

Статистичний аналіз геометричних параметрів відірваного елемента

Гірська порода	Гідростатичний тиск, МПа	Діаметр нижньої підстави, мм		Середньо квадратичне відхилення, мм	Похибка %
		експериментальний	аналітичний		
Вапняк	0,1	41,3	39,7	4,9	12,5
	1	37,0	38,5	1,9	5,0
	10	36,1	36,4	4,0	11,1
	40	33,5	36,7	2,9	7,9
Мармур	0	50,2	53,5	5,4	10,1
	1	62,2	53,2	4,3	8,2
	10	47,3	47,6	1,7	3,5
	40	41,7	43,3	2,9	6,6
Граніт	0	54,0	68,2	6,8	10,0
	1	54,0	53,7	6,1	11,3
	10	46,1	45,1	3,1	6,9
	40	58,7	58,5	5,3	9,0

Таким чином, за геометричними параметрами відірваного елемента, розрахованими за формулою (8) можна визначити критичне нормальне і дотичне напруження, що виникли в гірській породі при руйнуванні. Крім того за рівняннями (8) можна розрахувати геометричні параметри елемента за будь якого співвідношення нормальних та дотичних напружень.

Література.

- Деякі закономірності руйнування гірських порід / Н.А.Дудля, А.В.Пашенко, А.А.Пашенко // Науковий вісник НГАУ. – 1998 – №2. – С.81 – 85.
- Тимошенко С.П. Курс теорії пружності.– К.:Наукова думка, 1972.– 501с.

Надійшла 09.06.09

УДК 621.785.4: 622.24.051

А. Г. Богаченко¹, д-р техн. наук; **Ю. П. Линенко-Мельников²**, канд. техн. наук,
В. И. Мельник³

¹ Інститут електросварки ім. Е. О. Патона НАН України, г. Київ

² Інститут сверхтвердых материалов ім. В. Н. Бакуля НАН України, г. Київ

³ ЗАО «Ремдизель», г. Київ, Україна

**НОВЫЕ ЭКОНОМНОЛЕГИРОВАННЫЕ ЛИТЫЕ СТАЛИ
ДЛЯ КОРПУСОВ БУРОВЫХ КОРОНОК**

The technology of producing the sparsely-alloyed steels capable to quenching at a delayed cooling, has been developed on the basis of electroslag crucible melting of used drill bits. The new steels were tested in the production of cast bodies of drill bits.

Украина входит в десятку первых стран мира по запасам геологических богатств и объемы проходческих, добычных, строительных, аварийно-спасательных и смежных работ в

нашей стране были и остаются очень большими. Поэтому в Украине годовое потребление буровых коронок различной конструкции и различного назначения составляет сотни тысяч штук. При этом с течением времени четко действует правило: глубже, дальше и больше. Указанные факторы обуславливают непрерывный рост требований к эксплуатационным характеристикам буровых коронок при постоянном повышении цен на материалы для их изготовления.

Украинские и зарубежные специалисты активно вели и ведут работы по улучшению эксплуатационных характеристик буровых коронок. В основном, это новые методы разрушения горных пород, повышение качества твердосплавных вставок, их рациональное использование, оптимизация конструкции коронки, корпуса и т. п. Однако, недостаточно внимания уделяется разработке новых, в том числе экономнолегированных высококачественных сталей для корпусов коронок. Имеется ввиду, что корпус является не только несущей, но и работающей конструкцией. Это приобретает особую важность потому, что с увеличением глубины повышается крепость пород, значительно возрастает удельная нагрузка на корпус при использовании гидроударников и т. п.

Краткий анализ производства буровых коронок показывает следующее. Существует два способа соединения вставок со стальным корпусом – запрессовка и пайка. В Украине в основном используется пайка. Для коронок типа КНТУ применяются сталь 35ХГСА, припой Л63 и вставки типа В20 (фирмы «Vetek» с 10 % кобальта). Технология пайки предусматривает следующее обязательное условие – одновременный нагрев (до 900 – 960 °С) и изотермическую закалку в расплаве щелочи или селитры при температуре 260 – 300 °С трех резко отличающихся металлических материалов, объединенных в систему «стальной корпус – вставки – припой».

Изотермическая закалка в щелочной ванне необходима для придания высоких прочностных, вязкостных, пластических свойств и твердости корпусу из стали 35ХГСА (HRC = 42 – 47 в головной части и HRC = 45 – 50 – в хвостовой). Щелочь относится к жестким охлаждающим средам, не изменяющим своего агрегатного состояния. Поэтому самая большая скорость охлаждения имеет место при очень высокой температуре вставок – ~750 – 770 °С (рис.1) [1].

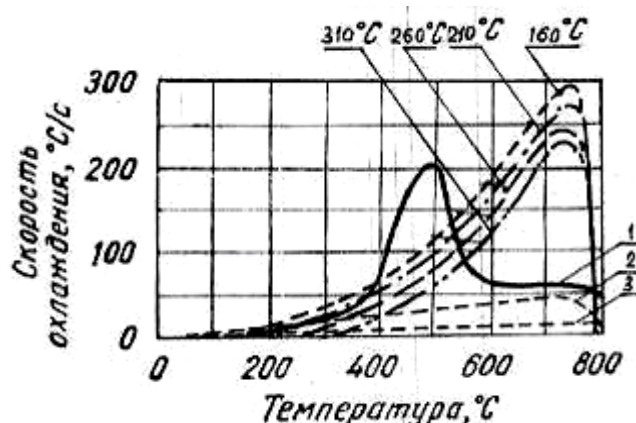


Рис. 1. Скорость охлаждения в различных закалочных средах [1], где: -- ···· – расплав солей при 160 °С, 210 °С, 260 °С и 310 °С; _____ 1 – минеральное масло; _____ 2 – обдув воздухом под давлением, 3 – без давления

Это обстоятельство предопределяет главный недостаток технологии пайки – при резком охлаждении (тепловом ударе) из-за низкой теплопроводности вставок в них формируется сложнапряженное состояние, обусловленное, во-первых, непосредственным контактом верхней части вставок со щелочью, во-вторых, тем, что цилиндрическая часть вставок защищена стальным корпусом и, следовательно, остывает значительно медленнее. Вследствие действия указанных напряжений циклическая прочность вставок может снижаться в несколько раз [2]. Отсюда следует, что для максимального сохранения исходного качества

вставок коронку после пайки следует охлаждать медленно (например, на воздухе или в более мягкой по сравнению со щелочью среде, например, в масле). Однако сталь 35ХГСА на воздухе не закаливается. При охлаждении в масле (более мягкой среде с изменяющимся агрегатным состоянием) невозможно обеспечить изотермическую выдержку и, следовательно, требуемую вязкость и пластичность стали 35ХГСА при указанной твердости, хотя напряжения во вставках будут ниже. Более того, в лезвийных вставках, спаянных с корпусом из стали 35ХГСА, при охлаждении на воздухе развиваются вредные напряжения растяжения. Только при более быстром охлаждении (в масле, тем более в щелочи) во вставках формируются напряжения сжатия (рис. 2) [2]. Изложенное в равной мере относится к углеродистым и низколегированным сталям, используемым для изготовления корпусов коронок (табл. 1).

Как известно, способностью к закалке на воздухе обладают легированные стали мартенситного класса (см. табл. 1). Также важно, что в лезвийных вставках, спаянных с корпусами из мартенситных сталей, независимо от скорости охлаждения всегда образуются полезные напряжения сжатия (рис. 3) [2]. Таким образом, использование мартенситных сталей для изготовления корпусов бурового инструмента полностью оправдано, но эти стали значительно дороже стали 35ХГСА. Этим в основном объясняется то, что мартенситные стали в Украине практически не используются.

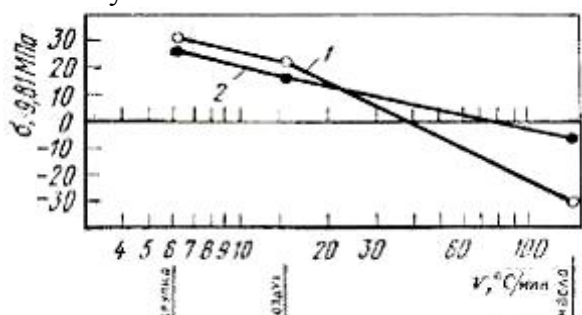


Рис. 2. Зависимости напряжений в поверхностном слое вставки, возникающих в процессе пайки со сталями 45ХН (1) и 35ХГСА (2,) от скорости охлаждения [2]

Таблица 1. Стали для корпусов буровых коронок

№ п/п	Марка стали	Источник или потребитель	Среда закалки	Ориентировочная стоимость 1 т, грн. (апрель 2009г.)
1	У8	[4]	Масло, вода	9,0
2	40 – 45ХН	ОАО «Кыштымское машиностроительное объединение», Россия		16,0
3	35ХГСА	Укрмашпром	Щелочь с изотермической выдержкой при температуре 300 °С	8,5
4	18Х2Н4В(М)А	ГОСТ 6086-75	Воздух, масло	24
5	20 – 25ХН3МА	«Сталь-трест», Россия		21
6	20Х2Н4А	ГОСТ6086-75		20,5
7	45ХНМФА	[2]	Воздух, масло	19
8	35Х2ГСМА	[2]		17,5
9	38ХН3МФА	ГОСТ 6086-75		23
10	38ХН3ВА	[2]		21

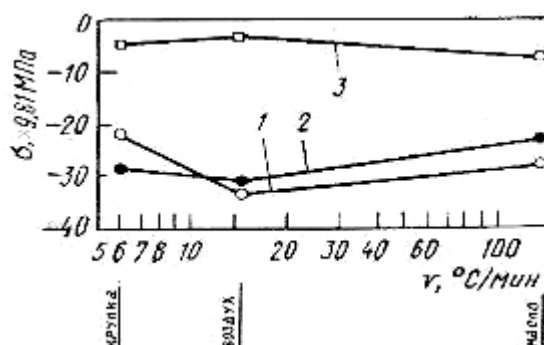


Рис. 3. Зависимости напряжений в поверхностном слое вставки, возникающих в процессе пайки со сталями 45ХНМФА (1), 38ХНЗВА (2) и 18Х2Н4ВА (3), от скорости охлаждения [2]

Цель настоящей работы явилась разработка новых экономнолегированных, высококачественных и недорогих сталей мартенситного класса, обеспечивающих высокие эксплуатационные и экономические показатели буровых коронок.

Анализ работы корпуса буровой коронки показывает следующее. В процессе бурения коронка совершает до 1200 ударов по породе, совершая при этом 40 – 120 оборотов в минуту.

В таких очень жестких условиях на корпус одновременно действуют несколько сил (рис. 4): осевые динамические (I), кручения (II) и изгиба (III), обуславливающие образование в корпусе сложных напряжений, которые суммируются с остаточными паяльными напряжениями в головной части коронки (IV) и напряжениями, обусловленными неоднородностью структуры и свойств по сечению и длине корпуса в результате термической обработки с быстрым охлаждением (V). В процессе бурения корпус постоянно контактирует со стенками шпура и частицами разрушенной породы, вследствие чего периферийные вставки и корпус в этих местах интенсивно изнашиваются. При образовании на вставках и корпусе обратного конуса (зона А на рис. 4) коронку заклинивает и корпус испытывает максимальный крутящий момент, что в предельном случае, приводит к разрушению корпуса в головной части либо в месте перехода головной части в хвостовую.

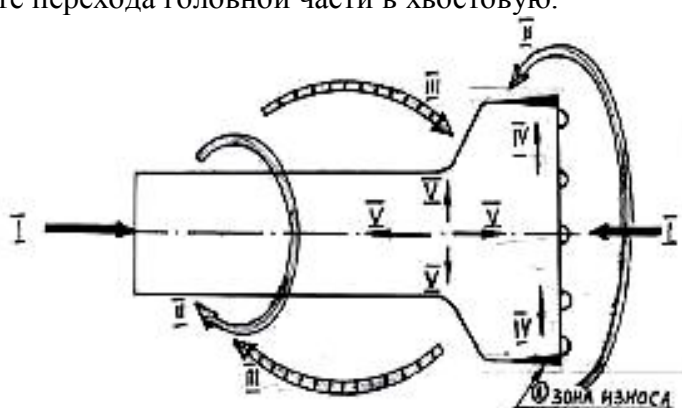


Рис. 4. Силы, действующие на корпус коронки при бурении

Таким образом, корпус должен отвечать следующим основным требованиям.

1. Длительно выдерживать знакопеременную циклическую нагрузку при прохождении через корпус основной ударной волны от перфоратора и пульсирующей волны, отраженной от породы.
2. Обеспечивать надежное удержание вставок, иметь высокую износостойкость и высокие упругие свойства для передачи энергии удара в породу с минимальными потерями и демпфирования волны, отраженной от породы.
3. Иметь высокую изотропность (однородность) всех свойств корпуса.
4. Иметь высокую прочность при действии изгибающих и крутящих усилий.

5. Иметь высокую прочность и твердость хвостовой части для восприятия ударов бойка и передачи крутящего усилия через байонетное соединение.

6. Иметь высокую конструктивную прочность или способность противостоять действию концентраторов напряжений в виде отверстий для воды, пазов, проточек, подрезов при механической обработке и т. п..

Другими словами, корпус должен обладать высоким сопротивлением усталости (или выносливостью), что в сочетании с высококачественными вставками служит залогом высоких эксплуатационных характеристик буровой коронки.

Таким требованиям отвечают только легированные конструкционные, инструментальные и другие специальные стали (подобные указанным в табл. 1). Кроме того, стали для корпусов коронок должны обладать способностью к закалке при медленном охлаждении и иметь при этом высокую прочность и твердость при высокой вязкости и пластичности. Такое сочетание механических и специальных свойств может обеспечить только металл, обладающий высоким металлургическим качеством, которое обеспечивают выпечная обработка и особенно переплавные процессы (низкое содержание неметаллических включений, цветных и вредных примесей, газов, плотная макроструктура, физическая, химическая, структурная однородность и т. п.) по сравнению со сталями обычного качества (обычной выплавки).

Роль металлургического качества стали для корпусов буровых коронок описана в работе [3]. Для корпусов были использованы серийная сталь 35ХГСА, легированная 20Х2Н4А и опытная 35ХГСА, обработанная в процессе выплавки синтетическим шлаком (СШ). Было изготовлено и испытано 20 тысяч коронок трех типов.

Результаты испытаний приведены в табл. 2.

Было установлено следующее:

- наработка на отказ у коронок из стали 35ХГСА СШ увеличилась до 33 %;
- стойкость коронок из стали 35ХГСА СШ практически такая же, как и у коронок из легированной мартенситной стали 20Х2Н4А;
- у коронок из стали 35ХГСА СШ отказы по вставкам уменьшились до 3 раз по сравнению с коронками из стали 35ХГСА и в 2 раза – по сравнению с коронками из стали 20Х2Н4А.

Таблица 2. Промышленные испытания коронок из стали разных марок [3]

Условия эксплуатации	Тип коронки	Материал корпуса	Количество испытанных коронок, шт.	Отказы, %		Наработка	
				твердого сплава	корпуса	м	%
ш. Слепая; ПР-25; 0,55 МПа; f = 14-16	КДП40	35ХГСА	32	35	–	18,4	100
		35ХГСА СШ	40	24	–	24,6	133
ДГМК, ПР-30 0,5 МПа; f = 14-16	КТШ36	35ХГСА	10	30	–	25,2	100
		35ХГСА СШ	30	–	3	29,5	117
		20Х2Н4А	20	15	5	29,7	118
р. Высокогорный; ПК-30К; 0,5 МПа; f = 14	КТШ40	35ХГСА	10	30	10	10,0	100
		35ХГСА СШ	10	10	10	11,0	110

Стали, отработанные США, относятся к качественным, обладающим отмеченными ранее свойствами. Качественная сталь менее склонна к микропластическим деформациям, приводящим к преждевременному зарождению и развитию усталостных трещин. Вследствие этого корпус из стали 35ХГСА США имеет высокие упругие и демпфирующие свойства, что, по-нашему мнению, способствовало уменьшению отказов по твердому сплаву в 2 – 3 раза. Современная металлургия имеет десятки более эффективных способов выпечки жидкой стали, чем США, что позволяет в условиях массового производства получать стали достаточно высокого качества [4]. Однако для получения сталей наивысшего качества используют только переплавные процессы, в частности, самый распространенный в промышленно развитых странах электрошлаковый переплав (ЭШП). Во многих публикациях однозначно показано, что ЭШП обеспечивает очень высокое качество конструкционных, инструментальных, жаропрочных, шарикоподшипниковых и других сталей и сплавов, что позволяет успешно использовать электрошлаковый металл как в деформированном, так и литом состоянии.

Основные технологические преимущества литого металла по сравнению с деформированным – отсутствие нагрева заготовки перед деформацией и отсутствие самой деформации (ковка, прокатка, прессование). Литьем получают заготовки сложной конфигурации, близкой к конечным размерам изделия, что обуславливает небольшой объем механической обработки. Эти обстоятельства, в свою очередь, обуславливают экономические преимущества литья.

На основе ЭШП разработаны и широко внедрены в промышленности электрошлаковое литье (ЭШЛ), электрошлаковое кокильное (ЭКЛ) и центробежное литье (ЦЭШЛ) и некоторые другие технологии, предназначенные для решения конкретных задач производства и позволяющие получать высококачественные слитки и отливки массой от нескольких килограммов до многих десятков тонн. На рис. 5 приведены сравнительные данные по механическим свойствам литых образцов металла ЭКЛ и поперечных образцов из деформированного металла типичных углеродистых и легированных сталей [5]. Из этих данных следует, что литой электрошлаковый металл равноценен ковальному металлу открытой выплавки. В условиях эксплуатации изделия из литого электрошлакового металла, как правило, превосходят такие же изделия из металла открытой выплавки благодаря высокой изотропности (0,9 – 0,95) свойств литого электрошлакового металла. Именно эта особенность была использована при выборе технологии ЭКЛ для производства литых заготовок корпусов для буровых коронок. В опытно-промышленном варианте эта технология была реализована на установке УШ-159 для литья заготовок корпусов коронок КНТУ-110 (рис. 6). Технология предусматривает переплав расходуемого электрода (1), который предварительно готовится путем сварки отработавших или забракованных буровых коронок, кусковой обрезки и других отходов.

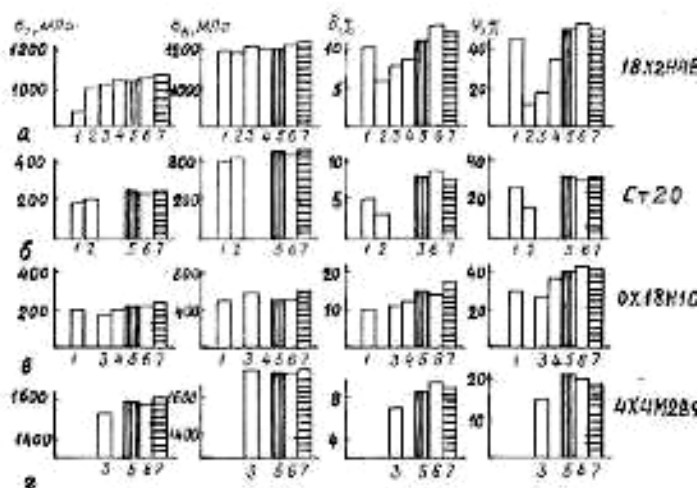


Рис. 5. Механические свойства сталей 18X2H4BA (а), Ст 20 (б), 0X18H10T (в) и 4X4M2BFC (г), полученных различными методами: 1 – ТУ на ковальный металл; 2 – литье в землю; 3 – литье в кокиль; 4 – литье в кокиль со шлаком; 5 – ЭКЛ; 6 – литой металл ЭШП; 7 – прокат открытой выплавки (поперечные образцы)

Электрод закрепляется в держателе и, перемещается по колонне (2) по мере сплавления согласно специальному электрическому режиму. Переплав электрода осуществляется в футерованном огнеупорном тигле (3). После полного сплавления электрода и накопления в тигле 40 – 45 кг жидкого металла из зоны тигля выводится огарок электрода и на фланце тигля крепится четырехместный стальной неохлаждаемый кокиль. Затем тигель переворачивается на 180° . Металл и шлак сливаются в кокиль, где происходит их разделение и кристаллизация стали под слоем шлака в течение 15 – 17 мин. Через указанное время тигель возвращается в исходное положение, кокиль снимается и из него извлекаются четыре заготовки корпусов (рис. 7). В дальнейшем эти заготовки используют только в литом состоянии. Как отмечалось, расходующий электрод набирается из шихты, состоящей из бывших в употреблении или забракованных в процессе производства буровых коронок, корпусов или отходов требуемого химического состава (обрезь, стружка и пр.).

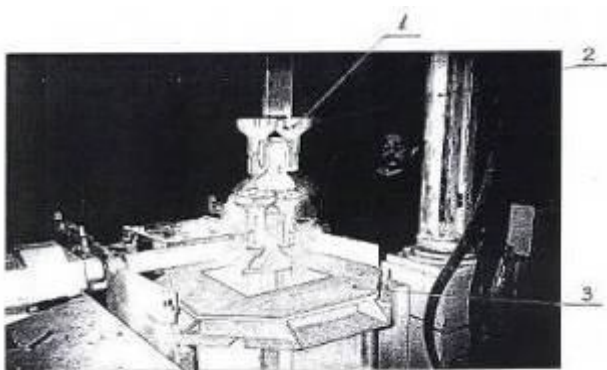


Рис. 6. Фрагмент электрошлаковой плавки расходующего электрода из отработавших буровых коронок на установке УШ-159



Рис. 7. Литые заготовки корпусов коронок после извлечения из четырехместного кокиля

Путем подбора исходного материала для расходующего электрода можно реализовать на установке УШ-159 два основных варианта выплавки и разливки сталей.

1. Переплав электрода, составленного из шихты, не содержащей твердосплавных вставок. При этом можно использовать любые отходы производства и получать литые корпуса из сталей 35ХГСА, 45ХН, 38ХНЗМФА и др., которые используются для производства серийных буровых коронок.

2. Переплав электрода, составленного из шихты, содержащей твердосплавные вставки. Эта технология позволила получить экономнолегированные вольфрамом инструментальные стали, способные к закалке на воздухе. Обычно под экономным легированием подразумевают замену дорогостоящих элементов более доступными и дешевыми, (например, никеля марганцем или азотом). Технология ЭКЛ позволяет осуществить экономное легирование стали вольфрамом путем разложения при высокой температуре бывших в употреблении твердосплавных вставок.

Известно, что твердосплавные вставки изготовляют методом спекания порошков карбида вольфрама (WC) и кобальта при температуре 1320–1480 °С [6]. Содержание кобальта в наиболее распространенных твердых сплавах – 6–15 %. Ориентировочная температура плавления кобальтовой фазы – 1350 °С. Рассмотрим температурные условия в основных зонах при электрошлаковой тигельной плавке (рис. 8). В зависимости от состава флюса, мощности, выделяемой в шлаке при плавке, и геометрических параметров тигля температура в этих зонах может составлять:

в нижней части расходующего электрода (1) (зона предплавления вблизи шлаковой ванны) – 1120–1150 °С;

в шлаковой ванне (2) – 1800–2000 °С;

в металлической ванне (3) – 1550–1600 °С.

Твердосплавные вставки, как составляющие расходного электрода, проходят те же стадии нагрева и плавления, что и электрод. При входе в шлаковую ванну начинается плавление электродного металла и кобальтовой фазы.

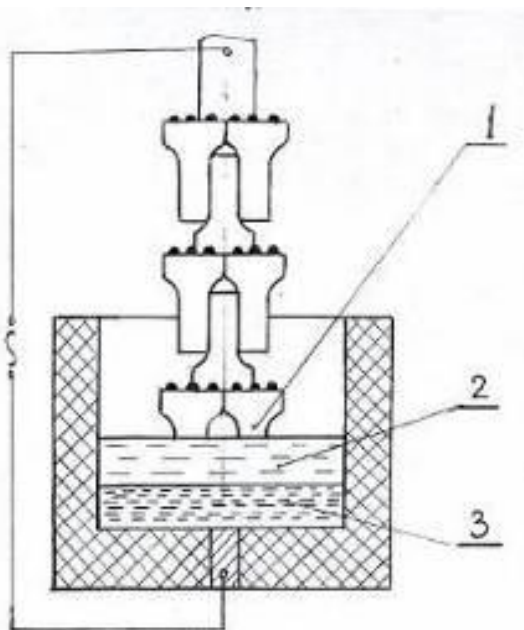


Рис. 8. Схема основных температурных зон при электрошлаковой тигельной плавке: 1 – нижняя часть расходного электрода; 2 – шлаковая ванна (расплав шлака); 3 – металлическая ванна (расплав металла)

Жидкая кобальтовая фаза и частицы WC попадают сначала в жидкую пленку электродного металла, затем в образующиеся из пленки капли, перегреваются на этой стадии с температуры ~1550 °С до 1580–1600 °С и после этого попадают в металлическую ванну. После переплава всего электрода со вставками металлическую ванну перемешивают и металл сливают вместе со шлаком в кокиль.

Химический состав отливок.

Общая продолжительность переплава электрода массой 45 кг составляет 40–45 мин. Высокие температуры воздействуют на вставку (в шлаковой и металлической ваннах) в течение 15–30 мин в зависимости от конструкции электрода. Практические данные подтверждают, что этого времени достаточно для полного растворения вставки в металлической ванне на составляющие: WC, W, C, Co и Cu (Zn выгорает из припоя полностью еще на стадии предплавления). Усредненные по девяти серийным плавкам результаты химических анализов литых корпусов из стали типа 45ХГСВ0.9 ЭКЛ, полученных переплавом бывших в употреблении коронок из стали 35ХГСА со вставками приведены в табл. 3.

Обращает внимание равномерное распределение всех легирующих элементов по высоте корпуса, а также традиционно низкое для металла ЭКЛ содержание серы. Установлено также, что угар вольфрама и кобальта составляет 4–6 %.

Таблица 3. Химический состав стали 45ХГСВ0.9 ЭКЛ

№	Место отбора проб	Содержание									
		C	Si	Mn	Cr	Al	W	Co	Cu	S	P
1	Верх	0,455	1,09	0,865	1,025	0,022	0,935	0,100	0,11	0,004	0,014
2	Низ	0,456	1,07	0,86	1,020	0,022	0,90	0,0955	0,11	0,004	0,014

Макроструктура.

В результате исследования вертикального темплета была выявлена периферийная зона шириной 8–10 мм из разориентированных мелких кристаллов по всему контуру. Зона столбчатых кристаллов составляет около 33 мм, зона равноосных кристаллов – 25–27 мм, высотой около 40 мм только в головной части отливки.

Трещин, пор и шлаковых включений не обнаружено. Вследствие очень низкого содержания серы не обнаружено ее скоплений на отпечатке по Бауману.

Металлографические исследования.

Параметры неметаллических включений определяли на образцах после закалки с температуры 850–860 °С и отпуска при температуре 150, 200, 300, 400, 500 и 600 °С.

Установлено, что объемная доля неметаллических включений составляет в среднем 0,110–0,1166 %. Размер включений изменяется в пределах 0,5–5,0 мкм. При этом объемная доля включений размером 0,5 мкм составляет 45,07–45,18 % общего количества, размером 2–3,5 мкм – 12,27–12,62 %. В образцах, оттоженных при температуре 150 и 200 °С содержатся включения размером 5 мкм, оттоженных при температуре 700 °С – 3,5 мкм. Независимо от температуры отпуска неметаллические включения имеют форму, близкую к глобулярной, и равномерно распределены по отливке. Эти факторы (мелкие, глобулярные, равномерно распределенные неметаллические включения) характерны для литого электрошлакового металла и совместно с однородной макроструктурой обеспечивают высокую изотропность всех свойств отливки и, как следствие, высокое сопротивление усталости корпуса при бурении.

Твердость.

Этот параметр очень важен для корпусов коронок, так как является единственной satisfactory характеристикой на производстве, а также в значительной мере определяет прочность и износостойкость корпуса коронки.

Результаты исследований твердости образцов из новых литых сталей с различным содержанием углерода и вольфрама, а также из серийных сталей приведены на рис. 9. Образцы подвергали закалке на воздухе под давлением и отпуску при температуре 200 °С. Из данных рис. 9 следует, что новые стали после закалки на воздухе приобретают более высокую твердость, чем серийные стали.

Механические свойства образцов из стали типа 45ХГСВ0.9 ЭКЛ при трех опытных режимах термообработки приведены на рис. 10.

Из этих данных следует: наиболее высокую прочность и твердость имеет сталь, закаленная в масле; несколько ниже эти показатели у стали, закаленной на воздухе под давлением; наилучшие свойства имеет сталь, закаленная на воздухе с изотермической выдержкой. Важно отметить, что удовлетворительная вязкость и пластичность металла сочетается с очень высокой прочностью.

Таким образом, стали типа 45ХГСВ0.9 ЭКЛ с указанными режимами термообработки и свойствами целесообразно применять, если требуются высокая прочность, упругость и твердость корпусов бурового инструмента. Если требуются большая вязкость и пластичность стали, после закалки на воздухе необходимо повысить температуру отпуска. Электрошлаковый металл предоставляет для этого широкие возможности.

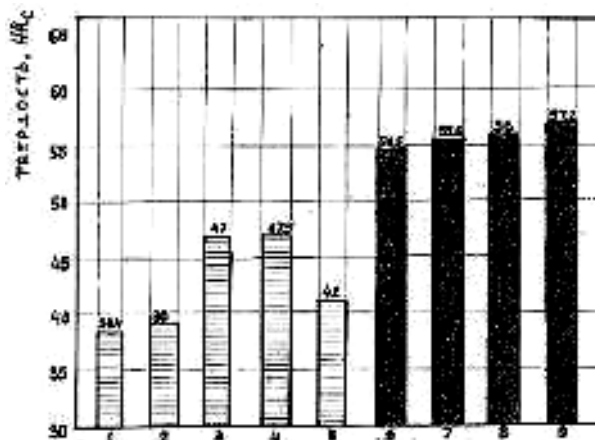


Рис. 9. Твердость образцов после закалки на воздухе под давлением и отпуска при температуре 200 °С из стали: 1 – 35ХГСА; 2 – 18Х2Н4МА; 3 – 38ХН3МФА; 4 – 38Х2Н2МА; 5 – 75Г; 6 – 45ХГСВ0,56-ЭКЛ; 7 – 45ХГСВ0,92-ЭКЛ; 8 – 49ХГСВ1,97-ЭКЛ; 9 – 60ХГСВ3,5-ЭКЛ

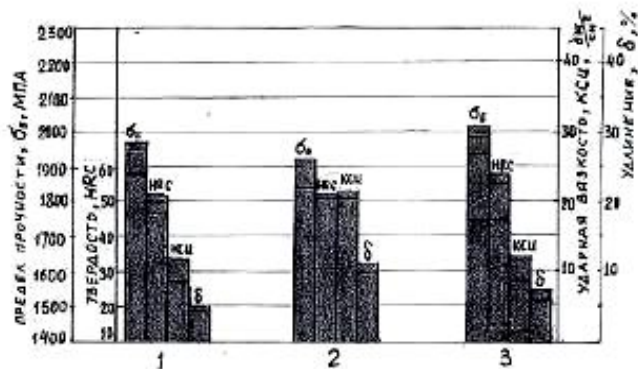


Рис. 10. Механические свойства литых образцов из стали 45XGCB0,9 ЭКЛ при различных режимах термической обработки: 1 – закалка: температура 940 °С; один час; воздух под давлением и охлаждением до комнатной температуры; отпуск: температура 200 °С; 0,5 часа; воздух; 2 – закалка: температура 940 °С; один час; воздух под давлением; охлаждение до температуры 300 °С; изотермическая выдержка при температуре 300 °С; 0,5 часа; воздух; 3 – закалка: температура 940 °С; один час; масло; отпуск: температура 200 °С; 0,5 часа; воздух

2. Опытные коронки имеют меньший, чем у серийных разброс минимальных и максимальных значений по проходке и большую проходку между заточками.

3. Разброс твердости на корпусах из новых сталей меньше, чем на серийных и составляет 2–3HRC.

Как отмечалось, важная особенность технологии ЭКЛ новых, экономнолегированных сталей состоит в том, что для переплава используют отработанные или забракованные коронки, кусковую обрезь и т. п. Ориентировочная стоимость 1 кг такого материала составляет 1 грн, усредненные расходы на переплав 1 кг стали (электроэнергия; флюс при двух-, трехкратном использовании; огнеупорный кирпич; сварочные электроды; тарифная заработная плата сталевара) – 5 грн, конечная стоимость 1 кг литой стали (уже в корпусе коронки) – 6 грн.

Таким образом, новые С-, Si-, Mn-, Cr-, W – стали дешевле используемых для производства коронок, особенно легированных, с которыми новые стали сопоставляются по всем свойствам, в том числе по способности к закалке на воздухе. Важным следствием закалки на воздухе является также отсутствие щелочной ванны, что существенно улучшает санитарно-гигиенические условия на производстве буровых коронок.

Новые экономнолегированные стали и технологии их производства защищены рядом патентов Украины.

Литература

1. Э. Гудремон. Специальные стали. Том первый. Изд-во «Металлургия»: М. – 1966. – 237 с.
2. Н. А. Ключко Основы технологии пайки и термообработки твердосплавного инструмента. Изд-во «Металлургия»: М. – 1981.
3. Ю. А. Медовый Обоснование, исследование и серийное освоение буровых коронок типа КНШ. Диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук. Кемерово. – 1991.

Однако, как известно, механические свойства позволяют дать лишь предварительную оценку о возможности использования стали для изделия, так как при стандартных испытаниях невозможно учесть все реальные нагрузки в условиях эксплуатации изделия.

В этой связи в ЗАО «Ремдизель» были изготовлены несколько партий опытных буровых коронок с литыми корпусами из опытных сталей с закалкой на воздухе. Средняя проходка опытных коронок по перемежающимся породам ($f = 17-18$ и $f = 7-8$) составляет 21–31 м, что удовлетворяет эксплуатационным требованиям. По результатам испытаний опытных коронок сделаны следующие выводы.

1. На опытных коронках уменьшилось количество хрупких разрушений твердосплавных вставок (сколов, растрескиваний).

4. Д. Ф. Чернега, А. Г. Богаченко и др. Специальная металлургия – резерв повышения качества металлопродукции. Материалы международной конференции, 8 – 9 октября 2000. – Киев. – С. 36 – 49.
5. Б.И. Медовар, В.Л. Шевцов и др. Электрошлаковая тигельная плавка / Киев. – Наукова думка. – 1988.
6. В.М. Туманов. Свойства сплавов системы карбид вольфрама-кобальт. Изд-во «Металлургия»: М. – 1971.

Поступила 10.06.09

УДК 620.17:622.244.001

А. Н. Давиденко, д-р. техн. наук

Национальный горный университет, г. Днепропетровск, Украина

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ БУРОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТА

Буровой технологический инструмент (породоразрушающий инструмент, бурильные трубы и их соединительные элементы, расширители, калибраторы и др.), изготовленный из металлов и сплавов и применяемый при бурении скважин, подвергается воздействию различных сред, которые существенно изменяют его прочность, стойкость и долговечность.

Рассмотрим два механизма влияния жидких и газообразных рабочих сред (очистных агентов) на свойства металлических твердых тел [1]: снижение уровня поверхностной энергии и изменение механических свойств.

Адсорбция Γ и поверхностная энергия связаны уравнением Гиббса

$$\Gamma = -\frac{C}{RT} \left(\frac{d\sigma}{dC} \right)$$

где R – газовая постоянная; T – абсолютная температура; C – концентрация поверхностно-активного вещества; знак минус означает, что положительная адсорбция вызывает снижение поверхностной энергии.

В соответствии с первым механизмом поверхностная энергия твердого тела может снижаться не только в связи с физической и химической адсорбцией, химической реакцией, но и при электрической поляризации.

Второй механизм влияния рабочих сред на механические свойства твердых тел имеет несколько составляющих:

- механическое или электрохимическое растворение;
- образование нового твердого тела менее прочного за счет химического соединения или физического образования систем решеток;
- блокирование внутри твердого тела подвижных дислокаций чужеродными атомами, проникающими в тело из рабочей среды в результате диффузии.

Проведенные на кафедре техники разведки МПИ Национального горного университета теоретические и экспериментальные исследования по изучению влияния очистных агентов на свойства бурового технологического инструмента позволили подтвердить вывод о