

УДК 621.74.04

А. Н. Зеленюк¹, А. В. Елькин², В. В. Наумик³¹ЗМЗ им. В. И. Омельченко, ² Научно-исследовательский и проектный институт титана,³ Национальный технический университет;
г. Запорожье

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА МЕРНЫХ СЛИТКОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ 100 % ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗВРАТА, РАФИНИРОВАННОГО МЕТОДОМ ТЕМПЕРАТУРНО- ВРЕМЕННОЙ ОБРАБОТКИ

Исследованы макро, микроструктура, механические свойства при обычных и повышенных температурах мерных слитков жаростойких сплавов ВЖЛ12Э-ВИ и ЭИ868Л, полученных из 100 % технологического возврата. По результатам исследования слитки полностью удовлетворяют требованиям ОСТ и могут быть использованы при производстве точного литья.

Ключевые слова: шихта, технологический возврат, мерная заготовка, плавка, механические испытания, образцы, жаропрочные испытания, кристаллизация, усадочная раковина, утеплительная втулка, заливочная чаша, кокиль.

Состояние вопроса

Авиастроение – на сегодняшний день отрасль, ведущая в плане разработки и внедрения передовых технологий и материалов. Высокие требования в условиях мирового рынка способствуют совершенствованию выпускаемых агрегатов, одновременно улучшая качество составных узлов и деталей с точки зрения конструкторских решений и экономичности производства.

Одним из направлений снижения себестоимости изделий является разработка и внедрение технологии рафинирования технологического возврата сплавов.

Практической целью разработки стало получение мерного слитка из 100 % технологического возврата в условиях литейного цеха.

Переработка технологического возврата не только

устраняет проблемы и расходы, связанные с его утилизацией, но и позволяет влиять на качество получаемых из возврата слитков, открывает перспективные направления, связанные с исследованием влияния технологических факторов на структуру и свойства сплавов. Данная разработка дает возможность снизить затраты на закупку шихтовых материалов со значительным экономическим эффектом для предприятия.

Проводимые ранее исследования по рафинированию отдельно взятых жаростойких сплавов показывают перспективность выбранного направления переработки возврата. Использование сплавов, прошедших температурно-временную обработку, улучшает качество получаемого литья, а именно снижает брак при люминесцентном контроле, улучшает микроструктуру

ру, повышает механические свойства и обеспечивает формирование более благоприятной структуры отливок [1, 2].

Однако, несмотря на все исследования, проведенные за последние 20 лет в направлении выплавки и переработки сплавов, остается до конца не изученным влияние режимов температурно-временной обработки на отдельно взятые сложнолегированные сплавы.

Предмет и методика исследования

Предметом исследования служит мерный слиток, рассматриваемый как важнейший элемент существующего процесса литья деталей газотурбинных двигателей.

По существующей технологии, слиток переплавляется в тигле установки УШФЗ-М при температурах, не превышающих 1650°C , после чего расплав доводят до температуры заливки 1450°C и заливают его в керамическую форму разогретую до 950°C , обеспечивая тем самым равноосную кристаллизацию.

Типоразмер слитка имеет большое значение для технологического процесса, так как количества расплава должно хватать на заливку одной формы без остатка, обеспечивая полное заполнение полости формы, исключая недолив. Учитывая рабочие температуры ведения плавки (1650°C), можно отметить, что качество слитка определяет качество получаемых деталей. Поэтому слитки, поставляемые на плавку, должны быть без усадочной раковины и без рыхлот, очищенные от возможного пригара и окалин.

Сплавы, выплавляемые с применением рафинирования технологического возврата, проходят строжайший контроль по эндогенным и экзогенным включениям. Полученные слитки исследуются в заводской лаборатории методом спектрального и химического анализа, в них контролируется содержание легирующих элементов и вредных примесей, определяется соответствие сплавов требованиям ОСТ.

Целью работы является изучение качества мерного слитка, выплавляемого из 100 % технологического возврата сплавов ВЖЛ12Э-ВИ, ЭИ868Л с применением технологии температурно-временной обработки.

Исследовались слитки, полученные на установке УШФЗ-М из 100 % возврата сплавов ВЖЛ12Э-ВИ и ЭИ868Л с применением температурно-временной обработки расплава. Температуру расплава доводили до 1850°C , после чего выдерживали расплав в течении 10 минут без изменения параметров. Весь процесс температурно-временной обработки велся в защитной среде аргона при давлении 115 мм. рт. ст., что обеспечило предотвращение кипения расплава и возможное выгорание легирующих элементов. Заливка расплава производилась при температуре $1430\text{--}1450^{\circ}\text{C}$ в стальной кокиль (без предварительного разогрева).

Применение кокиля позволяет более полно использовать эффекты, вызываемые процессом кристаллизации сплава, а также, что немаловажно, получить заданные типоразмеры слитка и обеспечить серийность данного производства [3].

Разницу в режимах ведения плавки при переплаве и температурно-временной обработки можно увидеть на представленных графиках рис. 1.

На графике (б) заштрихованная зона А обозначает период, при котором происходит рафинирование сплава. Точка, соответствующая температуре 1850°C , является критической для исследуемых сплавов. Именно при достижении этой точки в расплаве происходит полное растворение микрогруппировок атомов, то есть происходит усреднение расплава, устраняется фактор наследственности структуры сплава. На протяжении временной выдержки расплава непрерывно идет процесс флотации тугоплавких элементов, газов и возможных неметаллических включений из всего объема ванны расплава на его поверхность.

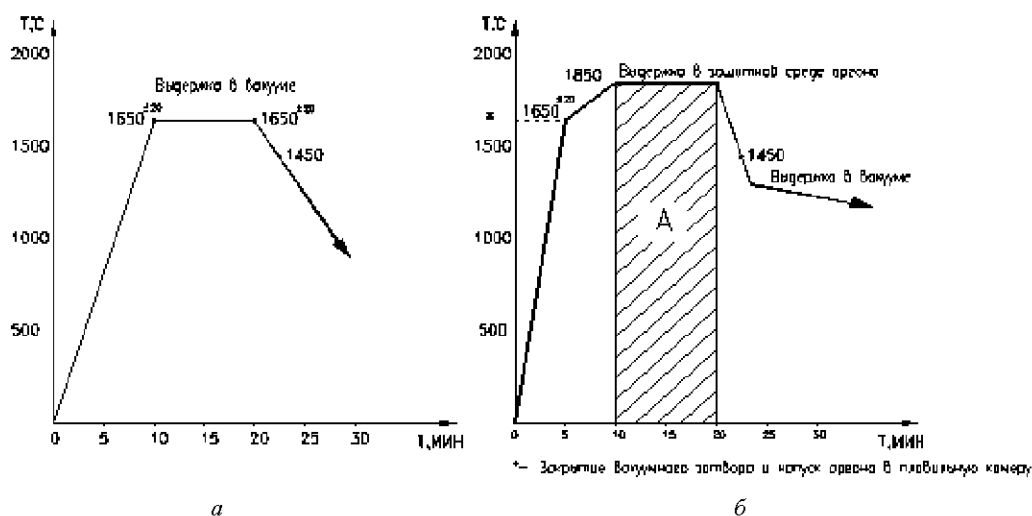


Рис. 1. Графики температурно-временного ведения плавки:
а – переплав сплава; б – температурно-временная обработка расплава

Результаты исследований

Лабораторные исследования полученных в результате опытных плавов образцов показали, что химический состав слитков удовлетворительный и соответствует ОСТ 1.90.126-85.

Макроструктура слитков изучалась в продольном и поперечном сечениях (рис. 2, 3). В поперечном сечении образцы (темплеты) брались от верхней и нижней части слитка.

Макроструктура образцов плотная, дефектов в виде раковин, грубых шлаковых включений и плен не обнаружено.

Результаты замеров усадочной раковины, кристаллизационных зон и размера макрозерна приведены в табл. 1.

Металлографические исследования слитков по двум зонам (низ-верх) показали, что поступивший на исследование сплав чистый, загрязнения в виде плен и грубых шлаковых включений в нем не обнаружены (рис. 4, 5). Структура полученных образцов плотная.

При этом в исследуемых образцах, вырезанных из верхней части слитка, были обнаружены единичные окислы размером не более 12 мкм (рис. 6).

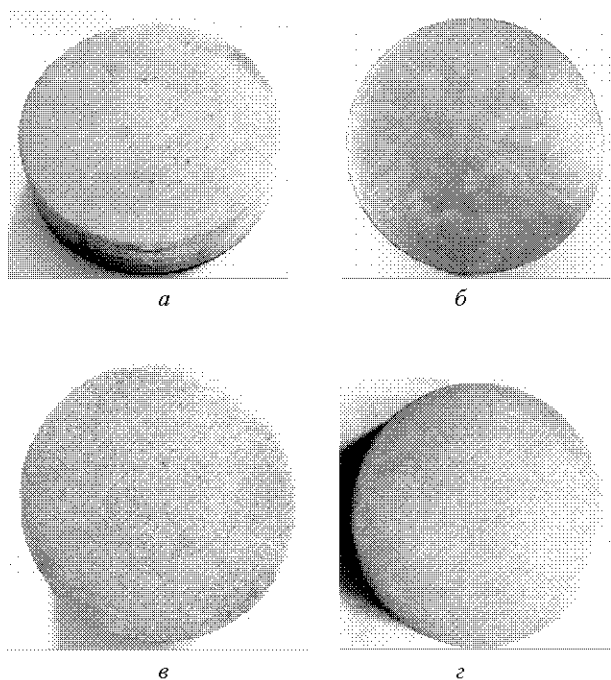


Рис. 2. Макроструктура слитка из сплавов ВЖЛ12Э-ВИ (а – темплет низа, б – темплет верха) и ЭИ868Л (с – темплет низа, г – темплет верха) в поперечном сечении

Макроструктура исследуемых заготовок представляет собой γ - твердый раствор с интерметаллидной γ' - фазой, карбидами, карбонитридами и эвтектической (γ - γ')- фазой, характерной для сплавов в литом состоянии.

Механические и жаропрочные свойства определяли на пальчиковых образцах диаметром 12 мм, отлитых из сплава исследуемых заготовок в керамическую форму методом равноосной кристаллизации. Все образцы прошли термообработку.

Термообработку проводили по стандартному режиму:

- для сплава ВЖЛ12Э-ВИ гомогенизация при температуре 1180 °С в течении 2 часов и последующем охлаждении на воздухе;

- для сплава ЭИ868Л гомогенизация при температуре 1190 °С в течении 4 часов и последующем охлаждении на воздухе.

При проведении жаропрочных испытаний опытные образцы всех групп простояли при температуре 950 °С под нагрузкой 12 кгс/мм² для сплава ВЖЛ12Э-ВИ и 730 °С под нагрузкой 19 кгс/мм² для сплава ЭИ868Л более 40 часов, что соответствует требованиям ОСТ 190127-85. Результаты механических испытаний представлены в табл. 2.

Выводы

Анализируя полученные результаты, можно подчеркнуть, что выбранный метод рафинирования применительно к технологическому возврату сплавов ВЖЛ12Э-ВИ и ЭИ868Л эффективен. В условиях литейного цеха проведено апробирование предлагаемой технологии переработки собственного возврата, в результате чего получены качественные слитки.

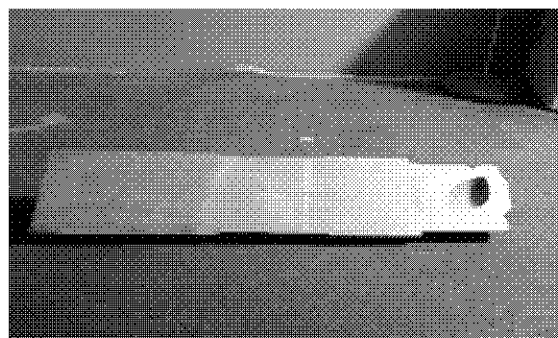


Рис. 3. Продольный темплет слитка сплавов ВЖЛ12Э-ВИ и ЭИ868Л

Таблица 1 – Параметры макроструктуры слитков ВЖЛ12Э-ВИ и ЭИ868Л

Сплав	Размер усадочной раковины, мм	Зона столбчатых кристаллов, мм	Зона равноосных кристаллов, мм	Размер макрозерна, мм
ВЖЛ12Э-ВИ	35	10–12	80–85	0,8–1,2
ЭИ868Л	30	1–4	62–68	0,3–1,0

Таблица 2 – Результаты механических испытаний опытных образцов сплавов ВЖЛ12Э-ВИ и ЭИ868Л

Марка сплава	№ образца	Предел прочности, кгс/мм ²	Удлинение, %	Поперечное сужение, %
ВЖЛ12Э-ВИ	1	98,2	6,8	11,2
	2	95,5	6	8,5
	3	95,7	5,2	7,8
	среднее	96,4	6	9,1
ЭИ868Л	1	49,2	57,2	–
	2	54,55	58,0	–
	3	55,1	54,4	–
	среднее	52,95	56,5	–

При исследовании особое внимание уделялось изучению микроструктуры темплетов в поперечном сечении, контролировалась чистота сплавов по неметаллическим включениям.

Обнаруженные единичные окислы в верхней части слитка не представляют серьезной проблемы для получения в дальнейшем качественных деталей, так как в процессе последующего переплава слитков по серийной технологии и всплывшие включения перед сливом расплава можно будет устранить путем скачивания их на стенку тигля.

Все взятые образцы, прошедшие исследования макро-, микро- структуры, механические испытания, испытания на длительную прочность отвечают требованиям существующего стандарта.

Сплавы, рафинированные методом температурно-временной обработки, соответствуют требованиям, предъявляемым к шихтовым материалам. Однако окончательные выводы о качестве получаемых сплавов можно будет сделать после ряда опытных плавов с применением опытных шихтовых заготовок для переплава и литья из них деталей газотурбинных двигателей.

Развитие технологии переработки технологического возврата собственного производства в перспективе позволит предприятию сократить расходы, связанные с закупкой шихтовых материалов за рубежом более чем на 40 %.

Список литературы

1. Свойства жаропрочных никелевых сплавов после ВТОР / [В. В. Клочихин, П. Д. Жеманюк, Е. И. Цивирко, В. В. Наумик] // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2000. – № 1. – С. 41–46.
2. Процессы кристаллизации, структура и свойства отливок из никелевых жаропрочных сплавов / [Е. И. Цивирко, П. Д. Жеманюк, В. В. Клочихин и др.] // Металловедение и термическая обработка металлов. – М. : «Машиностроение», 2001. – № 10. – С. 13–17.
3. Зеленюк А. Н. Использование технологического возврата при производстве отливок из жаропрочного никелевого сплава ВЖЛ12Э-ВИ / А. Н. Зеленюк, В. В. Наумик, А. В. Елькин // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. – 2011. – № 1 (22). – С. 198–202.

Одержано 19.10.2011

Зеленюк О.М., Елькін О.В., Наумик В.В. Вивчення якості мірних зливків, отриманих зі 100 % технологічного повернення, рафінованого методом температурно-часової обробки

Досліджено за умов нормальних та підвищених температур макро- та мікроструктуру, а також механічні властивості мірних зливків жаростійких стопів марок ВЖЛ12Э-ВИ і ЭИ868Л, отриманих зі 100 %, технологічного повернення. Результати дослідження показали, що зливки повністю відповідають ОСТ і можуть використовуватися для точного виливання.

Ключові слова: шихта, технологічне повернення, мірна заготовка, плавлення, механічні випробування, зразки, випробування на жароміцність, кристалізація, усадкова порожнина, утеплювальна вставка, заливальна чаша, кокіль.

Zeleniuk A., Yel'kin O., Naumik V. Quality testing of small bars obtained from 100 %-recycled material refined by temperature-time treatment

The macro and microstructure, mechanical properties at normal and elevated temperatures of ВЖЛ12Э-ВИ and ЭИ868Л heat-resistant alloy small bars produced of 100 %-recycled material were researched. Test results showed that the small bars entirely meet the requirements of standards and may be used for precision casting.

Key words: charge, recycled material, cut-to-length section, melting, mechanical tests, specimens, heat-resistance tests, solidification, contraction cavity, heat-insulation insert, pouring basin, chill mould.