

В.Д. Шалимов, А.В. Кекух, В.А. Поляков, А.П. Стовпченко

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА И РЫНКА ЛЕГИРОВАННОЙ КАТАНКИ НА УКРАИНЕ

*Наведені результати досліджень, які виконані в ході організації широкого промислового виробництва катанки з складнолегованих низькосірчастих сталей, які містять молибден, нікель і цирконій, в умовах конвертерного цеху комбінату «Криворіжсталь». Обґрунтовані ефективні організаційно-економічні рішення, які дозволили в короткий термін освоїти раціональні технології виплавки легованих зварювальних сталей і прокатки катанки, призначеної для виготовлення зварювальних матеріалів для зварювання особливо відповідальних конструкцій.*

*Приведены результаты исследований, выполненных в ходе организации широкого промышленного производства катанки из сложнолегированных низкосернистых молибден, никель и цирконий содержащих сталей в условиях конвертерного цеха комбината «Криворожсталь». Обоснованы эффективные организационно-экономические решения позволившие в короткий срок освоить рациональные технологии выплавки легированных сварочных сталей и прокатки катанки, предназначенной для изготовления сварочных материалов для сварки особо ответственных конструкций.*

*Researches results at organization of wide commercial output of rod wire from complex alloyed (by molybdenum, nickel and zirconium) low sulfur steels in the conditions of converter workshop of the “Krivorozstahl” metallurgical work were described. Effective management-economic decisions allowing in short while to master the rational technologies of the alloyed welding steels melting and of rolling the rod wire which is intended for manufacture of welding materials for of especially responsible constructions welding were grounded.*

### Введение

Основными задачами черной металлургии в целом на современном этапе являются ресурсосбережение, повышение качества металлопродукции и разработка, освоение новых марок стали и технологий их производства, позволяющих экономить легирующие материалы, особенно, дорогостоящие импортируемые (никель, ферромолибден и др.). Помимо этого задачей динамично развивающегося предприятия является и расширение сортамента производимой продукции, увеличение объема производства и сбыта новой продукции, особенно, в направлении насыщения и развития внутреннего рынка.

В 90-х годах в Украине возникла острая необходимость в обеспечении трубной и судостроительной промышленности, машино- и мостостроения новыми видами металлопродукции, в частности, легированной сварочной проволокой из низкосернистых сталей композиций марганец-молибден, марганец-никель, марганец-молибден-никель, марганец-кремний-никель-титан и марганец-кремний-цирконий. Для снижения импортной зависимости отечественных трубных и других предприятий, выполнения

заказов государственного значения необходимо было наладить выпуск этих сталей в Украине.

### Состояние проблемы

Обычно в мировой практике эти стали производят в электропечах с максимальной утилизацией легирующих элементов стратегической группы (никеля и молибдена) из легированных отходов и разливкой в слитки малой массы или на установках непрерывной разливки стали.

Используя накопленный опыт по производству катанки для сварочной проволоки из низкосернистых сталей марок Св-08Г2СЦ, Св-14Г2Сч, Св-08АА ученые Института черной металлургии НАН Украины, Института электросварки им. Е.О. Патона совместно со специалистами комбината «Криворожсталь» и ряда метизных предприятий Украины разработали, освоили и внедрили технологию производства катанки и сварочной проволоки из никель-молибденсодержащих сталей марок Св-08Г1НМА, Св-10НМА, Св-08ГСНТ, Св-08ГСМТ, Св-10ГН, Св-08ГМ, Св-08ХМ, Св-08Г2СЦ, Св-12ГСЦА (таблица 1).

Таблица 1

Химический состав сталей для легированных сварочных проволок

Марка стали	Массовая доля элементов, %											
	C	Mn	Si	S	P	Ni	Mo	Cr	Cu	Ti	Zr	Al
	не более или в пределах											
Св-08Г1НМА	0,09	1,0-1,5	0,20-0,45	0,015	0,020	0,50-0,70	0,60-0,85	0,30	0,25	-	-	0,05
Св-08ГМ	0,09	0,9-1,3	0,20-0,40	0,015	0,020	0,30	0,50-0,70	0,30	0,25	-	-	-
Св-08ХМ	0,05-0,10	0,35-0,60	0,12-0,40	0,025	0,020	0,30	0,50-0,70	0,85-1,25	0,25	-	-	-
Св-10ГН	0,12	0,90-1,20	0,15-0,35	0,025	0,030	0,90-1,20	-	0,20	0,25	-	-	-
Св-10НМА	0,07-0,12	0,40-0,70	0,12-0,35	0,025	0,020	1,00-1,50	0,40-0,55	0,20	0,25	-	-	-
Св-08ГСНТ	0,12	1,40-1,80	0,60-0,90	0,030	0,030	0,80-1,20	-	0,30	0,25	0,05-0,12	-	-
Св-08ГСМТ	0,06-0,11	1,00-1,30	0,40-0,70	0,025	0,030	0,30	0,20-0,40	0,30	0,25	0,05-0,12	-	-
Св-08Г2СЦ	0,05-0,12	1,60-2,10	0,70-1,00	0,025	0,030	0,25	-	0,20	0,25	-	0,10	-
Св-12ГСЦА	0,14	1,35-1,75	0,70-1,10	0,015	0,030	0,25	-	0,20	0,25	-	0,05-0,15	0,02-0,15

Эти сварочные проволоки широко используют при изготовлении газонефтепроводных труб высокого давления (Св-08Г1НМА, Св-08ГМ, Св-08ХМ), корпусов крупнотоннажных судов (Св-08ГСНТ, Св-08ГСМТ, Св-10ГН), сварных конструкций мостов (Св-10НМА) и других особо ответственных конструкций (Св-08Г2СЦ, Св-12ГСЦА).

Организация широкого промышленного производства этих сталей в условиях комбината «Криворожсталь» оказалась сложной научно-технической задачей и организационно-экономической, что определялось следующими факторами:

- впервые в Украине нужно было осуществить выплавку в конвертерах сложных марок стали легированных тугоплавкими элементами с большим количеством контролируемых параметров по химическому составу в металле без наличия средств внепечной обработки и непрерывной разливки стали;
- необходимостью обеспечения узких марочных пределов содержаний основных элементов и пониженных концентраций серы и фосфора,
- использованием при выплавке стали остродефицитных и дорогостоящих элементов стратегической группы, к которым относят молибден, никель и цирконий;
- сведением к минимуму потерь этих легирующих ферросплавов путем организации сбора образующихся на всех переделах отходов для целенаправленной их к утилизации
- большим числом одновременно осваиваемых марок стали за непродолжительный период времени.

Выполненные промышленные исследования по разработке и освоению технологии выплавки молибден, никель и цирконий содержащих сталей определили следующие особенности разработанной ресурсосберегающей технологии производства новых сталей:

- использование в шихтовке плавки глубоко обессеренного (менее 0,010% серы) чугуна (с тщательным скачиванием шлака из чугуновозных ковшей) и оборотных отходов соответствующих марок стали;
- ввод в завалку конвертерной плавки ферромolibдена и/или ферроникеля из расчета получения содержания молибдена и никеля в полупродукте близком к нижнему марочному пределу в стали;
- обеспечение содержания углерода в металле перед выпуском не более 0,05%;
- использование (при необходимости) корректирующих добавок ферромolibдена и/или ферроникеля, вводимых в конвертер не позднее, чем за 10 минут до конца продувки металла кислородом;
- -стабилизация массы плавки за счет тщательного взвешивания металлошихты и добавок;
- сбор, маркировка, отдельное транспортирование, хранение и использование строго по назначению легированной обрезки, брака и других отходов.

Для организации широкого промышленного внедрения технологии выплавки, разливки, прокатки заготовок на катанку диаметром 5,5 и 6,5 мм новых сталей необходимо было решить ряд организационно-технических мероприятий, связанных в первую очередь, с поставкой на комбинат малых партий лигатур. Кроме того, учитывая дороговизну используемых ферросплавов, было признано необходимым привлечение ученых Институт черной металлургии НАН Украины для обязательного авторского контроля при сопровождении технологических процессов выплавки, разливки и прокатки легированных сталей, что позволило свести к минимуму вероятность получения готовой продукции с отклонениями от требований стандартов.

### Результаты выполненных исследований и экономических расчетов

Технологической инструкцией по выплавке и легированию молибден и никельсодержащих сталей на КГГМК «Криворожсталь» предусмотрен обязательный учет содержания легирующих элементов в оборотном ломе. Это позволяет избежать накопления примесей цветных металлов в сталях рядовых марок и позволяет снизить расход легирующих ферросплавов. Так, технология выплавки сталей Св-10НМА, Св-08Г1НМА, Св-10ХМ предусматривает использование в среднем 15-30% оборотного лома соответствующей марки стали в металлошихте конвертерной плавки, что обеспечивает значительную экономию дорогостоящих и дефицитных в Украине ферромolibдена и никеля (до 1 кг на тонне выплавляемой стали) и позволяет снизить себестоимость тонны легированной стали в среднем на 5-8 долл. США.

Представляет интерес оценить эффективность использования собственного оборотного лома, содержащего никель и молибден при выплавке стали (в качестве примера возьмем марку Св-10Г1НМА). С этой целью определим приращение приведенного энергосодержания легированного лома за счет наличия в нем никеля и молибдена, как сумму гипотетических затрат на восстановление их из высших окислов с учетом содержания в сплаве по известной методике (Ю.С. Паниотов).

Тепловой эффект реакций образования окислов NiO и MoO<sub>2</sub> составляет по данным разных источников 0,24 и 0,54 МДж/моль металла, соответственно, и, следовательно, суммарное приращение внутреннего энергосодержания лома может быть представлено, как:

$$\Delta Q = \frac{10}{A_{Ni}} [\%Ni] (1/2 \Delta H_{298(NiO)}^\circ) + \frac{10}{A_{Mo}} [\%Mo] (\Delta H_{298(MoO_2)}^\circ)$$

При среднем содержании никеля 0,6% и молибдена 0,77 %, приращение приведенного энергосодержания оборотного легированного составит

$$\Delta Q = 0,041 \cdot 0,6 + 0,056 \cdot 0,77 = 0,0677 \text{ МДж / кг лома}$$

Полученная величина сопоставима со значением полного энергосодержания лома 0,2 МДж/кг и 6,9 МДж/кг, проводимым в литературе, что свидетельствует о существенном приращении энергосодержания при наличии никеля и молибдена.

При освоении ресурсосберегающей технологии производства молибден и никельсодержащих сталей установлено, что в составе легирующих ферросплавов, а также легированного лома присутствуют в существенных количествах ценные попутные легирующие элементы – кобальт и вольфрам, наличие которых в стали должно учитываться при оценке качества и свойств металлопродукции. Кроме того, используемый для легирования стали ферроникель поставляется не по содержанию ведущего элемента – никеля, а по сумме содержаний никеля и кобальта. Это ведет к неоправданным издержкам в сталеплавильном производстве, поскольку

содержание кобальта в сталях обычно не определяется и в цене металлпродукции не учитывается.

Контрольным химическим анализом был оценен уровень содержания кобальта в пробах ферроникеля и вольфрама в ферромолибдене, используемых для легирования легированных сварочных сталей. Установлено, что их содержание колеблется от партии к партии и находится в пределах, указанных в таблице 2.

Таблица 2

**Содержание попутных элементов в легирующих ферросплавах**

Легирующий материал	Содержание элементов, %	
	Кобальт	вольфрам
Первичный никель	0,4-1,2	-
Ферроникель (30-35% Ni)	0,25-0,4	
Ферромолибден (60-64% Mo)	-	0,5-0,5

Естественно, что содержание попутных элементов в металле ковшевой пробы сварочных сталей определяется маркой стали и видом используемого легирующего материала (Таблица 3).

Таблица 3

**Содержание попутных легирующих элементов в легированных сварочных сталях**

Марка стали	Марочные пределы содержания, %		Легирующий материал	Содержание, %	
	никеля	Молибдена		кобальта	вольфрама
Св-08ГМ	-	0,5-0,7	ферромолибден	-	0,01-0,02
Св-08Г1НМА	0,5-0,7	0,6-0,85	ферроникель ферромолибден	0,05-0,07	0,01-0,03
Св-10НМА	1,0-1,5	0,4-0,55	ферроникель ферромолибден	0,07-0,09	0,01-0,03
Св-08ГСНТ	0,8-1,2	-	ферроникель	0,05-0,07	-
Св-10ГН	0,9-1,2	-	ферроникель	0,05-0,08	

Количества их, обнаруживаемые в легированных сварочных сталях (таблица 3), находятся на уровне, характерном для микролегирования, что не позволяет пренебрегать их влиянием. Кобальт и вольфрам влияют на структурные превращения в стали, проявляя свойства близкие к свойствам никеля и молибдена, соответственно. Учет их действия является и экономически важным, поскольку за несколько последних лет цены на никель возросли втрое, а на молибден – в пять раз. Полученные результаты подтвердили технико-экономическую целесообразность учета попутных элементов, вносимых легирующими материалами при производстве легированных сталей.

#### **Выводы и рекомендации**

На основе результатов выполненных исследований внесены изменения в технические условия на катанку и проволоку из легированных молибден

и никель содержащих сталей, регламентирующие учет кобальта и вольфрама, вносимых ферросплавами.

Разработанная технология обеспечила уменьшение расхода ферроникеля и молибденсодержащих лигатур на 3-6%, способствовала снижению себестоимости стали примерно на 3% без изменения качества и свойств металлопродукции.

Промышленная практика показала возможность производства молибден и никель содержащих сталей для сварочной проволоки в конвертерах с получением содержания легирующих близкого к нижним марочным пределам, что увеличило экономию ферроникеля (до 15%) и молибденсодержащих лигатур (до 8%) и обеспечило снижение себестоимости стали на 6-8%.

Немаловажно и то, что комбинат ежегодно увеличивает объемы производства катанки из сложнолегированных низкосернистых молибден, никель и цирконийсодержащих сталей для особо ответственных сварочных проволок, укрепля свой статус производителя качественных сталей и престиж торговой фирмы «Арселор Миттал стил Кривой Рог», выходя на рынок металла с конкурентоспособной продукцией.