

The article presents the data on chemical composition, technological melting, casting and rolling of pilot steel for hot pressing stamps which is being developed at Belarussian metallurgical plant.

В. В. ФИЛИППОВ, РУП "БМЗ",
В. И. ТИМОШПОЛЬСКИЙ, А. Б. СТЕБЛОВ, БГПА,
Ю. В. ДЬЯЧЕНКО, РУП "БМЗ",
Е. И. ПАНКРАТИН, Д. В. ЛЕНАРТОВИЧ, БГПА

ПРОИЗВОДСТВО ШТАМПОВЫХ СТАЛЕЙ В УСЛОВИЯХ БЕЛОРУССКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ЗАВОДА

УДК 669.14.018.254

В настоящее время в различных отраслях народного хозяйства при производстве технологической оснастки используется около 40 марок сталей, ввозимых в Беларусь. Основные производители штамповых сталей — предприятия России и Украины: "Днепроспецсталь", "Электросталь", Златоустовский металлургический завод, завод "Красный Октябрь" (г. Волгоград), Челябинский металлургический комбинат.

Потребность предприятий Республики Беларусь в штамповых сталях составляет около 11 тыс. т в год. Используемые в настоящее время по ГОСТ 5950-90, 1435-90 штамповые стали условно можно разделить на пять групп со следующей ориентировочной годовой потребностью:

Годовая потребность, т

I - стали типа 5ХНМ, 4ХСМФ	3000
II - стали типа 7Х3, 5Х2МНФ, 4Х5МФС, 4Х5В2ФС	2000
III - стали типа У4-У12А, 7ХФ, 9ХФ, 9ХС	3000
IV - стали типа Х12, Х6ВФ, ХВГ, ХВ2С	2000
V - стали типа 5Х3В3МФС, 4Х4ВМФС	1000

Стоимость перечисленных выше сталей на рынке металлов Беларуси составляет от 450 до 1600 у.е. за 1 т. Поставка металла производится в основном специализированными коммерческими структурами.

До 1994 г. проблемами инструмента и оснастки из штамповых сталей занимались специалисты БГПА и НАН Беларуси. В настоящее время эта работа практически прекращена. Группа специалистов в этой области работает на фирме "Интерсталь", осуществляя подбор режимов ТО и ХТО к конкретным условиям работы оснастки у заказчика стали.

Предприятия-производители штамповых сталей

выплавляют указанные штамповые стали, разливая их в слитки для последующей прокатки или проковки. Технология производства сталей на Белорусском металлургическом заводе предусматривает разливку стали на МНЛЗ в непрерывнолитую заготовку сечением 250×300 и 300×400 мм. В 1991—1993 гг. на БМЗ делались попытки производства штамповых сталей типа 5ХНМ для крупногабаритной горячепрессовой азотируемой оснастки ударного действия. Однако при этом брак достигал 47—58 %, а зачистка дефектов поверхности готового проката — 83—95 %. Кроме того, прокатка заготовок на сортовой круг диаметром 150 мм с последующей обработкой в колодцах регулируемого охлаждения не обеспечивала требуемой твердости 205—230 НВ для дальнейшей механической обработки у потребителя.

В виду того что в настоящее время проблема обеспечения штамповыми сталями собственного производства в Республике Беларусь обсуждается в открытой печати, иницируется машиностроительными заводами, было принято решение разработать технологию производства этих сталей, обеспечивающую максимальное качество с минимальными затратами силами специалистов кафедры "Металлургические технологии" БГПА и Белорусского металлургического завода.

За прототип взята сталь 5ХНМ, производимая в соответствии с требованиями ГОСТ 5950—90. В табл. 1 приведен химический состав базовой стали и опытных плавок БИС-1(45ХМНФЮТР), БИС-2(45ХМНФ1ЮТР), выплавленных в условиях БМЗ. В опытных марках сталей был дополнительно введен бор, существенно повышающий выносливость стали после азотирования, что особенно важно для инструмента, работающего в условиях знакопере-

Таблица 1. Химический состав базовой и опытных сталей

Сталь	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	Ti	Al	B
5ХНМ	0,5-0,6	0,15-0,35	0,5-0,8	0,5-0,8	1,4-1,8	0,15-0,3				
БИС-1	0,44-0,52	0,18-0,4	0,45-0,75	0,8-1,2	1,3-1,7	0,35-0,65	0,05-0,12	0,05-0,08	0,01-0,04	0,001-0,003
БИС-2	0,44-0,52	0,18-0,4	0,45-0,75	0,8-1,2	1,3-1,7	0,35-0,65	0,18-0,25	0,05-0,08	0,01-0,04	0,001-0,003

менных нагрузок, например прошивных игл и др. Присутствие бора наиболее эффективно проявляется в стали одновременно с титаном. Увеличение содержания хрома от 0,8 до 1,2 %, молибдена от 0,3 до 0,65 % и введение ванадия обеспечивают повышение прочности оснастки при увеличенных температурах и теплостойкости азотируемой поверхности оснастки.

После обоснования химического состава опытной стали были разработаны технологические карты на все операции от выплавки до отгрузки готового проката потребителям.

Выплавка стали на БМЗ осуществлялась в 100-тонной дуговой сталеплавильной печи. Шихтовка плавки производилась с использованием в завалке 20 т чугуна, 50 т легированного Cr—Ni—Mo-содержащего лома, углеродистого лома и ферроникеля.

Процесс выплавки после завалки проводили в соответствии с ТИ 840-С-01-90. Содержание углерода в стали перед выпуском составляло 0,32—0,38 %.

Температура металла перед сливом в сталеразливочный ковш изменялась от 1678 до 1719°C. Перед выпуском стали, после отключения печи присаживали 100 кг кокса и 1500 кг извести, после чего скачивали шлак. При сливе металла в нагретый сталеразливочный ковш на струю подавали ферросилиций, феррохром в количестве до 800 кг и кальция до 110 кг на плавку. Температура металла в ковше после слива изменялась от 1604 до 1659°C. Для усреднения стали по химическому составу и температуре сталь в ковше продували аргоном 3—5 мин через погружную форму или донную пробку.

Ковш с жидкой сталью передавали на установку "печь—ковш", где одновременно проводили технологические операции по присадке легирующих элементов, продувке стали аргоном через донную пробку, электромагнитное перемешивание. Присадку ферросплавов и алюминия осуществляли из расчета среднего содержания элементов в готовой стали с учетом коэффициента усвоения. Учитывая особенности разлива стали на МНЛЗ-3, для улучшения процесса разлива подбирали соотношение алюминия и титана, исключающего процесс затягивания разливочного стакана и шибера стальной ковш. Доводку стали до заданного химического состава по углероду 0,45—0,49 % осуществляли за счет ввода углеродсодержащих отходов в виде боя электродов, кокса и пироуглерода.

Следующий этап — внепечная обработка стали на циркуляционном вакууматоре. После достижения

разряжения 0,5—1,0 Мбар продолжительность вакуумирования составляла 12—20 мин. Одновременно подавали аргон с интенсивностью продувки 400—500 л/мин. Температура стали в конце вакуумирования составляла 1554—1572°C. В процессе вакуумирования осуществляли доводку до заданного химического состава, соблюдая следующую очередность: присадка ферробора проводилась после присадки ферротитана с целью связывания титаном азота и более полного усвоения бора. Перед передачей стали на разливу на поверхность металла давали 200 кг вермикулита для защиты и утепления металла.

Разливу осуществляли на МНЛЗ-3 в заготовки сечением 300×400 и 250×300 мм. Во время разлива струю металла защищали от вторичного окисления при помощи погружного стакана и подачи аргона под крышку промежуточного ковша. Температура металла перед разливкой изменялась от 1552 до 1572°C. В промежуточном ковше регистрируемая температура изменялась в различных плавках от 1543 до 1526°C в начале разлива и от 1524 до 1517°C в конце разлива. Скорость разлива поддерживалась в пределах 0,5—0,6 м/мин на сечении 300×400 мм и 0,7—0,8 м/мин на сечении 250×300 мм. При разливе использовали стандартную шлаковую смесь БС-3.

После разлива раскромочные на мерные длины blooms выдерживали в штабелях под колпаками 32 ч в случае холодного посада в нагревательную печь. При горячем посаде режим нагрева заготовок соответствовал третьей группе в соответствии с ТИ 840-П2-01-91. Технологический режим нагрева заготовок штамповой стали приведен в табл. 2.

Анализ температурно-временных параметров нагрева заготовок сечением 300×400 мм показывает, что длительность нагрева штамповой стали с повышенным сопротивлением деформации должна быть не менее 3 ч при температуре не ниже 1300°C в IV зоне.

Для снижения высоких внутренних напряжений и исключения образований внутренних и наружных трещин посад заготовок в печь необходимо производить в горячем состоянии сразу после разлива на МНЛЗ-3.

Следует отметить, что в ходе прокатки первой опытной плавки усилие прокатки достигало значений 6480 при допуске 5550 КН. В связи с этим температура нагрева в IV—VI зонах была повышена на 20°C и длительность выдержки на 40 мин.

Таблица 2. Технологический режим нагрева в печи стана 850

Сечение заготовки проката, мм	Вид посада	Температура нагрева по зонам, °C							Время нагрева, ч
		I	II	III	IV	V	VI	VII	
300×400 мм, диаметр 150 мм	Горячий	1120	1130	1200	1300	1280	1290	1260	2,1—2,6
		1170	1200	1240	1330	1300	1310	1280	
300×400 мм, диаметр 150 мм	Холодный	1150	1190	1250	1310	1250	1310	1240	3,3—3,4
		1180	1200	1280	1340	1280	1330	1280	

При прокатке заготовок на стане 850 по стандартной схеме на сортовой круг диаметром 50 мм и последующем охлаждении на речном холодильнике было установлено, что опытная сталь (БИС-1, БИС-2) может содержать флокены и мартенситную структуру. Наряду с этим возникают значительные внутренние напряжения при охлаждении, а твердость металла после охлаждения достигает 340 – 370 НВ. Дальнейшая обработка этого металла у потребителя без специальной термообработки невозможна. С этой целью было предложено опробовать несколько режимов термической обработки в отапливаемых колодцах замедленного охлаждения. По техническим возможностям колодцев максимальная температура нагрева рабочего пространства колодца составляет 790°C, что, вероятно, для стали этого класса ниже критической точки A_{C_3} . В связи с этим проведение полного отжига указанной стали на БМЗ невозможно.

В процессе исследований для обеспечения условий распада мартенсита и бейнита был предложен режим ступенчатой термообработки, который заключался в нагреве проката до температуры 790°C со скоростью 40°C/ч, выдержкой в течение 6 ч с последующим охлаждением до 20°C. Твердость поверхности проката при этом снижается до 262 НВ. При повторном нагреве до 650°C и охлаждении без ступеньки 500°C твердость соответствовала требованиям ТУ 3-572-88 и составила 229 НВ. Структура стали представляла собой сорбит отпуска и характеризовалась меньшей степенью дисперсности сфероидальных частиц цементита и завершением коагуляции карбидной фазы.

В процессе исследований на отбракованных штангах были выявлены дефекты, классифицируе-

мые как кристаллизационные трещины. По нашему предположению, это вызвано отклонениями в режиме разлива и вторичного охлаждения. По остаточным показателям качества макроструктуры (ГОСТ 10243-75) получены удовлетворительные результаты. На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- поставленная задача производства сталей класса штамповых в условиях БМЗ вполне разрешима и требует дальнейшей доработки химического состава и технологии производства;
- основными факторами, формирующими качество металла в целом, является технология внепечной обработки и разлива;
- посад заготовок в нагревательную печь стана 850 необходимо делать только в горячем состоянии: видоизмененная технология нагрева заготовок требует дальнейшей доработки;
- одновременно целесообразно разработать более мягкую по условиям деформации калибровку и схему деформации заготовок. Возможно, что целесообразным будет переход на заготовку сечением 250×300 мм;
- при реконструкции одного из колодцев с целью повышения температуры нагрева до 880 – 920°C можно значительно ускорить режим термообработки и требуемую твердость поверхности металла;
- разрабатываемая технология производства штамповых сталей методом непрерывного литья более экономична, патентоспособна и может быть рекомендована как альтернатива технологии разлива сталей этого класса в слитки на предприятиях, оснащенных МНЛЗ.