

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ
ПРОКАТКИ НА КАЧЕСТВО ПРУТКА
ИЗ ШАРИКОПОДШИПНИКОВОЙ СТАЛИ В УСЛОВИЯХ СТАНА
370/150 ОАО «БМЗ»**

С. А. Савченко

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель И. В. Астапенко

Объектом исследования в работе является технологический процесс прокатки шарикоподшипниковых (ШХ) сталей на линии сорта в условиях СПЦ-2 ОАО «БМЗ».

Использование горячекатаных прутков в качестве заготовки для шариков, роликов подшипников накладывает дополнительные требования к прутку. Пруток относительно стандартных требований (ГОСТ 801, а также шкал международного стандарта SEP 1520) должен характеризоваться высокой упругостью и высоким сопротивлением усталости при малой хрупкости, отличаться высокой износостойкостью и прочностью. Также устанавливаются требования по размеру (или балльности) структурной полосчатости, карбидной ликвации и карбидной сетке.

Чтобы добиться высокого сопротивления контактно-усталостному разрушению, важно обеспечить однородность состава и структуры металла. Наличие в стали крупных скоплений неметаллических включений, карбидная неоднородность, разнорзернистость и другие составляющие приводят к концентрации микронапряжений в процессе эксплуатации и преждевременному хрупкому разрушению (выкрашивание, выщербинообразование, растрескивание и др.).

Нашедшие широкое применение подшипниковые стали типа ШХ15 имеют существенный недостаток, обусловленный структурной неоднородностью, вызванной особенностью их заэвтектоидного химического состава – высоким содержанием углерода (0,95–1,10 %). Эта приводит к развитию ликвационных процессов по углероду и образованию карбидной неоднородности [1].

Основными видами дефектов структуры ШХ-сталей являются [2]:

- карбидная ликвация – причиной возникновения является скорость охлаждения заготовки после разливки и выявляется в местных скоплениях карбидов (рис. 1, а);
- карбидная полосчатость – просматривается на продольных шлифах в виде чередования светлых и темных полос, направленных вдоль линии прокатки (рис. 1, б);
- карбидная сетка – выделения по границам зерен (рис. 1, в).

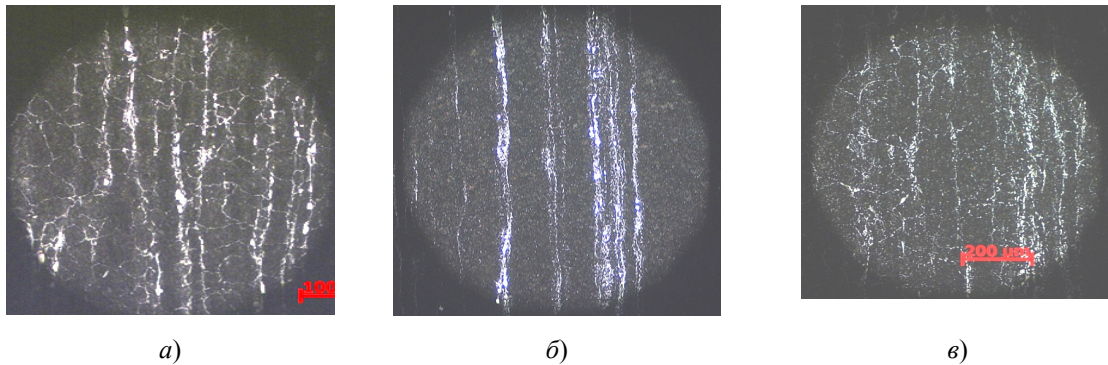


Рис. 1. Дефекты структуры ШХ-сталей при прокатке в СПЦ-2 ОАО «БМЗ»: а – карбидная ликвация; б – карбидная полосчатость; в – карбидная сетка

Основными факторами, определяющими величину роста зерна металла при горячей прокатке с рекристаллизацией, являются температура (рис. 2, а) и степень предварительной деформации (рис. 2, б) [3].

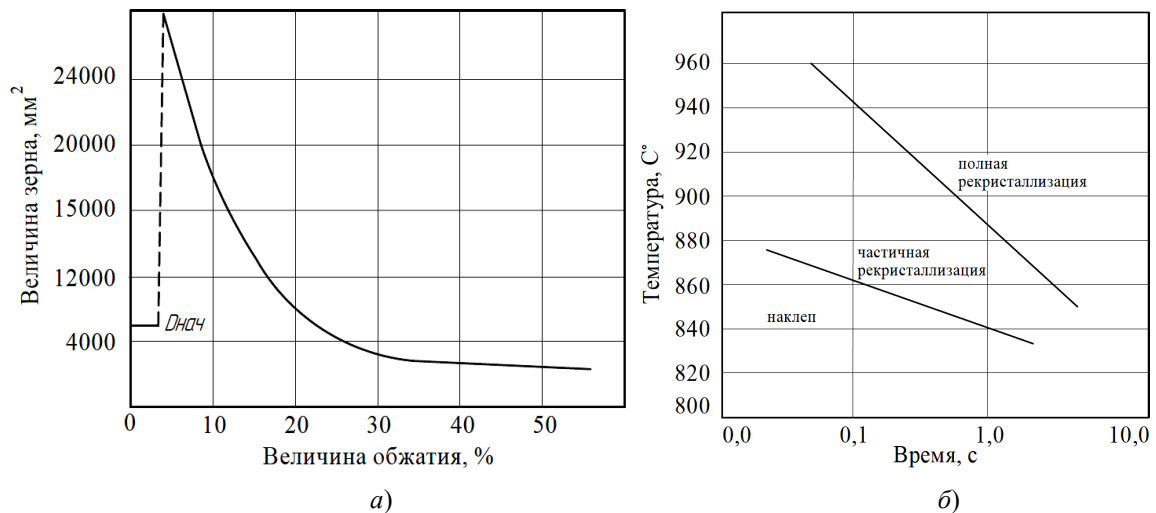


Рис. 2. Факторы влияния роста зерна структуры при прокатке ШХ-сталей: а – влияние зоны критической деформации на размер образующихся карбидных зерен при рекристаллизации; б – влияние температуры прокатки при рекристаллизации

Деформационный режим прокатки, в отличие от температурного, изучен не так широко и при расчете калибровок прокатки сортовых профилей в условиях стана 370/150 ОАО «БМЗ» не учитывается [4].

В связи с появлением требований компанией Timken о регламентировании карбидной сетки на поставляемый прокат из ШХ-сталей согласно стандарту SEP 1520

проводилась адаптация существующей технологии проката под новые требования потребителя. Для этого проведена поэтапная корректировка режимов прокатки в трех компаниях.

При анализе результатов компаний прокатки круга 45 мм (табл. 1), наилучший эффект достигнут при температурно-скоростном режиме третьей компании от 20.05.2018 г. При этом режиме достигнуты следующие температуры: РКБ – 835 °С; холодильник – 735 °С. Максимальная вытяжка для круга 45 мм за один проход в РКБ составила $\lambda = 1,316$, при этом максимальное значение карбидной сетки составило 5,2 балла в центре и 5,2 балла на поверхности, что обеспечивает самые жесткие требования потребителя.

Технология прокатки для круга 36 мм, опробованная 01.05.2018 и 20.05.2018, оказалась не отработана и не гарантирует получения карбидной сетки 5,2 балла и менее. При этом нагрузка на электродвигатель составила 100 % (пик – 105 %), скорость прокатки составила 4,6 м/с.

Таблица 1

Параметры прокатки и структуры круга 45 в третьей компании

Профиль, мм	Дата проката	Температура, °С			Карбидная сетка отвердения CN5	Карбидная ликвация Сомкн. CZ6	Карбидная ликвация раздр. CZ7
		Г/С	РКБ	Холодильник			
45	20.05.2018	1095	835	734	5,0/5,1	6,0/6,1	7,1/7,2
		1087	831	729	5,0/5,1	6,2/6,3	7,2/7,4

Нужно отметить, что кроме профиля 45 по всем остальным обжатия согласно таблицам калибровки попадают в зону критических деформаций, приводящих к резкому росту карбидного зерна (табл. 2) [5].

Таблица 2

Режимы обжатия в чистовых клетях для сортовых профилей стана 370/150

Профиль	Вытяжка		Профиль	Вытяжка	
	РКБ (1, 2, 3)	Суммарная		РКБ (1, 2, 3)	Суммарная
34	1,125	1,379	35	1,109	1,264
	1,184			1,132	
	1,035			1,007	
50	1,139	1,426	48	1,218	1,548
	1,199			1,214	
	1,044			1,047	
36	1,109	1,318	45	1,316	1,721
	1,142			1,281	
	1,041			1,021	

Заключение. По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

– прокатка в чистовом блоке с обжатиями менее 20 % и более 5 % оказывается в зоне критической деформации, рекристаллизация после которой приводит к значительному росту карбидной фазы структуры – эти условия характерны для прокатки большинства профилей по действующим калибровкам;

– для стабильного получения низкого балла карбидной сетки (для ШХ-сталей) можно увеличивать обжатия путем регулирования межвалковых зазоров и использования промежуточных калибров старших веток калибровки – это позволит не перекалибровывать валки и отказаться от снижения температуры на конце прокатки, приводящего к сильному росту нагрузки на оборудование (100 % мощности и более);

– назначение обжатий с учетом влияния их величины на размер зерна структуры позволит управлять механическими характеристиками проката.

Л и т е р а т у р а

1. Спектор, А. Г. Структура и свойства подшипниковых сталей / А. Г. Спектор, Б. М. Зельберт, С. А. Киселева. – М. : Metallurgia, 1980. – 264 с.
2. Влияние факторов нагрева на формирование карбидной сетки в стали ШХ15СГ / А. Б. Стеблов [и др.] // Литье и металлургия. – 2015. – № 2 (34). – С. 77–80.
3. Снижение карбидной сетки в стали ШХ15СГ / П. И. Ящерицин [и др.] // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2014. – Т. 48, № 3. – С. 117–121.
4. Астапенко, И. В. Особенности горячей прокатки высоких полос в ящичном калибре / И. В. Астапенко, Д. М. Васильков // Современные проблемы машиноведения : материалы XII Междунар. науч.-техн. конф. (науч. чтения, посвящ. П. О. Сухому), Гомель, 22–23 нояб. 2018 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого, Филиал ПАО «Компания «Сухой» ОКБ «Сухого» ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2018. – С. 114–117.
5. Стрельченко, А. В. Исследование влияния геометрии ящичных калибров валков на образование термоциклических трещин в условиях мелкосортно-проволочного стана горячей прокатки 370/150 ОАО «Белорусский металлургический завод – управляющая компания холдинга «БМК» / А. В. Стрельченко, И. А. Зуев, И. В. Астапенко // Черная металлургия : бюл. науч.-техн. и экон. информ. – 2019. – Т. 75, № 1. – С. 80–86.