развитием экономики и возрастанием потребностей в первую очередь внутреннего рынка. Потребление стали предприятиями КНР в 2006 г. составило 442,5 млн т, при этом доля металлургии достигла 8 % валового внутреннего продукта. Прогресс был обусловлен прежде всего масштабной модернизацией основных фондов и созданием современного металлургического производства. В таблице приведены данные о масштабах обновления оборудования для производства чугуна и стали. Большое внимание уделялось внедрению энергосберегающих технологий. К 2006 г. были введены в эксплуатацию 44 установки сухого тушения кокса. За счет использования коксового газа ежегодно вырабатывается 2,6 млрд кВт·ч электроэнергии,

а в результате утилизации доменного газа — 3,6 млрд кВт·ч.

К 2006 г. эксплуатировались 10 парогазовых энергетических установок, которые позволяют ежегодно перерабатывать 300 млрд м<sup>3</sup> газа и производить около 10 млрд кВт·ч электроэнергии.

Широко используются передовые металлургические технологии: вдувание пылевидного угольного топлива в доменные печи, набрызгивание шлака на огнеупорную кладку конвертеров, непрерывная разливка стали, горячая загрузка слитков и непрерывная прокатка. За период с 1990 до 2006 гг. доля заготовок, получаемых на ма-

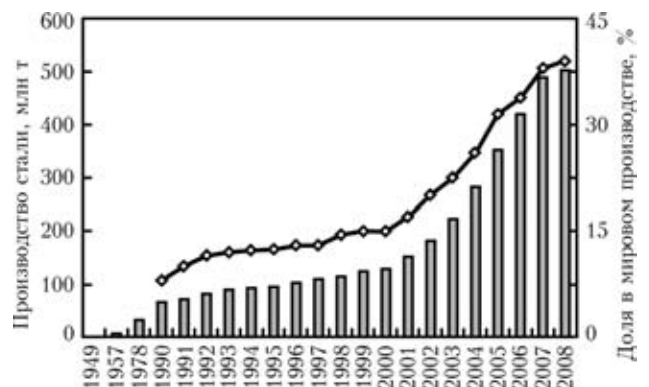


Рис. 1. Производство (столбцы) стали и ее доля в мировом производстве (кривая) в КНР в 1949–2008 гг.

### Показатели обновления основных фондов производства чугуна и стали

Металлургические установки (объем, тоннаж)		2002		2006	
		Количество	Мощность, тыс. т	Количество	Мощность, тыс. т
Доменные печи	≥ 3000 м <sup>3</sup>	3	9300	12	35760
	2000...2999 м <sup>3</sup>	17	31490	37	700090
<b>Всего</b>		<b>20</b>	<b>40790</b>	<b>49</b>	<b>105850</b>
Кислородные конвертеры	≥ 300 т	3	8190	3	8190
	100–299 т	32	48190	91	124640
<b>Всего</b>		<b>35</b>	<b>56380</b>	<b>94</b>	<b>132830</b>
Электродуговые печи	≥ 100 т	7	6730	14	11860



шинах непрерывного литья, увеличилась с 25 до 99,7 %, а вдувание пылевидного угля возросло в среднем с 50 до 135 кг на тонну выплавляемого чугуна. Набрызгивание шлака на огнеупорную кладку позволило увеличить срок эксплуатации конвертеров в среднем с 700...800 до 10 тыс. плавов. Среднее потребление энергии снизилось примерно в 2 раза — с 1611 до 734 кг угольного эквивалента.

В сравнении с 2000 г. достигнут заметный прогресс в утилизации отходов и внедрении оборотного водоснабжения. Выброс отработанных газов снизился с 18,7 в 2000 г. до 16,1 м<sup>3</sup>/т выплавляемого металла в 2004 г., выброс SO<sub>2</sub> уменьшился почти вдвое — с 6,1 до 3,2 кг/т, а повторное использование воды достигло 92 %.

В 2006 г. по сравнению с 2000 г. резко возросла доля толстолистного проката и холоднокатаного листа, металла с гальваническим покрытием, кремнистых сталей, бесшовных труб. Сортамент проката, выпускаемого в КНР в 2000 и 2006 гг. (тыс. т), соответственно составляет: рельсы 1580 и 3340 (прирост 111,4 %); крупный сортовой прокат 3600 и 9170 (154,7); толстолистовой прокат 17440 и 85420 (389,8); холоднокатаный лист 4950 и 26050 (426,3); металл с гальваническим покрытием 3280 и 16250 (395,4); кремнистая сталь 640 и 3300 (415,6); бесшовные трубы — 4150 и 14840 (257,6). Внедряются технологии, обеспечивающие повышение чистоты металла. Доля обрабатываемого металла достигла в 2006 г. 65 %. В этом же году было произведено 83 млн т арматурной стали, при этом доля арматурной стали класса прочности III составила 12,5 %. Технология производства стали такого класса предусматривает комплексное легирование ванадием и азотом, ниобием. Для получения ультрамелкозернистой стали применяется технология, использующая инициированное деформацией ферритное превращение.

Разрабатываются стали нового поколения с пределом текучести до 400 МПа, высокопрочные стали с пределом прочности до 800 и до 1500 МПа. Требуемые механические свойства таких сталей достигаются за счет обеспечения их высокой чистоты и однородности, а также ультрамелкозернистости (размер зерна около 2 мкм).

В связи с развитием автомобилестроения в Китае созданы холоднокатаные стали глубокой вытяжки, высокопрочные стали нескольких типов: низкоуглеродистые и улучшенные высокопрочные стали. Доля поставок горячекатаной листовой стали китайского производства для автомобильной промышленности в 2005 г. составила 87, а холоднокатаной — 62 %.

Разработаны стали для магистральных трубопроводов класса прочности X80, X100 и X120. Ведется строительство самого длинного в мире тру-

бопровода из стали класса прочности X80 — трубопровод «Запад–Восток» II, длина которого достигнет 7000 км. Для его строительства применяются спиральношовные трубы китайского производства диаметром до 1219 мм при толщине стенки 18,4 мм. Разработанная сталь класса прочности X80 обеспечивает энергию удара на уровне 368 Дж при -40 °С; доля вязкой составляющей в изломе SA (DWTT) не менее 90 % при -15 °С. Такие стали характеризуются низким содержанием углерода (примерно 0,03 мас. %), применяются легирование ниобием (около 0,10 мас. %) и прокатка, инициирующая образование феррита при деформации.

Развивается производство нержавеющей сталей. В 2006 г. объем их производства достиг 5,3 млн т [1], в 2008 г., несмотря на падение производства в сравнении с 2007 г. на 3,6 %, — 6,9 млн т, что составило 27 % мирового производства нержавеющей сталей [3]. Ведутся разработки сталей, легированных азотом на уровне до 0,7 мас. %, которые обеспечивают предел текучести не менее 600 МПа и предел прочности 1000 МПа.

Приведенные данные свидетельствуют о невиданном прогрессе черной металлургии в КНР. Большая часть произведенного стального проката реализуется на внутреннем рынке. Так, в 2006 г. Китай произвел 467 млн т стали, при этом экспортировал 43 млн т, а импортировал всего 18,5 млн т. Собственное потребление составило 442,5 млн т. Поэтому мировые кризисные явления слабо отразились на металлургической промышленности КНР.

**Производство сварочных материалов.** В последнее десятилетие производство сварочных материалов в КНР интенсивно развивалось и в 2006 г. в сравнении с 1996 г. увеличилось более чем в 4 раза (рис. 2). Изменилась и структура выпускаемой продукции. Доля проволоки сплошного сечения для механизированной сварки в защитных газах увеличилась в несколько раз, производство покрытых электродов для ручной дуговой сварки сократилось, а доля материалов для сварки под флюсом сохранилась на прежнем уровне и стабильно составляет примерно 10...12 % (рис. 3).

Динамика производства порошковых проволок представлена на рис. 4. Изначально производство порошковых проволок в КНР было организовано в 1995 г. по лицензии ИЭС им. Е. О. Патона. Производительность линии составляла 1000 т в год. За десятилетие объемы производства порошковых проволок увеличились во много раз и в 2006 г. составили около 120 тыс. т. Специалисты КНР должным образом оценили преимущества сварочных материалов этого вида. По их прогнозам к 2015 г. общее производство сварочных материалов в Китае достигнет 3,5...4,0 млн т, при этом доля покрытых

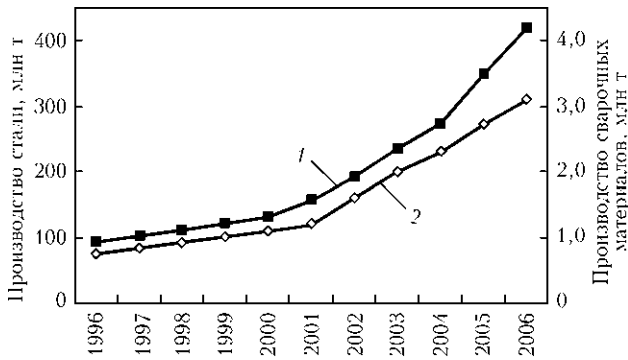


Рис. 2. Производство стали (1) и сварочных материалов (2) в КНР в 1996–2006 гг.

электродов для ручной дуговой сварки снизится до 22 %, доля проволоки сплошного сечения для сварки в CO<sub>2</sub> возрастет до 50 %, а порошковых проволок — до 15 %. Доля материалов для сварки под флюсом будет оставаться на уровне 12 %, а доля материалов для сварки неплавящимся электродом составит около 1 %.

**Группа предприятий «Китайский научно-исследовательский институт железа и стали».** Группа предприятий «Китайский научно-исследовательский институт железа и стали» (China Iron & Steel Research Institute Group — CISRI) была основана в декабре 2006 г. и утверждена Комиссией по контролю и управлению активами (Assets Supervision and Administration Commission — SASAC). CISRI образовалась в результате слияния ранее существовавшего Центрального научно-исследовательского института железа и стали (Central Iron & Steel Research Institute), а также Научно-исследовательского и проектно-конструкторского института автоматизации металлургической промышленности (Automation Research and Design Institute of Metallurgical Industry), активы которых в 2006 г. оценивались на уровне 6,6 млрд юаней (около 900 млн дол. США) [2].

Как одно из первых 103 опытных инновационных предприятий CISRI является научно-исследовательской базой для разработки металлических материалов, инновационной базой для ключевых технологий металлургической промышленности, а также уполномоченным агентством по анализам и испытаниям для металлургии.

CISRI имеет 10 национальных инженерных исследовательских центров, включая Национальный инженерный исследовательский центр передовой технологии стали (National Engineering Research Center of Advanced Steel Technology), Национальный инженерный исследовательский центр технологии непрерывного литья (National Engineering Research Center of Continuous Casting Technology), Национальный инженерный исследовательский центр аморфных и нанокристаллических сплавов (National Amorphous & Nanocrystalline Alloy Engineering Research Center), Национальный инже-

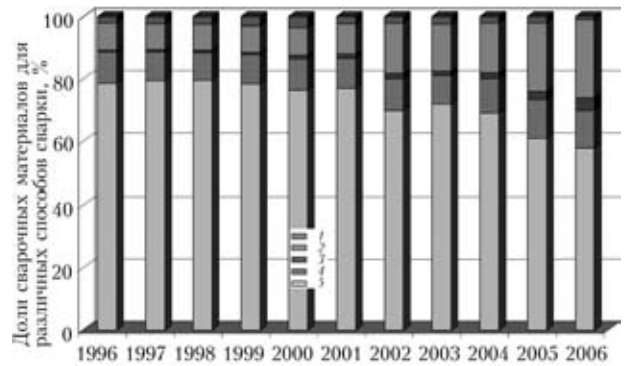


Рис. 3. Структура производства сварочных материалов в КНР в 1996–2006 гг.: 1 — материалы для дуговой сварки неплавящимся электродом; 2 — проволока сплошного сечения для сварки в защитных газах; 3 — порошковая проволока; 4 — материалы для сварки под флюсом; 5 — покрытые электроды для ручной дуговой сварки

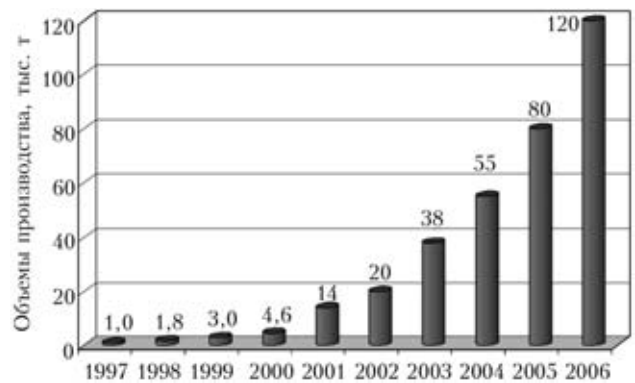


Рис. 4. Динамика производства порошковых проволок в 1997–2006 гг.

нерный исследовательский центр автоматизации в металлургической промышленности (National Engineering Research Center of Metallurgical Industry Automation) и т. д.

С целью продвижения крупномасштабных и международных проектов и продуктов в промышленности CISRI быстрыми темпами проводит разработки новых материалов, технологий автоматизации, прикладных технологий, выполняет разработки в приборостроительной и аналитической области. На рис. 5 приведена структура предприятий и организаций, входящих в группу CISRI. С целью ускорения реализации результатов исследований и разработок CISRI организовал ряд акционерных обществ с ограниченной ответственностью. Первоначально были образованы две фирмы: «Передовые технологии и материалы» (Advanced Technology and Materials Co., Ltd.) и «Пекинская компания систем интеллектуального управления АриТайм» (Beijing AriTime Intelligent Control Co., Ltd.), а затем еще ряд предприятий высоких технологий, таких, как «Высокотехнологическая группа предприятий новой металлургии» (New Metallurgy Hi-tech Group Co., Ltd.) и «Материалы и технологии Гаона» (Gaona Materials & Technology Co., Ltd.) [2].

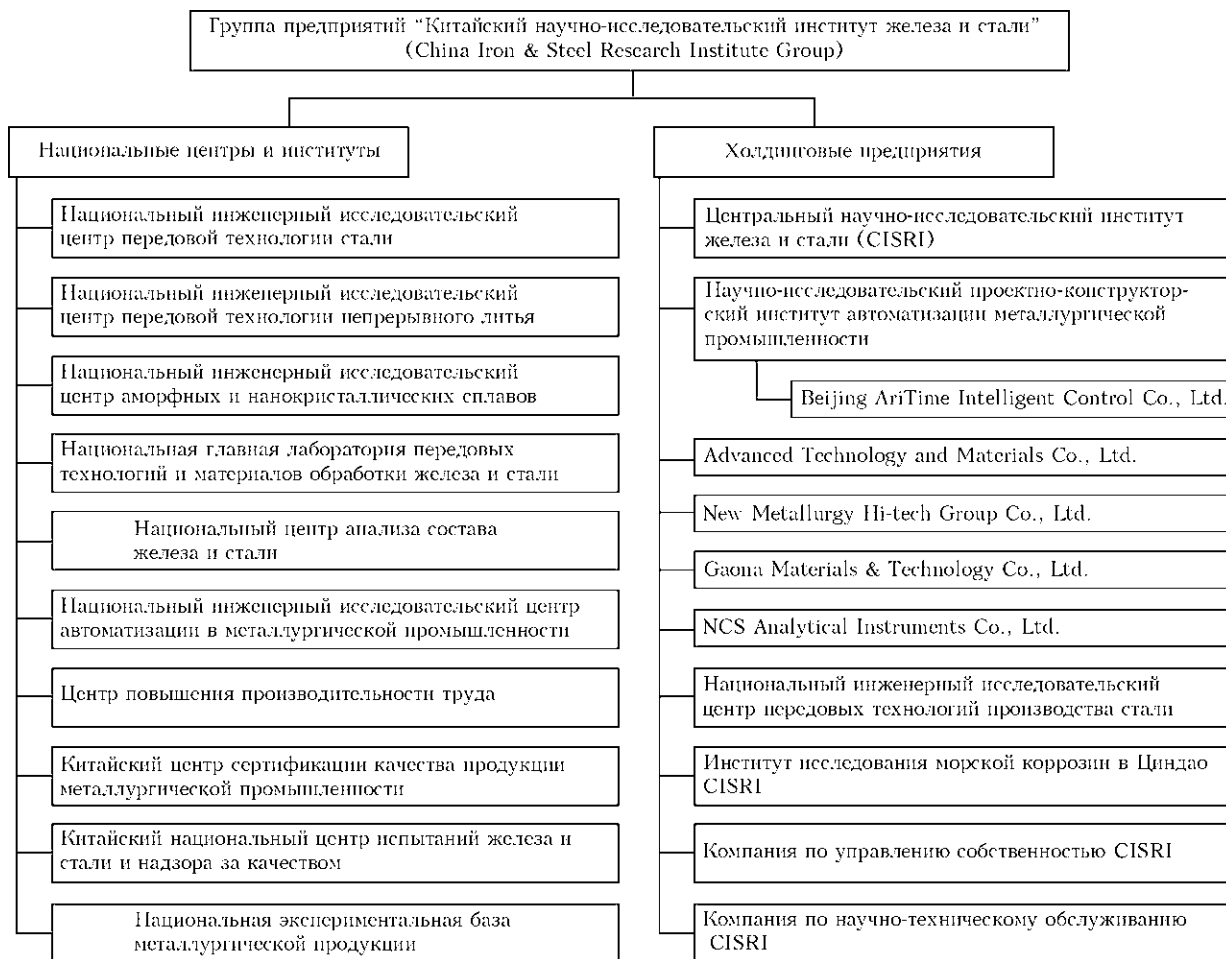


Рис. 5. Институты, инженерные центры и предприятия группы CISRI

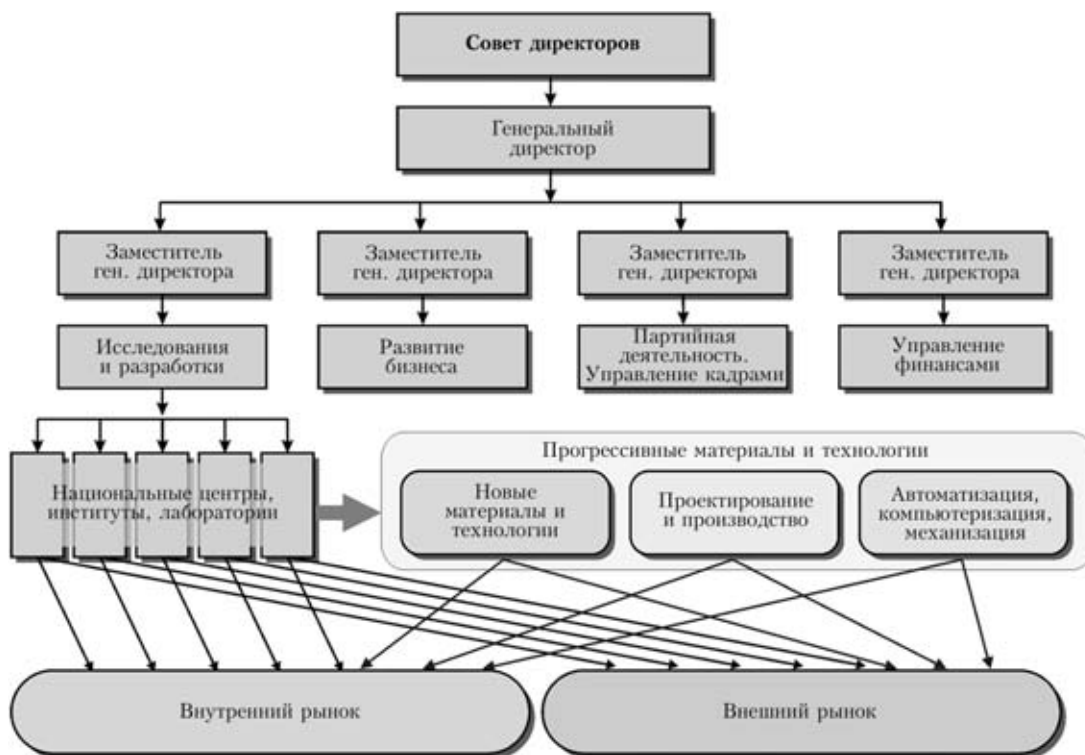


Рис. 6. Организационная структура CISRI

В CISRI работает приблизительно 5800 сотрудников, из них 2800 — штатные, а около 3000 — временно работающие по контрактам. Именно временно работающие являются постоянным резервом для пополнения штата института. В 2007 г. годовой бюджет CISRI составлял около 500 млн дол. США. Основные источники финансирования — государственный бюджет (около 10 %), заказы государственных промышленных предприятий (примерно 30 %) и средства от реализации собственных разработок (примерно 60 %).

Организационная структура института CISRI приведена на рис. 6. Проведенная в 2006 г. ре-

организация способствовала повышению эффективности научных исследований, ускорению внедрения результатов исследований и разработок в промышленность.

1. *Zhiling T.* Progress of Chinese steel industry & evolution of welding consumables // Proc. of Joint Ukrainian-Chinese Seminar. — Kiev, 2009, 25 June. — 35 p.
2. *China Iron & Steel Institute Group.* Organisation. — <http://www.cisri.com/en/sta.org.php>.
3. *World stainless steel output falls by 6,9% — China Mining* // <http://www.chinamining.org/News/2009-03-13/123690966d22451.html>.

The paper presents the data on development of ferrous metallurgy and welding consumables manufacturing in China during the last decade. Components of successful growth of steel and welding consumable production in this country have been analyzed.

Поступила в редакцию 20.01.2010



## X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ-ВЫСТАВКА «КОРРОЗИЯ - 2010»

8–10 июня 2010

г. Львов ФМИ НАН Украины

### Тематика конференции

- ✧ фундаментальные аспекты коррозии и коррозионно-механического разрушения
- ✧ водородная и газовая коррозия
- ✧ новые коррозионно-стойкие материалы
- ✧ газотермические, гальванические и другие покрытия
- ✧ ингибиторная и биоцидная защита
- ✧ электрохимическая защита
- ✧ методы исследований и коррозионный контроль
- ✧ противокоррозионная защита оборудования нефтегазовой промышленности
- ✧ противокоррозионная защита энергетического и химического оборудования
- ✧ коррозия и экономические проблемы
- ✧ проблемы подготовки специалистов-коррозионистов.

Тел./факс: (031) 263-15-77

E-mail: [corrosion2010@ipm.lviv.ua](mailto:corrosion2010@ipm.lviv.ua)

<http://www.corrosion2010.ipm.lviv.ua>