



The task of mastering of bar production of bearing steel grades including steel 55SMFA was set to RUP «BMZ» in connection with increase of import-substituting bar steel grades. Satisfactory quality of metal-roll is achieved as a result of mastering of production technology of hot-rolled section iron.

П. К. ГРИБОВСКИЙ, О. М. КИРИЛЕНКО, В. А. ПОЛИТОВ, РУП «БМЗ»

УДК 669.

ОСВОЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СОРТОВОГО ГОРЯЧЕКАТАНОГО ПРОКАТА ДИАМЕТРАМИ 80, 90, 100, 120 ММ ИЗ СТАЛИ МАРКИ 55СМ5ФА В УСЛОВИЯХ РУП «БМЗ»

В качестве выпускаемых на РУП «Белорусский металлургический завод» до 2010 г. подшипниковых марок сталей являлась сталь ШХ15СГ, промышленное производство которой начато в 2001 г. в виде горячекатаного сортового проката диаметром 80–150 мм. Основным потребителем данной металлопродукции является ОАО «Минский подшипниковый завод».

Однако в 2009 г. было принято решение о модернизации и дальнейшем развитии ОАО «МПЗ», а также увеличении импортозамещаемых марок стали сортового проката, используемого для производства подшипников. В связи с этим перед РУП «БМЗ» была поставлена задача освоения производства сортового проката подшипниковых марок сталей, в том числе и стали 55СМ5ФА.

Сталь 55СМ5ФА обладает уникальными свойствами: высокой твердостью и износостойкостью. За эти свойства шарики из данной марки стали получили большое распространение в качестве тел вращения для опор буровых долот и турбобуров.

По своим эксплуатационным качествам шарики из стали 55СМ5ФА часто взаимозаменяемы с шарами из стали 95Х18.

Совместно с Минским подшипниковым заводом разработано и согласовано техническое соглашение ТС 840-СПЦ-302009 на поставку опытной партии проката сортового горячекатаного диаметрами 80, 90, 100, 120 мм из стали марки 55СМ5ФА, предназначенного для изготовления колец подшипников деталей турбобуров. К основным техническим требованиям стали определили соответствующий химический состав, качество макроструктуры, чистоту стали по неметаллическим включениям, твердость образцов после термической обработки (HRC), а также качество поверхности.

В соответствии с планом НИР в феврале 2010 г. в ЭСПЦ-2 РУП «БМЗ» была произведена выплавка и разливка опытной партии непрерывнолитых заготовок сечением 250×300 и 300×400 мм стали марки 55СМ5ФА. Следует отметить, что производство данной стали пришлось на период прове-

Таблица 1. Химический состав стали марки 55СМ5ФА опытных плавков

Профиль проката, мм	Номер пробы	Массовая доля элементов, %							
		C	Si	Mn	Mo	V	S	P	Cu
300×400	82	0,56	0,84	0,54	0,44	0,16	0,013	0,008	0,21
∅ 120	42	0,57	0,84	0,54	0,43	0,16	0,013	0,007	0,21
250×300	82	0,56	0,87	0,55	0,42	0,17	0,004	0,008	0,15
∅ 80	42	0,56	0,84	0,55	0,41	0,17	0,004	0,008	0,15
∅ 90	42	0,55	0,85	0,55	0,41	0,17	0,005	0,007	0,15
∅ 100	42	0,55	0,85	0,55	0,41	0,17	0,005	0,008	0,15
Требования ТС 840-СПЦ-302009		0,53–0,60	0,80–1,10	0,30–0,60	0,40–0,60	0,15–0,25	не более 0,015 0,025 0,25		
Допуск в прокате		± 0,01	± 0,05	± 0,02	± 0,02	± 0,02	–	–	–

Примечание. В стали допускается остаточное содержание Ni и Cr до 0,30 % каждого.

Таблица 2. Результаты оценки макроструктуры непрерывнолитой заготовки

Сечение, мм	Номер темплета	ОСТ 14-1-235-91, балл						
		ЦП	ОЛ	ЛПТоб	ЛПТос	ЛПТугл	СП	КТЗ
300×400	3	2,0	2,5	3,5	1,5	0	0	0,5
250×300	1	1,0	1,0	0,5	0,5	0	0	0



Рис. 1. Макроструктура темплета непрерывнолитой заготовки плавки сечением 300×400 (а) и 250×300 мм (б)

денной в электросталеплавильном цеху реконструкции машины непрерывного литья заготовок. Результаты химического анализа опытных плавки по разливочной 82-й пробе, а также отобранной в прокате 42-й пробе приведены в табл. 1.

В лабораторию металловедения ЦЗЛ были представлены пробы непрерывнолитой заготовки сечением 300×400 и 250×300 мм для оценки макроструктуры. После снятия серных отпечатков по методу Баумана темплеты были протравлены в 50%-ном растворе соляной кислоты и проведена оценка макроструктуры темплета непрерывнолитой заготовки по ОСТ 14-1-235-91 (табл. 2).

Макроструктура темплетов непрерывнолитой заготовки приведена на рис. 1.

Как видно из таблицы и рисунка, макроструктура непрерывнолитой заготовки сечением 250×300 мм имеет равномерную, плотную структуру, в отличие от сечения 300×400 мм, в котором ярче выражены центральная пористость, являющаяся следствием химической неоднородности непрерывнолитой заготовки, осевая ликвация, представляющая собой повышенную концентрацию ликвирующих примесей в сердцевине, а также ликвационные полосы и трещины, образовавшиеся в процессе затвердевания заготовки в температурном

интервале хрупкости. При этом данные дефекты изменяются в процессе дальнейшей прокатки в температурном интервале пластической деформации металла.

После разливки и резки на мерные длины непрерывнолитые заготовки опытных плавки охлаждали в штабелях под колпаками.

Посад непрерывнолитых заготовок сечением 250×300 и 300×400 мм в нагревательную печь стана 850 производили после предварительного нагрева в подогревательной печи. В качестве оптимального режима нагрева металла в нагревательной печи стали марки 55СМ5ФА с указанным выше химическим составом (см. табл. 1) был выбран режим для 3-й группы марок стали в соответствии с требованиями технологической инструкции (табл. 3).

После нагрева осуществляли прокатку непрерывнолитых заготовок на круги диаметром 80, 90, 100 мм из непрерывнолитых заготовок сечением 250×300 мм и диаметром 120 мм из непрерывнолитых заготовок сечением 300×400 мм в соответствии с действующей технологической инструкцией с использованием стандартной калибровки валков. Выбранные оптимальные режимы нагрева заготовок и калибровка валков позволили обеспечить

Таблица 3. Режимы нагрева непрерывно литых заготовок в нагревательной печи стана 850

Сечение, мм	Температура печи по зонам, °С				
	1, 2	3	4	5	6
300×400	1105–1195	1200–1270	1220–1290	1190–1260	1210–1280
250×300	1070–1160	1180–1250	1190–1260	1150–1220	1190–1260

Т а б л и ц а 4. Результаты отделок опытных плавок в линии адьюстажа

Профиль проката, мм	Марка стали	Количество заготовок, заданных в линию отделки, шт.	Общий объем зачистки по плавкам		Общая энергия зачистки, усл. ед.	Количество годного, т
			шт.	%		
120	55СМ5ФА	99	39	39,4	187	92,146
80		72	4	5,6	4	30,635
90		60	4	6,7	346	36,075
100		44	3	7	65	30,235

Т а б л и ц а 5. Результаты макроструктурного анализа

Профиль проката, мм	Марка стали	Номер проката	Макро	ЦП	ТН	ЛК	ОПЛ	КПЛ	ПЛ	ПП	МТ	ЛП б/мм	
120	55СМ5ФА	3	Уд	0,5	0,5	0	0	0	2,0	0	0	0	
		4	Уд	0,5	0,5	0	0	0	2,0	0	0	0,5/7	
		7	Уд	0,5	1,0	0	0	0	2,5	0	0	0,5/5	
		8	Уд	0,5	0,5	0	0	0	1,5	0	0	0	
80		1	Уд	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	
		2	Уд	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	
90		1	Уд	0,5	0,5	0	0	0	0,5	0	0	0	
		2	Уд	0,5	0,5	0	0	0	0,5	0	0	0	
100		1	Уд	0,5	0,5	0	0	0	1,0	0	0	0	
		2	Уд	0,5	0,5	0	0	0	0,5	0	0	0	
Требования ТС 840-СПЦ-30-2009			Не более 2 балла						-				

стабильную прокатку как по технологическим параметрам (момент и усилие прокатки, температуры поверхности металла по проходам), так и геометрическим размерам профиля.

После прокатки раскаты передавали на пилу горячей резки, где осуществляли раскрой на заготовки требуемой длины. Затем прокат охлаждали на реечном холодильнике с последующей термообработкой в колодцах замедленного охлаждения с целью снятия внутренних напряжений и исключения образования межкристаллитных трещин, флокенов.

Отделку проката соответствующих опытных плавок проводили в линии адьюстажа согласно требованиям технологической инструкции. После дробеструйной установки, где производили сбив окалины с поверхности заготовок, контроль качества поверхности проката и наличия внутренних дефектов, согласно требованиям ГОСТ 21120-75, осуществляли на установке ультразвукового контроля (УУЗК). Внутренние дефекты в готовом прокате в процессе освоения данных плавок выявлены не были. Зачистку поверхностных дефектов осуществляли на шлифовальных станках. Результаты отделки горячекатаных заготовок приведены в табл. 4.

Как видно из таблицы, качество поверхности проката удовлетворительное. Наибольший процент зачистки (39,4%) пришелся на круг диаметром 120 мм, однако общая энергия составила всего 187 усл. ед., что говорит о наличии мелких незна-

чительных дефектов, легко устранимых на шлифовальных станках.

При дальнейшем технологическом процессе отделки проката на пиле холодной резки производили отбор проб для следующих видов испытаний: определение химического состава, макроструктуры, неметаллических включений и твердости стали.

В лаборатории металловедения ЦЗЛ был проведен металлографический анализ представленных проб горячекатаного проката диаметром 80, 90, 100 и 120 мм стали марки 55СМ5ФА. Оценка макроструктуры темплета горячекатаной заготовки по ГОСТ 10243-75 в сравнении со шкалами была проведена после снятия серных отпечатков по методу Баумана и травления темплетов в 50%-ном растворе соляной кислоты. Метод основан на различии в травимости бездефектного металла и участков с наличием пор, ликвации, неоднородности структуры и других дефектов. Макродефекты (центральная пористость, точечная неоднородность, общая и краевая ликвация и ликвационный квадрат) являются следствием химической неоднородности образцов. Результаты макроструктурного анализа опытных плавок приведены в табл. 5.

Как видно из таблицы и рис. 2, в макроструктуре исследуемой марки стали отсутствовали следы усадочной раковины и подусадочной рыхлости, трещин, расслоений, инородных металлических и шлаковых включений, флокенов и пережогов,

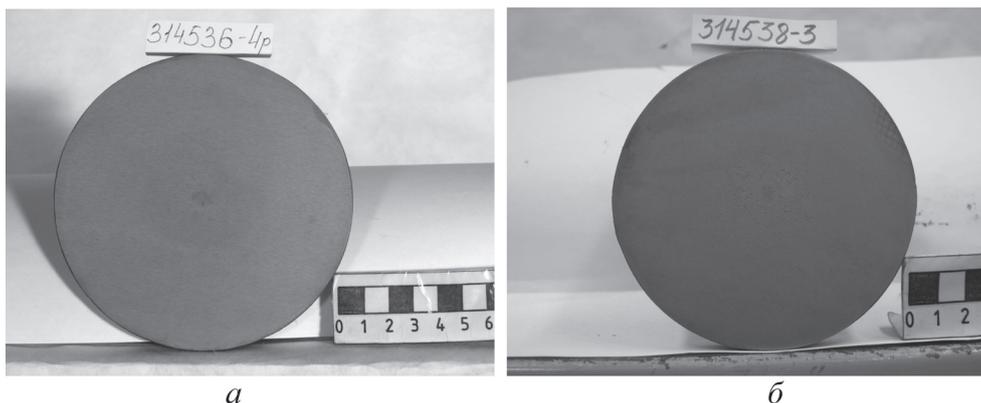


Рис. 2. Макроструктура темплета горячекатаной заготовки диаметром 120 мм (а) и диаметром 100 мм (б)

видимых без увеличительных приборов. Выявленные дефекты макроструктуры: центральная пористость (максимальный балл – 0,5) и точечная неоднородность (максимальный балл – 1) не превысили допустимой нормы по ТС 840-СПЦ-30-2009, максимальный балл подусадочной ликвации составил 2.

Макроструктура темплетов горячекатаной заготовки приведена на рис. 2.

Контроль загрязненности стали неметаллическими включениями проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 1778-70 по методу Ш6. Оценку загрязненности проводили как по максимальному баллу включений, так и по среднему. Результаты микроструктурного анализа на неметал-

лические включения опытных плавков приведены в табл. 6.

Как видно из таблицы, в образцах исследуемой стали опытных плавков при оценке степени чистоты металла неметаллическими включениями выявленные включения по оксидам, сульфидам, силикатам и нитридам не превышали допустимой нормы ТС 840-СПЦ-30-2009.

Результаты определения твердости сортового проката диаметром 80, 90, 100, 120 мм стали марки 55СМ5ФА на термообработанных образцах приведены в табл. 7.

Как видно из таблицы, твердость образцов стали опытных плавков после термической обработки соответствовала требованиям ТС 840-СПЦ-30-2009.

Таблица 6. Микроструктурный анализ образцов на неметаллические включения

Профиль проката, мм	Марка стали	Размер балла	Вид неметаллических включений						
			ОГ	ОС	С	СП	СХ	СН	НТi
120	55СМ5ФА	Ср.	0	0	2,2	0	0	0,5	0,2
		Макс.	0	0	3,0	0	0	0,5	0,5
80		Ср.	0,5	0	1,6	0	1,5	0,8	0,8
		Макс.	0,5	0	2,0	0	3,0	1,0	1,0
90		Ср.	0,5	0	1,1	0	0,8	0,4	0,8
		Макс.	0,5	0	1,5	0	2,5	1,0	1,0
100		Ср.	0,5	0	1,1	0	0,8	0,4	0,8
		Макс.	0,5	0	1,5	0	2,5	1,0	1,0
Требования ТС 840-СПЦ-30-2009		Не более							
		Ср.	3,5	3,5	3,5	4,0	4,0	4,0	2,0
		Макс.	4,0						2,5

Таблица 7. Результаты твердости проката стали марки 55СМ5ФА

Профиль проката, мм	Марка стали	Твердость на термообработанных образцах: температура закалки 880–900°C, охлаждение в масле; температура отпуска 200–250°C, выдержка 2,5–3,0 ч, охлаждение на воздухе, HRC		
		мин.	макс.	среднее
120	55СМ5ФА	55	56	55,8
80		55	57	55,6
90		55	58	56,4
100		55	57	55,6
Требование ТС 840-СПЦ-30-2009		56–59 HRC (55–58 HRC)		

Таким образом, на стане 850 сортопрокатного цеха РУП «БМЗ» прокатана опытная партия горячекатаного сортового проката диаметрами 80, 90, 100, 120 мм из стали марки 55СМ5ФА, соответствующая в полном объеме требованиям технического соглашения. Произведенная проб-

ная партия подшипниковой стали была отгружена на дальнейшую переработку на ОАО «МПЗ». В результате переработки получены положительные результаты, а также отмечено удовлетворительное качество металлопроката РУП «БМЗ».