

DOI: <https://doi.org/10.26896/1028-6861-2023-89-2-II-39-42>

ИЗГОТОВЛЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ ДЛЯ СТАНДАРТНЫХ ОБРАЗЦОВ В УСЛОВИЯХ ООО «ЛАСМЕТ»

© Радий Вадимович Сприкут*, Александр Николаевич Мазничевский

Общество с ограниченной ответственностью «Лаборатория специальной металлургии» (ООО «Ласмет»), Россия, 454047, г. Челябинск, 2-я Павелецкая ул., д. 18; *e-mail: mail@lasmet.ru

*Статья поступила 4 декабря 2022 г. Поступила после доработки 13 декабря 2022 г.
Принята к публикации 28 декабря 2022 г.*

Рассмотрена технология производства специальных сталей определенного химического состава для стандартных образцов, которая включает в себя выплавку стали или сплава заданного состава в вакуумно-индукционной печи с применением особо чистых шихтовых материалов, последующую ковку полученного слитка за несколько переделов на молотах с массой падающей части 7 и 3 т и прокатку на универсальном стане 250 в готовую продукцию, а также дополнительные исследования в случае необходимости. Сплавы некоторых марок предварительно выплавляли в лабораторной вакуумно-индукционной печи в соответствии с выбранной схемой микролегирования металла, а затем подвергали горячей деформации и испытаниям на горячую пластичность, которую оценивали с использованием пластометра (научно-исследовательский институт металлургии, г. Челябинск). Полученные в ходе исследований данные позволяли корректировать соответствующим образом технологию выплавки (за счет применения оптимального количества микролегирующих присадок) и горячей деформации (за счет выбора температуры нагрева под ковку) металла в условиях опытно-промышленного производства. Данную технологию неоднократно использовали для получения металлопродукции, послужившей основой для изготовленных в Институте стандартных образцов (г. Екатеринбург) стандартных образцов серий ЛГ32 – 36, ЛГ56 – 64, НГ15 – 17 и некоторых других. Предложенный способ обеспечивает высокую чистоту металла по растворенным газам, вредным примесям и неметаллическим включениям, что позволило в краткие сроки поставлять металл высокого качества для нужд заказчика.

Ключевые слова: стандартные образцы; вакуумно-индукционная плавка; ковка; горячая пластичность.

PRODUCTION OF THE STEELS OF SPECIAL DUTY AT THE “LASMET” LTD. FOR DEVELOPING REFERENCE SAMPLES

© Radii V. Sprikut*, Alexandr N. Maznichenkovsky

Lasmet Co, 18, 2-ya Paveletskaya ul., Chelyabinsk, 454047, Russia; *e-mail: mail@lasmet.ru

Received December 4, 2022. Revised December 13, 2022. Accepted December 28, 2022.

A technology for production of special steels of a given chemical composition for reference samples is considered. The developed technology includes smelting of the steel (alloy) of a given composition in a vacuum induction furnace using high purity charge materials followed by forging of the ingot in several stages on hammers with a mass of the falling part 7 and 3 tons and rolling on a universal mill 250 into finished bars. Alloys of several grades were preliminarily smelted in a laboratory vacuum induction furnace in accordance with the chosen scheme of metal microalloying and then subjected to hot deformation and hot plasticity tests. The hot plasticity was evaluated on a plastometer designed by the Research Institute of Metallurgy (Chelyabinsk). The data obtained during the research made it possible to adjust the technology of smelting (by optimization of the amount of microalloying elements) and hot deformation of metal (by the choice of heating temperature for forging) in conditions of pilot production. This technology was repeatedly used to obtain metal products which formed a base for reference samples of LG32 – 36, LG56 – 64, NG15 – 17 series and some others manufactured at the Institute for Certified Reference Materials (Yekaterinburg). The developed technique ensures a high purity of the produced metal in terms of dissolved gases, harmful impurities and non-metallic inclusions, which made it possible to provide the customer with high-quality metal in a short time frame.

Keywords: reference materials; vacuum-induction melting; forging; hot plasticity.

Введение

Широко известно, что стандартные образцы (СО) являются важнейшей составляющей контроля химического состава сталей и сплавов, производимых на металлургических предприятиях нашей страны [1]. Без применения СО практически невозможно метрологическое обеспечение требуемой точности оборудования, используемого для количественного химического анализа [2 – 5].

Различают несколько видов СО [6]: государственный стандартный образец (ГСО) — сертифицированный стандартный образец, тип которого утвержден (признан) национальным органом по метрологии, применяемый во всех областях национальной экономики страны, включая сферы законодательной метрологии; отраслевой стандартный образец (ОСО) — стандартный образец, признанный уполномоченным органом отрасли промышленности; стандартный образец предприятия (СОП) — стандартный образец, признанный руководством предприятия (организации) для его последующего применения на этом предприятии (в организации).

Следует отметить, что Институт стандартных образцов (ЗАО «ИСО») — ведущий производитель ГСО в России, номенклатура которых уже насчитывает свыше 530 наименований: от сырья (руды, ферросплавы) до металлов (чугун, сталь, сплавы) и отходов металлургического производства (шлак, пыль) [3]. Важной особенностью работы Института является не только изготовление СО для нужд отечественной металлургии, но и разработка различных методик анализа с применением как химических, так и инструментальных методов [7].

История сотрудничества Лаборатории специальной металлургии (ООО «Ласмет») и ЗАО «ИСО» насчитывает без малого 20 лет. За это время по заказам ЗАО «ИСО» сотрудниками лаборатории разработана технология производства специальных сталей и сплавов заданного химического состава, использованных ЗАО «ИСО» для изготовления ряда стандартных образцов. Так, например, ООО «Ласмет» принимало непосредственное участие в изготовлении партий металлопродукции, послужившей основой для стандартных образцов сталей и сплавов серий ЛГ32 – 36 (сталь легированная типов 12Х18Н9Т – 12Х18Н12Т), ЛГ56 – 64 (сталь легированная типов 09Х14Н1В2БР, 03Х21Н21М4ГБ, 20Х25Н20С2, 03ХН28МДТ, ХН35ВТ), НГ15 – 17 (сплав прецизионный типа 29НН, 33НН) и некоторых других.

Материалы и методы исследования

Основной сложностью при изготовлении металлопродукции по заказам ЗАО «ИСО» было

обеспечение заданного химического состава. При выплавке в опытно-промышленных условиях в вакуумно-индукционной печи с развесом слитков около 500 кг для обеспечения указанных требований часто приходилось специально подбирать шихтовые материалы наивысшего качества с минимальным количеством примесей. Шихтовые материалы делили на две партии: в завалку закладывали тугоплавкие и не склонные к угару металлы, а в подвалку — легкоокисляющиеся материалы и металлы с низкой температурой плавления. Плавление заканчивали в момент доведения расплава до оптимальной для него температуры и подачи в камеру печи аргона. Расплав разливали в изложницы в атмосфере аргона.

Полученные слитки обтачивали на токарных станках (рисунок) и затем деформировали, как правило, по следующей схеме: ковка обточенного слитка сначала на молоте с массой падающей части (МПЧ) 7 т за несколько выносов, затем — на молоте с МПЧ 3 т в профильных бойках до полуфабриката диаметром 90 мм; дальнейшую деформацию осуществляли в несколько переделов на универсальном прокатном стане 250 до сортового проката диаметром 40 мм.

Тщательная подготовка к процессу выплавки по описанной технологии позволяла обеспечивать заданный химический состав металлопродукции: металл многократно анализировали как на стадии выплавки, так и после получения сортовой продукции.

Описанную выше общую технологию корректировали как по температурному режиму нагрева расплава, так и по температурно-временным режимам горячей деформации в зависимости от особенностей конкретного сплава.

Для отработки технологии изготовления особо сложных сплавов, например, ЛГ56 – 58, перед изготовлением в опытно-промышленных условиях по описанной схеме выплавляли опытную партию в лабораторной вакуумно-индукционной печи емкостью 25 кг для нахождения оптимальных количеств микролегирующих присадок. Полученный слиток подвергали горячей деформации и определяли горячую пластичность с использованием пластометра производства Челябинского НИИ металлургии методом одноосного растяжения образцов при заданных температурах нагрева. Пластометр (отечественный аналог американской установки Gleeble 3800) обеспечивает любую скорость деформации от 0,001 до 150 с⁻¹ при температурах до 1300 °С. Максимальное усилие деформации — 6 т, максимальный рабочий ход ~45 мм, что позволяет достаточно точно определять реологические свойства испытываемого металла. Точность аналитических и технологических расчетов энергосиловых параметров различных процессов обработки металла



а



б

Внешний вид металлопродукции для СО: а — обточенные слитки массой 500 кг; б — подкат перед заключительной деформацией на $\varnothing 40$ мм

Metal products used in production of reference materials: а — turned ingots weighing 500 kg; б — semifinished rolled products before final deformation by $\varnothing 40$ mm

давлением в значительной степени обусловлена точностью определения сопротивления деформации σ_s , поскольку данный параметр входит в расчетные формулы в виде сомножителя.

Сопротивление деформации σ_s представляет собой интенсивность напряжений, достаточную для осуществления пластической деформации данного материала при заданных условиях деформирования. При одноосном растяжении или сжатии сопротивление деформации часто принимают за «истинное напряжение течения». Однако наиболее точным видом испытаний для определения сопротивления деформации является растяжение, свободное от таких снижающих точность факторов, как трение на торцах при испытаниях на сжатие и неравномерное распределение касательных напряжений при кручении. Недостаток метода испытания на одноосное растяжение заключается в том, что максимальная степень деформации ограничивается началом образования шейки и, как правило, не превышает 40 %. Следовательно, реологическое поведение деформируемых материалов достаточно полно характеризуется кривыми течения, которые отражают взаимодействие процессов деформационного упрочнения и таких процессов динамического разупрочнения, как динамический возврат (полигонизация), динамическая и метадинамическая рекристаллизация. Управление этими процессами и их целенаправленное использование позволяют не только оптимизировать энергосиловые и технологические параметры различных

процессов обработки металла давлением, но и в значительной степени определяют физико-механические свойства и структурное состояние готовой продукции [8 – 10].

Заключение

Таким образом, разработана и многократно опробована технология получения высокочистых сталей и сплавов специального назначения для изготовления СО. Технология позволяет получить высококачественную металлопродукцию с высокой степенью чистоты по неметаллическим включениям, примесным элементам и растворенным в металле газам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпов Ю. А., Барановская В. Б. Проблемы стандартизации методов химического анализа в металлургии / Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2019. Т. 85. № 1. Ч. II. С. 5 – 14. DOI: 10.26896/1028-6861-2019-85-1-II-5-14
2. Карпов Ю. А., Филиппов М. Н., Барановская В. Б. Репенные и нерешенные проблемы метрологии химического анализа / Журн. аналит. химии. 2019. Т. 74. № 9. С. 643 – 651. DOI: 10.1134/S00444450219090056
3. Степановских В. В. Стандартные образцы для обеспечения контроля состава сырья и материалов при производстве чистой стали / Сб. статей I Международной конференции «Чистая сталь: от руды до проката». Москва, 2020. С. 59 – 62.
4. Дворецков Р. М., Тихонов М. М., Карачевцев Ф. Н., Куко И. С. Определение химического состава жаропрочных сплавов на различных этапах аддитивного производства / Труды ВИАМ. 2021. № 6(100). С. 112 – 122. DOI: 10.18577/2307-6046-2021-0-6-112-122

5. **Алексеев А. В., Якимович П. В.** Применение метода масс-спектрометрии высокого разрешения с тлеющим разрядом в анализе никелевых сплавов / Труды ВИАМ. 2020. № 8(90). С. 101 – 108.
DOI: 10.18577/2307-6046-2020-0-8-101-108
6. ГОСТ 8.315–2019. Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов. — М.: Стандартинформ, 2019. — 39 с.
7. **Степановских В. В.** Институту стандартных образцов — 55 лет! Разработка и производство стандартных образцов материалов металлургического производства / Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2018. Т. 84. № 1. Ч. II. С. 14 – 22. DOI: 10.26896/1028-6861-2018-84-1(II)-14-22
8. **Gronostajski Z., Pater Z., Madej L., et al.** Recent development trends in metal forming / Arch. Civil Mech. Eng. 2019. Vol. 19. N 3. P 898 – 941. DOI: 10.1016/j.acme.2019.04.005
9. **Hyung-Jun Cho, Yeonggeym Cho, Gang Hee Gu, et al.** Effects of strain rate on tensile ductility in Cu-added stable Fe – Cr – Ni-based austenitic stainless steels / Mater. Sci. Eng. A. 2022. Vol. 861. 144415. DOI: 10.1016/j.msea.2022.144415
10. **Shang X., Cui Zh., Fu M. W.** A ductile fracture model considering stress state and Zener — Hollomon parameter for hot deformation of metallic materials / Int. J. Mechanical Sci. 2018. Vol. 18. P 800 – 812. DOI: 10.1016/j.ijmecsci. 2018.06.030
3. **Stepanovskikh V. V.** Standard samples for monitoring the composition of raw materials and materials in the clean steel production / Proc. of I International Conference “Pure steel: from ore to rolled products”. Moscow, 2020. P 59 – 62 [in Russian].
4. **Dvoretzskov R. M., Tikhonov M. M., Karachevtsev F. N., Kuko I. S.** Determination of the chemical composition of heat-resistant alloys at various stages of additive manufacturing / Trudy VIAM. 2021. N 6 (100). P 112 – 122 [in Russian].
DOI: 10.18577/2307-6046-2021-0-6-112-122
5. **Alekseev A. V., Yakimovich P. V.** Application of the glow discharge high resolution mass spectrometry method in analysis of nickel alloys / Trudy VIAM. 2020. N 8(90). P 101 – 108 [in Russian]. DOI: 10.18577/2307-6046-2020-0-8-101-108
6. ГОСТ 8.315–2019. Reference materials of composition and properties of substances and materials. Basic principles. — Moscow: Standartinform, 2019. — 39 p. [in Russian].
7. **Stepanovskikh V. V.** The Institute for certified reference materials marks the 55th anniversary of foundation. Development and production of certified reference materials for metallurgical production / Zavod. Lab. Diagn. Mater. 2018. Vol. 84. N 1. Part II. P 14 – 22 [in Russian].
DOI: 10.26896/1028-6861-2018-84-1(II)-14-22
8. **Gronostajski Z., Pater Z., Madej L., et al.** Recent development trends in metal forming / Arch. Civil Mech. Eng. 2019. Vol. 19. N 3. P 898 – 941. DOI: 10.1016/j.acme.2019.04.005
9. **Hyung-Jun Cho, Yeonggeym Cho, Gang Hee Gu, et al.** Effects of strain rate on tensile ductility in Cu-added stable Fe – Cr – Ni-based austenitic stainless steels / Mater. Sci. Eng. A. 2022. Vol. 861. 144415. DOI: 10.1016/j.msea.2022.144415
10. **Shang X., Cui Zh., Fu M. W.** A ductile fracture model considering stress state and Zener — Hollomon parameter for hot deformation of metallic materials / Int. J. Mechanical Sci. 2018. Vol. 18. P 800 – 812. DOI: 10.1016/j.ijmecsci. 2018.06.030

REFERENCES