



The quality of the hot-rolled round rolling of steel of grade 42CrMoS4, not subjected to antiflake processing in well of slow cooling of mill 850 RUP «BMZ» is studied.

В. А. ПОЛИТОВ, Л. А. ДРОБЫШЕВСКИЙ, РУП «БМЗ»

УДК 669.

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ГОРЯЧЕКАТАНОГО СОРТОВОГО КРУГЛОГО ПРОКАТА СТАЛИ МАРКИ 42CrMoS4, НЕ ПОДВЕРГНУТОГО ПРОТИВОФЛОКЕННОЙ ОБРАБОТКЕ В КОЛОДЦАХ ЗАМЕДЛЕННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ СТАНА 850 РУП «БМЗ» НА СООТВЕТСТВИЕ ТРЕБОВАНИЯМ НД ПО МАКРОСТРУКТУРЕ

До настоящего времени производство горячекатаного круглого проката из стали марки 42CrMoS4 осуществлялось на стане 850 РУП «БМЗ» с использованием в технологическом процессе операции по противоблоксной обработке металла в колодцах замедленного охлаждения с целью исключения образования флокенов в структуре металла. Термическую обработку круглого проката в колодцах замедленного охлаждения осуществляли после охлаждения металла на холодильнике по сле-

дующему режиму: нагрев от 300 до 450 °С – не менее 5 ч; нагрев от 450 до 550 °С – не менее 2 ч; выдержка при 550 °С – 3,0–3,5 ч; охлаждение от 550 до 350 °С – не менее 7 ч.

Общее время, необходимое для проведения термической обработки одной плавки, составляло 17 ч.

В настоящее время встал вопрос о снижении расхода энергоресурсов (газа), количества перевалок стана, текущих простоев, связанных с пере-

Таблица 1. Результаты анализа химического состава опытных плавок в готовом сорте с содержанием водорода в ppm

Марка стали	Номер плавки	Массовая доля химических элементов, %											
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Al	Mo	H ₂	C _{экв}
42CrMoS4	30057	0,403	0,254	0,712	0,017	0,029	1,039	0,111	0,193	0,021	0,211	1,2	0,793
	30055	0,421	0,257	0,742	0,015	0,024	1,041	0,154	0,190	0,022	0,178	1,4	0,813
	30056	0,414	0,233	0,720	0,017	0,024	1,040	0,116	0,189	0,021	0,194	0,9	0,803
	30058	0,397	0,226	0,722	0,015	0,028	1,076	0,112	0,176	0,025	0,181	1,4	0,789
	20221	0,404	0,284	0,756	0,023	0,025	1,052	0,103	0,195	0,030	0,164	1,2	0,795
	20222	0,405	0,271	0,751	0,013	0,028	1,063	0,091	0,177	0,025	0,177	1,2	0,798
	20224	0,415	0,241	0,758	0,013	0,029	1,060	0,097	0,189	0,028	0,174	1,1	0,808
	20223	0,400	0,240	0,760	0,012	0,028	1,058	0,097	0,176	0,027	0,174	0,9	0,793
	30415	0,418	0,214	0,854	0,012	0,032	1,081	0,109	0,198	0,036	0,158	0,9	0,83
	30417	0,408	0,252	0,871	0,013	0,028	1,064	0,096	0,162	0,032	0,161	1,1	0,816
	30518	0,400	0,224	0,816	0,016	0,028	1,096	0,092	0,164	0,031	0,161	0,7	0,806
	30516	0,411	0,223	0,798	0,012	0,025	1,072	0,089	0,153	0,029	0,165	0,7	0,809
	30515	0,414	0,237	0,786	0,023	0,025	1,075	0,103	0,176	0,029	0,170	0,9	0,814
	32263	0,421	0,254	0,804	0,016	0,033	1,061	0,104	0,196	0,025	0,171	1,0	0,823
32265	0,426	0,227	0,830	0,015	0,030	1,058	0,104	0,189	0,031	0,173	1,2	0,831	
Требования EN 10083	мин.	0,38	–	0,60	–	0,020	0,90	–	–	0,015	0,15	не оговаривается	
	макс.	0,45	0,40	0,90	0,035	0,035	1,20	0,30	0,30	0,040	0,30	не оговаривается	

валками, в общем о целесообразности проведения термической обработки в колодцах замедленного охлаждения горячекатаного круглого проката из указанной марки стали.

В связи с этим была проведена НИР по исследованию качества горячекатаного круглого проката, не подвергнутого противоблоксной обработке. Работу проводили на 15 плавках стали марки 42CrMoS4, обработанных на вакууматоре RH с содержанием водорода от 2,0 до 2,5 ppm в химическом составе стали. Данный металл был предназначен для производства горячекатаного сортового круглого проката диаметром от 80 до 160 мм.

В процессе производства стали марки 42CrMoS4 после внепечной обработки на вакууматоре RH на опытных плавках проводили замер содержания водорода датчиками «Hidris». В табл. 1 приведены результаты анализа химического состава данных плавков по 82-й разливочной пробе с содержанием водорода в ppm.

Как видно из таблицы, химический состав опытных плавков соответствовал требованиям стандарта EN 10083. Содержание водорода в химическом составе исследуемых плавков стали марки 42CrMoS4 находилось в пределах 0,7–1,4 ppm.

Посад непрерывнолитых заготовок опытных 15 плавков в нагревательную печь стана 850 и режимы нагрева данных заготовок в печи осуществляли согласно технологической инструкции для 3-й группы марок сталей (табл. 2).

Прокатку непрерывнолитых заготовок проводили на стане 850 по действующей технологической инструкции с использованием стандартных калибровок валков для получения проката соответствующего профиля. Порезку раскатов осуществляли на пиле горячей резки на мерные заготовки согласно требованиям заказа. После раскря металл охлаждали на речном холодильнике, при этом опытные заготовки, прокатанные по плану работ с экспериментальных блюмов (по три заготовки с блюма), складировали на промежуточный склад, минуя термическую обработку в колодцах замедленного охлаждения. Круглый прокат основного металла подвергали противоблоксной обработке в колодцах замедленного охлаждения по указанному выше режиму.

Отделку готового проката опытных плавков проводили в линии адьюстажа стана 850 согласно действующей нормативной документации.

На пиле холодной резки металла осуществлялся отбор аттестационных проб от экспериментальных плавков № 30057, 30055, 30056, 30058, 20221, 20222, 20224, 20223, 30415, 30417, 30518, 30516, 30515, 32263, 32265 стали марки 42CrMoS4 для оценки и сравнения качества макроструктуры готового проката и определения минимальных временных параметров выдержки металла перед отделкой в линии адьюстажа.

Порядок отбора проб:

- по четыре пробы от опытных заготовок, полученных с отделенных блюмов на плавках № 30055, 30056, 30057, 30058, 20221, 20224, 30415, 30518, 30516, 30515;
- по две пробы от опытных заготовок, полученных с отделенных блюмов на плавках № 20222, 20223;
- по три пробы от опытных заготовок, полученных с отделенных блюмов на плавке № 30417;
- по шесть проб от опытных заготовок, полученных с отделенных блюмов на плавках № 32263, 32265;
- по две пробы от основного металла плавков на пиле холодной резки металла в линии отделки стана 850.

Результаты металлографического анализа

Макроструктурный анализ готового проката проводили на поперечных темплетях. Образцы подвергали глубокому травлению в горячем 50 %-ном растворе соляной кислоты. Выявление дефектов макроструктуры проводили методом снятия серных отпечатков. Метод основан на различии в травимости бездефектного металла и участков с наличием пор, ликвации, неоднородности структуры и других дефектов. Результаты макроструктурного анализа темплетов приведены в табл. 3.

Как видно из таблицы, дефекты, обнаруженные на поперечных шлифах, такие, как «центральная пористость» – максимальный балл – 1,0, «точечная неоднородность» – максимальный балл – 1,0, «осевая ликвация» – максимальный балл – 1,5, «подусадочная ликвация» – максимальный балл – 1,5, «ликвационные полоски» – максимальный балл –

Таблица 2. Режим нагрева непрерывнолитых заготовок в нагревательной печи стана 850

Профиль проката, мм	Вид посада	Температура печи по зонам, °C				
		1155	1240	1260	1220	1250
80–115	Холодный	1130	1230	1240	1200	1240
	Горячий	1190	1270	1290	1260	1280
120–160	Холодный	1165	1250	1270	1240	1260
	Горячий					

Таблица 3. Результаты макроструктурного анализа темплетов

Номер плавки	Профиль, мм	Номер пробы	Макроструктура, ГОСТ 10243, балл										Наличие шлака	Внутренние трещины
			ЦП	ТН	ЛК	ОПЛ	КПЛ	ПЛ	ЛП	МТ	ПП			
30055	150	<i>Сравнительные заготовки (основной металл)</i>												
		1	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		2	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		<i>Опытные заготовки</i>												
		7-1	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		7-2	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		8-2	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
30056	130	<i>Сравнительные заготовки (основной металл)</i>												
		1	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют		
		2	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5/1	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		<i>Опытные заготовки</i>												
		7-1	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5/3	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		7-2	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5/3	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		8-2	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	1,5	0,5/2	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
30057	120	<i>Сравнительные заготовки (основной металл)</i>												
		1	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0	0,0	0,0	Отсутствуют		
		2	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5/3	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		<i>Опытные заготовки</i>												
		1-1	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		1-2	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		2-5	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	1,5	0,5/3	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
30058	140	<i>Сравнительные заготовки (основной металл)</i>												
		1	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют		
		2	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют		
		<i>Опытные заготовки</i>												
		10-1	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	1,0	0,5/3	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		10-2	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	1,0	0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		11-2	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	1,5	1,0/5	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
20222	100	<i>Сравнительные заготовки (основной металл)</i>												
		1	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют		
		2	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют		
		<i>Опытные заготовки</i>												
		8	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
20223	110	<i>Сравнительные заготовки (основной металл)</i>												
		1	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	1,0	0,5/1	0,0	0,0	Отсутствуют		
		2	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5/1	0,0	0,0	Отсутствуют		
		<i>Опытные заготовки</i>												
		3	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5/1	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
20221	80	<i>Сравнительные заготовки (основной металл)</i>												
		1	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют		
		2	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют		
		<i>Опытные заготовки</i>												
		7	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		8	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		10	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
20224	85	<i>Сравнительные заготовки (основной металл)</i>												
		1	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют		
		2	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют		

Номер плавки	Профиль, мм	Номер пробы	Макроструктура, ГОСТ 10243, балл										Наличие шлака	Внутренние трещины
			ЦП	ТН	ЛК	ОПЛ	КПЛ	ПЛ	ЛП	МТ	ПП			
		<i>Опытные заготовки</i>												
		3-1	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		3-2	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		4-1	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
30415	160	<i>Сравнительные заготовки (основной металл)</i>												
		1	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		2	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		<i>Опытные заготовки</i>												
		11	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		12	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		21	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		22	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
30417	135	<i>Сравнительные заготовки (основной металл)</i>												
		1	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		2	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		<i>Опытные заготовки</i>												
		3	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		4	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
30518	105	<i>Сравнительные заготовки (основной металл)</i>												
		1	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		2	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		<i>Опытные заготовки</i>												
		3	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	+	+
		4	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		5	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		6	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		3	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		4	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
7	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют			
8	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют			
30516	115	<i>Сравнительные заготовки (основной металл)</i>												
		1	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		2	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		<i>Опытные заготовки</i>												
		3	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		4	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
30515	95	<i>Сравнительные заготовки (основной металл)</i>												
		1	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		2	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		<i>Опытные заготовки</i>												
		3	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		4	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
32263	120	<i>Сравнительные заготовки (основной металл)</i>												
		1	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		2	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		<i>Опытные заготовки</i>												
		2	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		4	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		8	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		10	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
13	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют			
14	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют			

Номер плавки	Профиль, мм	Номер пробы	Макроструктура, ГОСТ 10243, балл										
			ЦП	ТН	ЛК	ОПЛ	КПЛ	ПЛ	ЛП	МТ	ПП	Наличие шлака	Внутренние трещины
32265	130	<i>Сравнительные заготовки (основной металл)</i>											
		1	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		2	0,50	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		<i>Опытные заготовки</i>											
		2	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		4	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		8	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		10	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
		13	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	Отсутствуют	
14	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	0,0	0,0	Отсутствуют			

1,0 не превысили допустимые нормы согласно требованиям нормативной документации. В макроструктуре готового проката опытных и сравнительных заготовок (основного металла) исследуемых марок стали отсутствовали следы усадочной раковины, рыхлости, шлаковых включений за исключением пробы № 3, где от второй заготовки третьего блюда плавки № 30518 (диаметр 105 мм) при первичном испытании было выявлено шлаковое включение. При повторном удвоенном металлографическом анализе качества макроструктуры исследовательских проб получены удовлетворительные результаты.

Следует отметить, что обнаруженные внутренние трещины в промежуточной зоне между центром и поверхностью на пробе № 3 плавки № 30518 образовались по причине наличия шлаковых включений.

Ликвационный квадрат, общая и краевая пятнистая ликвация, ликвационные полосы, межкри-

сталлитные трещины, флокены и подкорковые пузыри на исследуемых темплатах всех опытных заготовок не обнаружены.

Выводы

1. Исключение операции термической противофлокенной обработки из технологического процесса производства горячекатаного круглого проката на стане 850 не влияет на качество макроструктуры готового проката. В макроструктуре металла всех опытных горячекатаных круглых заготовок, не подвергнутых противофлокенной обработке, отсутствовали флокены и межкристаллитные трещины.

2. Исключение противофлокенной обработки проката из стали марки 42CrMoS4 позволяет снизить перезагруженность колодцев замедленного охлаждения, потребление природного газа, а также количество перевалок и, следовательно, текущие простои стана «850».

Литература

1. Стали и сплавы. Марочник: Справ. изд. / В. Г. Сорокин, М. А. Гервасьев. М.: «Интермет Инжиниринг», 2001.
2. Технология прокатного производства: Справ. М. А. Беляковский, К. Н. Богоявленский, А. И. Виткин. М.: Металлургия, 1991.