



*The new principles of creation of instrumental steel grades, which will allow to increase resource of outfil and will make it possible to use steel scrap for melting of new billers are developed.*

В. Н. ФЕДУЛОВ, БНТУ

УДК 671.24

## СОЗДАНИЕ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОШЛАКОВОЙ ВЫПЛАВКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗАГОТОВОК БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА СТАЛИ НОВОЙ МАРКИ 5ХЗНМФС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАЛЬНОГО ЛОМА

Разработан проект по использованию высоколегированного стального лома сталей 4Х5МФС и 5ХНМ для производства в пределах Республики Беларусь цельнолитых заготовок большого диаметра (до 600 мм, масса до 850 кг) из новой марки инструментальной стали 5ХЗНМФС. Эти заготовки предназначены для изготовления высоконагруженной технологической оснастки горячего формообразования стальных изделий сложной формы (пресс-формы для литья цветных сплавов и высоконагруженные прессовые штампы). Проект одновременно позволяет уменьшить импорт инструментальных сталей (снизить расходование предприятиями валютных средств), повысить стойкость технологической оснастки за счет высоких свойств стали 5ХЗНМФС и возможности применения поверхностного упрочнения рабочих частей с помощью химико-термической обработки. Тем самым, можно достигнуть сокращения производства оснастки и понизить себестоимость выпускаемых изделий.

Надежная и долгосрочная работа металлической оснастки и инструмента закладывается изначально при их конструировании, а затем должна быть продолжена на стадиях изготовления. Выбор правильной конструкции, нужной марки стали и твердости рабочих частей оснастки и инструмента – не только главная задача всей цепочки изготовления технологической оснастки, но и основополагающее звено в обеспечении в дальнейшем срока жизни этого вида продукции. Весьма актуальным аспектом данной задачи остается момент предпочтительного выбора марки стали, основной проблемой которого является отсутствие методических разработок по

данному вопросу с указанием требований к материалу на основе ранее изученных обстоятельств эксплуатации данного вида оснастки или инструмента. Другой стороной проблемы остается узкий перечень материалов, используемых для изготовления того или иного вида оснастки или инструмента и ввоз их из-за рубежа. Вопрос разработки новых марок сталей и их выплавка на территории Республики Беларусь, а также одновременное применение для них химико-термической обработки является, по-прежнему, весьма актуальным.

Основанием для проведения научно-исследовательских работ послужили значительное повышение цен на поковки и прокат стали 4Х5МФС, применяемых для изготовления высоконагруженных прессовых штампов и пресс-форм, и недостаточная стойкость аналогичных штампов, изготовленных из полуфабрикатов стали 5ХНМ (условия эксплуатации инструмента или оснастки изменить практически невозможно), что способствовало одновременному и также значительному росту себестоимости выпускаемых стальных изделий.

Новизна разработки состоит в создании основ производства в Республике Беларусь полуфабрикатов инструментальных сталей белорусских марок из имеющегося в наличии на предприятиях лома и одновременном повышении стойкости высоконагруженной технологической оснастки горячего формообразования. На начальном этапе полуфабрикаты стали 5ХЗНМФС предполагается изготавливать методом электрошлакового переплава стального лома. Здесь возможны два варианта выплавки заготовок новой марки стали в довольно значительном количестве.

Например, выплавка стали с содержанием в ее составе 2,5–3,0% хрома и до 1% никеля для замены полуфабрикатов стали 4Х5МФС. В этом случае будут применяться при плавлении в паре два электрода: один из лома стали 4Х5МФС, а второй – из лома стали 5ХНМ. Второй вариант предполагает содержание хрома в составе стали в пределах 1,5–2,0% и до 1,0% никеля, когда электрод будет состоять из трех частей лома стали 5ХНМ и одной части стали 4Х5МФС.

Для обеспечения надлежащего порядка при использовании лома будут рекомендованы шифровые индексы для маркировки оснастки, чтобы отличать стали друг от друга и указывать их принадлежность к той или иной марке стали. Процесс электрошлакового способа выплавки заготовок будет представлять собой как бы испытательный полигон для апробирования нового химического состава инструментальной стали 5ХЗНМФС. Высокотехнологическая оснастка из новой марки стали на стадии изготовления должна подвергаться термической и химико-термической обработке по специально разработанным режимам для каждого вида оснастки. В последующие годы результаты апробирования новой стали можно перенести на производство ее полуфабрикатов в условия Белорусского металлургического завода. Для этого следует разработать временные технические условия производства заготовок стали 5ХЗНМФС по результатам апробирования. По предварительным данным, новая сталь 5ХЗНМФС сможет обеспечить сохранение или повышение в большинстве случаев в 1,5 раза стойкости по сравнению со сталью 4Х5МФС или повышение стойкости в 2 раза в сравнении со сталью 5ХНМ.

НИЛ «Материаловедение и технология литейного производства» Белорусского национального технического университета в последнее время приобрела значительные навыки и достижения в создании белорусских марок стали (а. с. СССР № 1195674, 1300971, 1395689, 1403658, 1458420, 1463788 и пат. РБ № 3566, 3567, 7512, 7513, 8647, 8655). Ранее были получены авторские свидетельства на проведение химико-термической обработки (№ 901349, 1195677, 1403658 и др.). В общем плане разработка обеспечит значительное повышение ресурса эксплуатации технологической оснастки в условиях массового или серийного производства продукции. Основы решений будут составлять новые принципы создания инструментальных марок сталей, которые позволят в дальнейшем провести цикл последовательных мероприятий, дающих возможности повышения ресурса оснастки, и создать возможность использования

лома высоколегированной стали для выплавки новых заготовок на территории Республики Беларусь.

В период с 1982 по 2008 гг. в НИЛ МиТЛП БНТУ разрабатывали и внедряли на предприятиях различные технологии по повышению эксплуатационной стойкости деталей технологической оснастки. Основные принципы и полученные результаты изложены в работах [1–4]. Разработки по освоению новых марок сталей и повышению эксплуатационной стойкости технологической оснастки в разное время были внедрены на ряде предприятий стран СНГ, Балтии и на предприятиях Республики Беларусь (РУП «Кузнечный завод тяжелых штамповок», РУН «Завод газовой аппаратуры», РУН «Завод сельскохозяйственного машиностроения», РУП «МЗ СИ и ТО», ОАО «Мотовело», ОАО «Радиотехника», РУП «БМЗ» и др.). Результаты работ по повышению стойкости изделий были представлены в 2000 г. на Международной выставке в Ганновере (Германия).

В настоящее время усилия сосредоточены на разработке технологий получения более дешевой технологической оснастки и инструмента с высоким уровнем эксплуатационной стойкости. Разработанная технология в отличие от известных аналогов основывалась на разработке состава штамповой стали для оснастки горячего формообразования, изучении способов переплава металлоотходов, участии в ходе цикла изготовления оснастки, включая механическую и термическую и химико-термическую обработки, а также на изучении процесса эксплуатации оснастки с целью повышения эксплуатационной стойкости. Необходимо было при выплавке литых заготовок из новой инструментальной стали для конкретной технологической оснастки определиться с качественным и количественным составом электрода, подобрать режимы плавления заготовок и термической и химико-термической обработки деталей оснастки с целью формирования объемных свойств и получения твердого износостойкого поверхностного слоя.

В настоящее время наступила необходимость освоения технологии в условиях реального производственного цикла. При проведении опытно-промышленных работ нужны оборудование и необходимые материалы для выплавки сталей. В настоящее время такие условия имеются на РУН «Цветмет» (Жодино) и ПРУП «Минский завод шестерен» (здесь можно получать заготовки диаметром от 150 мм и более). Проведенные технико-экономические оценки говорят о том, что здесь можно изготавливать до нескольких сотен сталь-

ных заготовок в год. Номенклатура технологической оснастки, которую можно получать с использованием предлагаемого метода получения полуфабрикатов новой марки стали, имеется на многих белорусских машиностроительных предприятиях.

На предприятиях имеется значительное количество работающей технологической оснастки, т.е. в материальном выражении сотни тонн металла. Большинство этих изделий состоят из легированной и высоколегированной стали, имеющей высокую стоимость (4000–8000 у.е. за 1 т) и поставляемой из-за пределов РБ. При этом стоимость изготовления самих изделий доходит в отдельных случаях до 10 000 у.е. за единицу. Большинству предприятий РБ накладно приобретать инструментальные стали из-за рубежа. Использование металлоотходов легированных сталей для переплава, упрочняющей термической и химико-термической обработки позволит значительно сократить издержки производства. Предлагаемая технология даст возможность проводить комплекс мероприятий по сокращению стоимости технологической оснастки и значительного повышения эксплуатационного ресурса, а также сократить приобретение стали из-за пределов РБ и уменьшить количество производимой технологической оснастки. Новая сталь, полученная в процессе выплавки промышленным способом с использованием различных оригинальных приемов, по качеству должна в большинстве случаев превосходить аналоги, получаемые из-за границы.

Таким образом, реализация проекта позволит уменьшить импорт инструментальной стали, а также сократить количество изготавливаемой технологической оснастки и, в конечном итоге, снизить затраты на производство металлоизделий. Освоение разрабатываемого технологического проекта по выплавке инструментальных сталей в промышленных условиях на РУП «БМЗ» не предусматривает покупку нового оборудования, значительных других дополнительных затрат и уменьшает закупку высоколегированных сталей из-за пределов республики. Также открывается возможность впоследствии выплавлять полуфабрикаты для изготовления оснастки как горячего, так и холодного формообразования металлических и пластмассовых изделий. Внедрение новой технологии поможет предприятиям за счет экономии валютных средств выдержать конкуренцию на рынке, а проведение научных исследований подготовит научные и инженерные кадры в области металловедения и термической обработки инструментальных сталей.

При расчете экономической эффективности проекта только разность в стоимости полуфабрикатов инструментальных сталей вновь освоенной марки стали и применяемых сталей 4X5МФС и 5XНМ дает значительный экономический эффект. Внедрение проекта в производство также снизит количество изготовленной технологической оснастки, что позволит еще сэкономить значительные денежные средства.

### Литература

1. Кукуй Д. М., Федулов В. Н. Разработка легирующей матрицы для создания белорусских инструментальных сталей на базе стали 70К (У8А) производства РУП «БМЗ» (обзор и исследования) // *Литье и металлургия*. 2004. № 2 (30). С. 109–126.
2. Федулов В. Н., Ливенцев В. Е. Механические свойства литых заготовок из стали типа 5XНМ, полученных заливкой в изложницу после индукционного переплава стального лома // *Литье и металлургия*. 2004. № 1 (29). С. 94–95.
3. Федулов В. Н. Научно-методические предпосылки к разработке составов стали для повышения стойкости высоконагруженных штампов холодного деформирования // *Литье и металлургия*. 2005. № 4 (36). С. 54–58.
4. Федулов В. Н. Перспективы использования существующих и создание новых инструментальных сталей для производства технологической оснастки горячего формирования изделий // *Литье и металлургия*. 2006. № 1 (37). С. 125–129.