

**Литейное
материаловедение,
специальные способы
литья**

It is shown that by means of electroslag casting the ingots of knife billets with necessary configuration with minimal allowances for consequential mechanical processing can be produced.

В. А. ЗЕМЦОВ, Д. А. МЕШКОВ, И. О. САЗОНЕНКО, ИТМ НАН Беларуси

УДК 621.74.047

**ПОЛУЧЕНИЕ ОТЛИВОК ИЗ СТАЛИ 6ХВ2С
МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОГО КОКИЛЬНОГО ЛИТЬЯ**

В ИТМ НАН Беларуси проводятся работы по получению отливок из легированных сталей методом электрошлакового тигельного литья в кокиль [1]. Работы осуществляются на экспериментальной установке электрошлакового тигельного переплава спроектированной и изготовленной в ИТМ НАН Беларуси.

Расходуемый электрод собирали с помощью полуавтоматической сварки из отслуживших свой срок ножей, предоставленных РУП «БМЗ». Предварительно ножи отжигали при температуре 815 ± 5 °С. После отжига их разрезали на мерные части, из которых в дальнейшем производили сборку электродов. Все мерные части механически зачищали для удаления поверхностного окисленного слоя.

В таблице приведены результаты химического анализа отслуживших свой срок ножей. На основании химического анализа ножи разделили на две группы. К первой группе отнесены ножи № 1, 2, 3, ко второй группе – ножи № 4, 5 и 6.

После сборки расходуемый электрод приварили к инвентарной головке, которую крепили в электрододержателе. На рис. 1 показана электрошлаковая тигельная печь, подготовленная к плавке по схеме с «твердым» стартом.

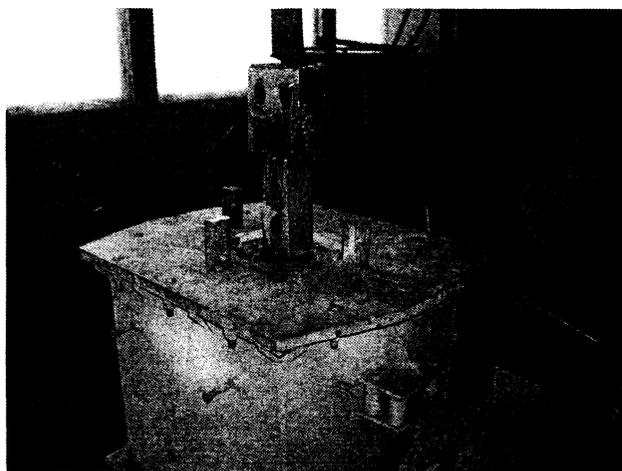


Рис. 1. Электрошлаковая тигельная печь, подготовленная к плавке по схеме с «твердым» стартом

Процентное содержание легирующих элементов в стальных ножах

Номер ножа	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	W	S	P
1	0,603	0,44	0,28	1,2	0,20	0,12	2,44	0,011	0,0514
	0,608	0,46	0,29	1,2	0,23	0,13	2,46	0,014	0,0530
2	0,608	0,44	0,3	1,12	0,20	0,12	2,42	0,0118	0,0350
	0,613	0,51	0,3	1,12	0,21	0,13	2,45	0,0122	0,0360
3	0,608	0,49	0,32	1,02	0,20	0,13	2,43	0,0113	0,0504
	0,608	0,49	0,32	1,08	0,21	0,14	2,57	0,0125	0,0518
4	0,582	0,33	0,25	1,32	0,13	0,05	2,50	0,011	0,0765
	0,587	0,34	0,27	1,34	0,15	0,05	2,53	0,013	0,0779
5	0,577	0,31	0,26	1,26	0,17	0,05	2,49	0,0117	0,0524
	0,587	0,34	0,27	1,27	0,18	0,05	2,51	0,0128	0,0538
6	0,587	0,34	0,26	1,19	0,15	0,05	2,48	0,0118	0,0354
	0,601	0,35	0,27	1,23	0,16	0,05	2,51	0,0120	0,0368

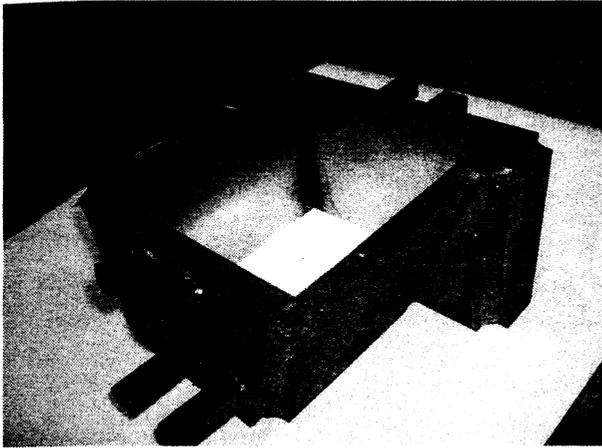


Рис. 2. Кокиль для литья фасонных заготовок

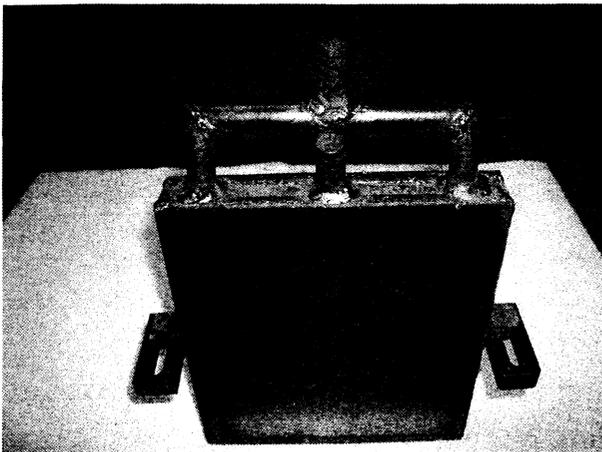


Рис. 3. Водоохлаждаемый поддон

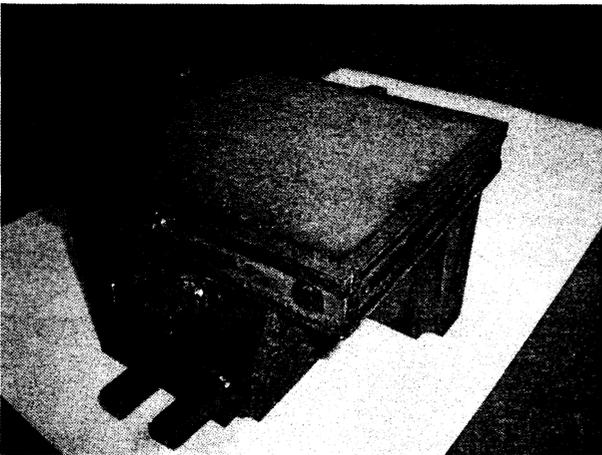


Рис. 4. Составной кокиль в сборе

Отливки из инструментальной стали 6ХВ2С получали литьем в составной кокиль с водоохлаждаемым поддоном. На рис. 2 представлена нижняя часть кокиля для литья фасонных отливок.

Сверху на нижнюю часть устанавливали водоохлаждаемый поддон (рис. 3).

Водоохлаждаемый поддон крепили к нижней части с помощью клиновых зажимов. На рис. 4 показан составной кокиль в сборе.

На дно плавильного тигля насыпали порцию предварительно прокаленного флюса АНФ-29 в количестве 6 кг и производили плавку. После оплавления расходного электрода до инвентарной головки отключали источник питания и поднимали каретку электрододержателя в верхнее положение. На верхнюю крышку плавильного тигля устанавливали металлический кокиль и крепили его к крышке клиновыми зажимами. На рис. 5 представлена шлаковая тигельная печь с кокилем в позиции заливки.

Слив металла в кокиль производили переворотом тигля вокруг горизонтальной оси на 180°. На рис. 6 показана тигельная печь после переворота на 180°.

После остывания металла в течение 15 мин тигель переворачивали в исходное положение и извлекали отливку из кокиля, после чего повторяли весь технологический цикл снова. С использованием разработанной технологии были получены заготовки ножей размером 80x210x220 мм.

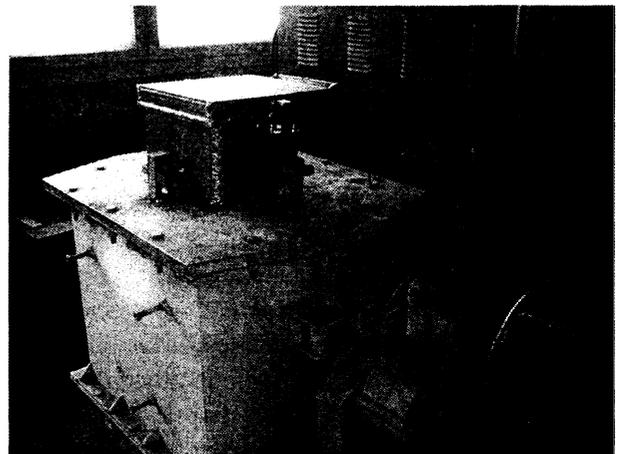


Рис. 5. Электрошлаковая тигельная печь с установленным кокилем

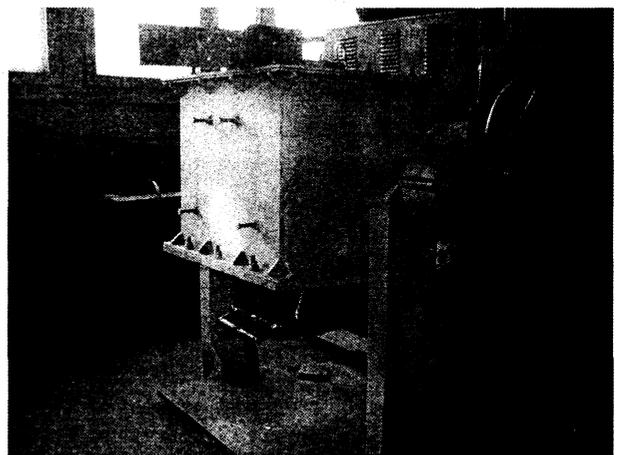


Рис. 6. Электрошлаковая тигельная печь после переворота на 180°

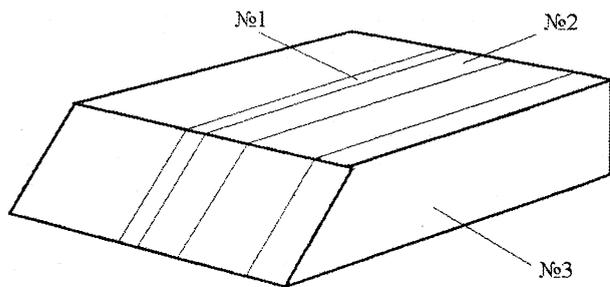


Рис. 7. Схема вырезки темплетов из отливки

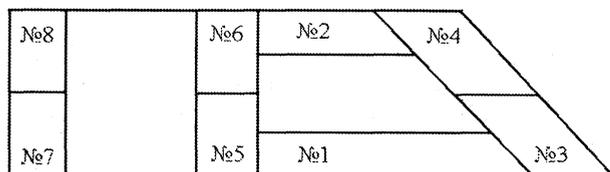


Рис. 8. Схема разрезки темплета № 1 на фрагменты

Для исследования структуры и химического состава литой стали 6ХВ2С из отливки были вырезаны темплеты. На рис. 7 показана схема отливки с указанием зоны, из которой были получены темплеты.

Из темплета № 1 изготавливали шлифы для исследования микроструктуры. На рис. 8 представлена схема, по которой темплет разрезали на фрагменты для изготовления шлифов.

Микроструктуру шлифов, изготовленных из фрагментов № 3–8, исследовали с использованием программно-аппаратного комплекса Carl Zeiss Axio Tech 100 vario.

Микроструктуру отливки изучали с целью оценки влияния преимущественно направленного отвода тепла и динамики заполнения кокиля шлакометаллической струей на однородность и дисперсность литой стали 6ХВ2С. На рис. 9 приведена схема заполнения кокиля и указано направление преимущественного отвода тепла.

Все исследованные образцы изготавливали после термического отжига и имеют перлито-ферритную структуру. Исходная микроструктура ра-

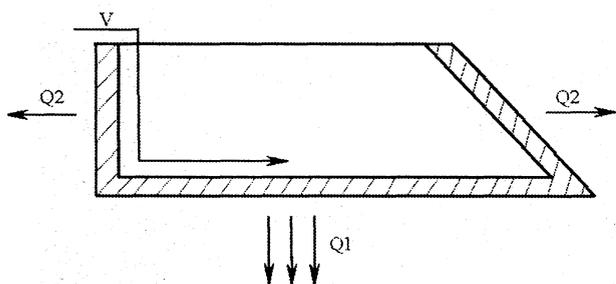


Рис. 9. Схема заполнения кокиля шлакометаллической струей и направление преимущественного теплоотвода: V – направление течения шлакометаллической струи; Q_1 – преимущественное направление отвода тепла; Q_2 – второстепенное направление отвода тепла

бочей части ножа до электрошлакового переплава показана на рис. 10. Размеры зерен перлита составляют 60–80 мкм.

Первоначальное движение шлакометаллической струи происходило по боковой поверхности кокиля в районе расположения фрагмента № 8. Харак-

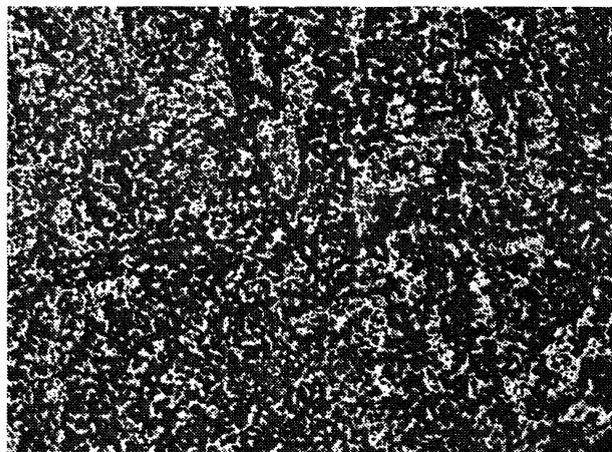


Рис. 10. Микроструктура ножа, переданного РУП «БМЗ» для электрошлакового переплава. $\times 100$

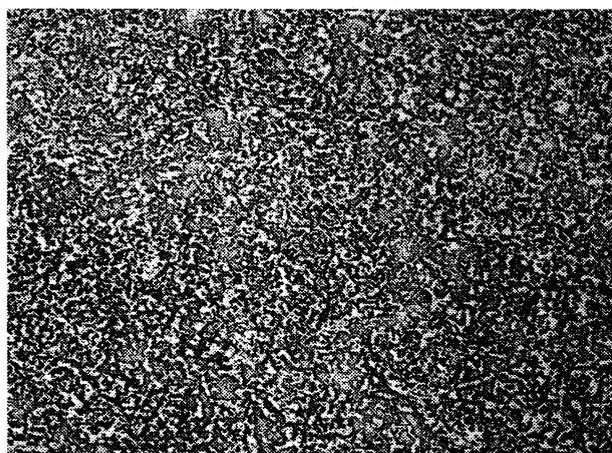


Рис. 11. Микроструктура литой стали 6ХВ2С в районе фрагмента № 8. $\times 100$

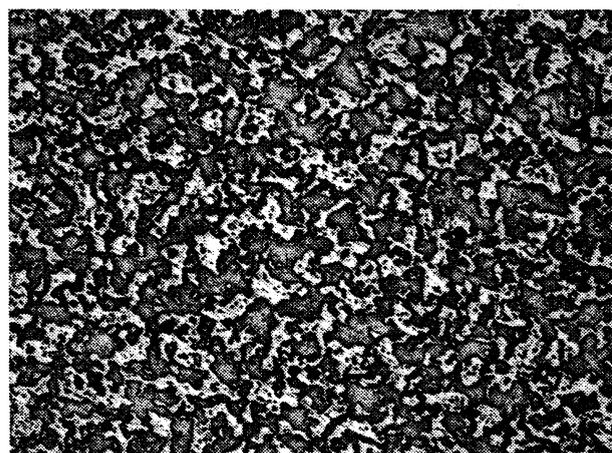


Рис. 12. Микроструктура литой стали 6ХВ2С в районе фрагмента № 7. $\times 100$

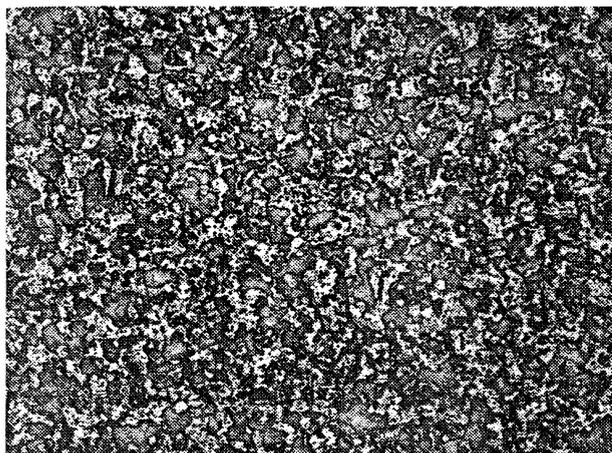


Рис. 13. Микроструктура литой стали 6XB2C в районе фрагмента № 5. $\times 100$

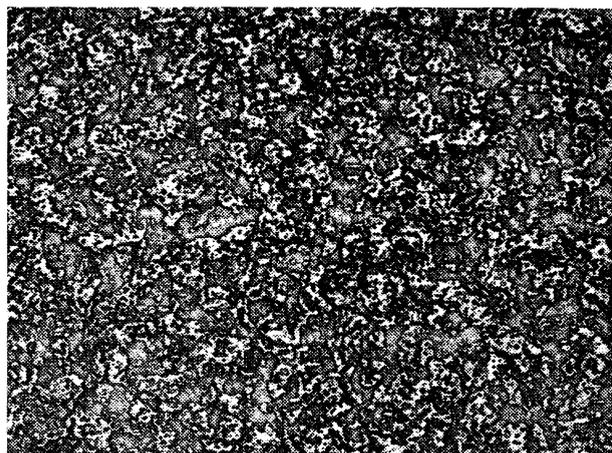


Рис. 14. Микроструктура литой стали 6XB2C в районе фрагмента № 3. $\times 100$

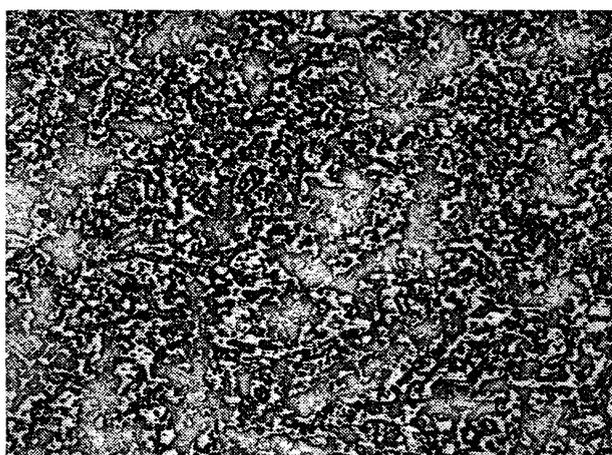


Рис. 15. Микроструктура литой стали 6XB2C в районе фрагмента № 4. $\times 100$

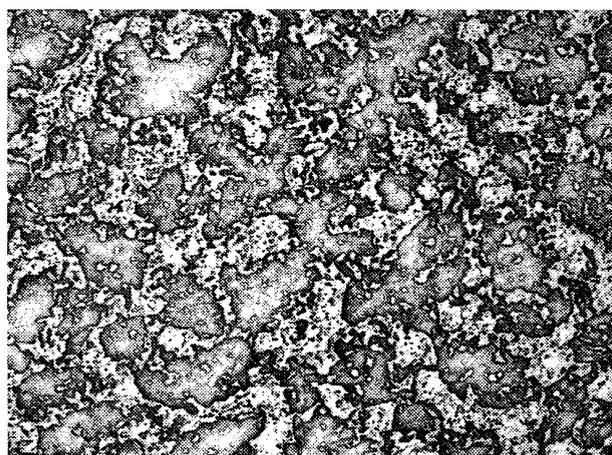


Рис. 16. Микроструктура литой стали 6XB2C в районе фрагмента № 6. $\times 100$

терная микроструктура стали данного фрагмента представлена на рис. 11.

Характерные размеры зерен перлита (см. рис. 4) составляют 40–50 мкм.

Далее шлакометаллическая струя проходит в районе фрагмента № 7. По мере заполнения металлом полости кокиля скорость течения жидкого металла в районе фрагмента № 7 замедляется. На рис. 12 показана микроструктура стали в районе фрагмента № 7.

Размеры, характерные для элементов структуры литой стали 6XB2C, – 150–180 мкм.

После прохождения шлакометаллической струи в районе фрагмента № 7 она продолжает движение, вдоль водоохлаждаемого поддона проходит

в районе фрагмента № 5 и останавливается в районе скоса стенки кокиля фрагмента № 3. Микроструктура литой стали в районе фрагментов № 5 и 3 приведена на рис. 13, 14.

Величина размеров структурных элементов литой стали (см. рис. 7, 8) находится в пределах 80–120 мкм.

После достижения шлакометаллической струей стенки кокиля в районе фрагмента № 3 происходит дальнейшее заполнение кокиля с ростом уровня жидкого металла вдоль скошенной стенки кокиля в районе фрагмента № 4. Микроструктура литой стали в районе фрагмента № 4 показана на рис. 15.

Наибольшая величина зерна перлита наблюдалась в зоне теплового узла отливки, находящегося

Таблица 2. Химический анализ образцов литой стали 6XB2C

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	W	S	P
0,534	0,912	0,325	1,66	0,375	0,054	2,54	0,0058	0,006
0,530	0,917	0,329	1,68	0,374	0,054	2,57	0,0051	0,006
0,631	0,920	0,331	1,73	0,375	0,055	2,52	0,0058	0,006
0,586	0,932	0,332	1,68	0,374	0,057	2,53	0,0051	0,006

в середине верхней части отливки в районе фрагмента № 6. Микроструктура стали в зоне теплового узла отливки показана на рис. 16.

Величина зерен находится в пределах 200–250 мкм.

Для оценки ликвации легирующих элементов в литой стали 6ХВ2С был проведен химический анализ фрагментов № 1 и 2, который выявил незначительную ликвацию углерода. Данные анализа приведены в табл. 2.

Выводы

1. Метод электрошлакового кокильного литья позволяет получать отливки заготовок ножей необходимой конфигурации с минимальными припусками для последующей механической обработки.

2. Использование водоохлаждаемого поддона в составе сборного кокиля позволяет получать в рабочей части ножей однородную структуру с размерами зерна, сопоставимыми с таковыми в деформированном металле.

Литература

1. Земцов В. А., Мешков Д. А., Сазоненко И. О. Применение электрошлаковой тигельной плавки для получения отливок ответственного назначения, используемых в машиностроении // Литье и металлургия. 2008. № 3/47. С. 166–170.