



The reasons of unsatisfactory quality of balls of steel ShH15 produced by Minsk bearing plant (MBP) are analyzed. The comparative analysis of structure of the balls produced at MBP and VBP, enterprises of Poland is carried out.

А. В. АЛИФАНОВ, А. Г. АНИСОВИЧ, ФТИ НАН Беларуси,
А. М. ГАГАСОВ, ОАО «Минский подшипниковый завод»

УДК 669:018.24

ПРОБЛЕМА КАЧЕСТВА ПОДШИПНИКОВ КАК СЛЕДСТВИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО БРАКА

Качеству подшипников, являющихся одним из ключевых конструкционных узлов машин и механизмов, уделяется большое внимание. На передний план выдвигается проблема прочности шариков, а также шумовые эффекты при эксплуатации готового подшипника. Решение данных задач напрямую связано с качеством структуры металла.

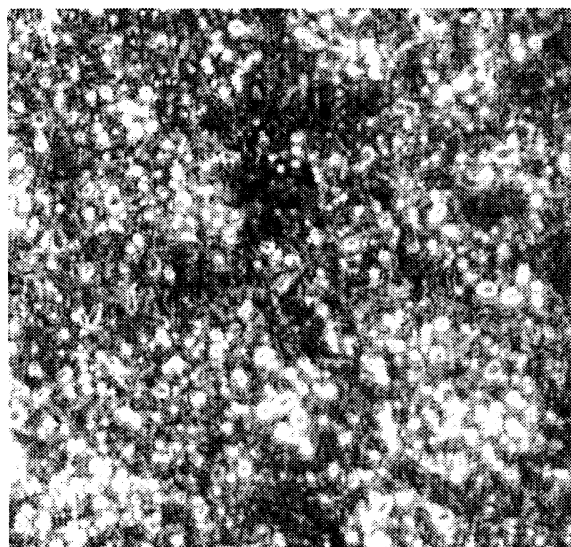
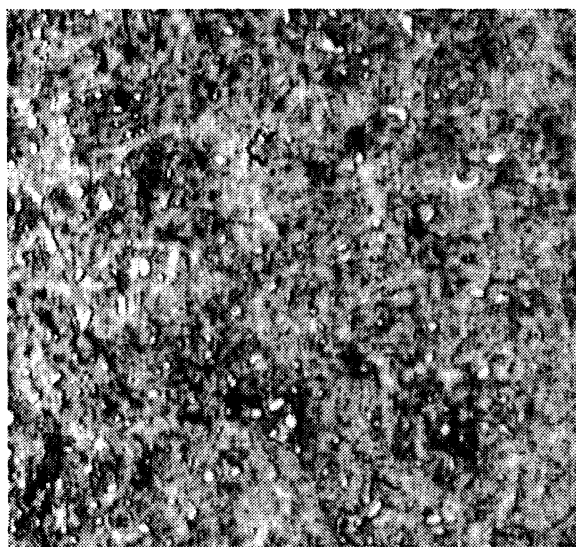
В настоящей статье проанализированы причины неудовлетворительного качества шариков Минского подшипникового завода: низкая разрушающая нагрузка и разброс ее значений в широком диапазоне. Исследованы образцы шариков

разных партий, отличающиеся значением разрушающей нагрузки. Проведено сравнение с шариками производства Польши и России (Вологодский подшипниковый завод). Испытания на разрушение проводили на Минском подшипниковом заводе на испытательной машине ЦДМ-100 в соответствии с ГОСТ 3722-81. Результаты испытаний для шариков разных поставок приведены в таблице.

Микроструктура шариков производства ОАО «МПЗ», имеющих разрушающую нагрузку, приведенную в таблице, показана на рис. 1–3.

Разрушающая нагрузка шариков различных поставок

Изготовитель	Разрушающая нагрузка, кН
ОАО «Минский подшипниковый завод»	148
То же	80
>>	68
Предприятие Польши	120
Вологодский подшипниковый завод	99



а

б

Рис. 1. Микроструктура шариков производства ОАО «МПЗ», разрушающая нагрузка 148 кН: а – светлопольное изображение; б – темнопольное изображение. x1500

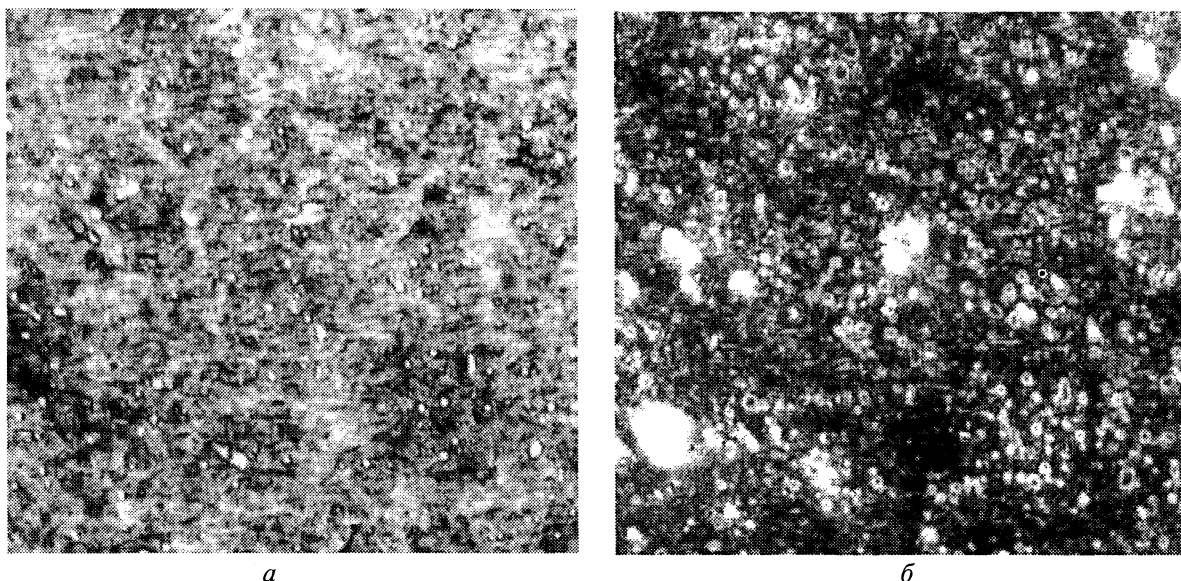


Рис. 2. Микроструктура шариков производства ОАО «МПЗ», разрушающая нагрузка 80 кН: *а* – светлопольное изображение; *б* – темнопольное изображение. $\times 1500$

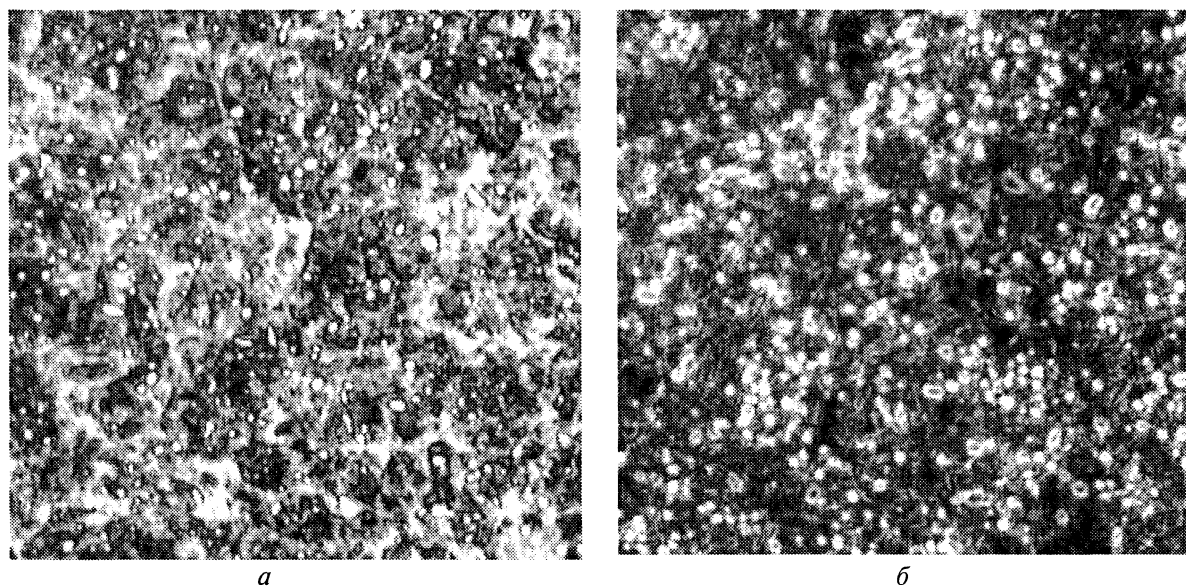


Рис. 3. Микроструктура шариков производства ОАО «МПЗ», разрушающая нагрузка 68 кН: *а* – светлопольное изображение; *б* – темнопольное изображение. $\times 1500$

Для микроструктуры всех образцов ОАО «МПЗ» характерна неоднородность.

В структуре шарика с нагрузкой разрушения 148 кН неоднородность проявляется как участки различной травимости, практически не дающие «свечения» в темном поле (см. рис. 1).

При снижении разрушающей нагрузки (от 148 кН (рис. 1) до 68 кН (рис. 3)) образцов шариков производства ОАО «МПЗ» наблюдается последовательное ухудшение структуры. Для образца с разрушающей нагрузкой 80 кН усиливается неоднородность матричной составляющей (см. рис. 2). На темнопольном изображении увеличивается количество «светящихся» участков», связанных с неоднородностью сплава, в том числе с включениями посторонних примесей, пористостью. При снижении разрушающей нагрузки до 68 кН структура

резко ухудшается. На светлопольном изображении (рис. 3, *а*) достаточно четко просматривается зерно с ферритной оторочкой. Усиливается неравномерность в распределении карбидов (рис. 3, *б*).

Другие наиболее часто встречающиеся дефекты структуры приведены на рис. 4.

Причины неоднородности структуры рассматриваются в работе [1]. Они являются результатом нарушения технологии как на стадии выплавки металла, так и при производстве полуфабриката. Неоднородность структуры стали ШХ15 в состоянии поставки (пруток) показана на рис. 5. Отчетливо выражены неоднородность в распределении карбидной фазы, а также неоднородность матрицы по составу, проявляющаяся в наличии участков различной травимости. В дальнейшем при производстве шариков формируется неодно-

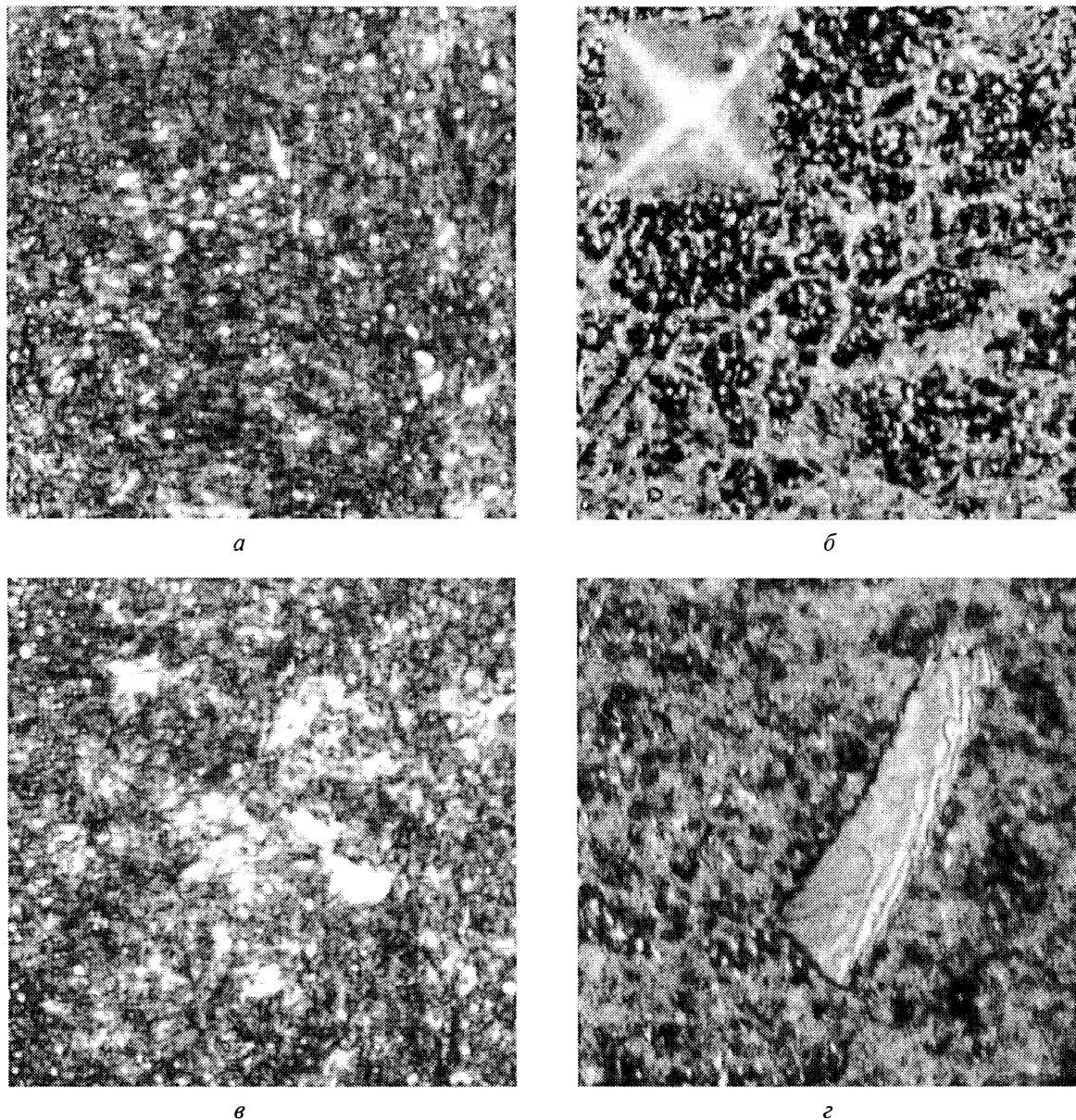


Рис. 4. Дефекты структуры шариков стали ШХ15: *а* – карбидная оторочка аустенитного зерна; *б* – карбидная сетка; *в* – неоднородность состава; *г* – стеклообразные включения

родная структура, которая и определяет уровень механических свойств готового изделия [2].

При соблюдении требований к качеству шарика производства Польши имеют равномерную структуру скрытоигольчатого мартенсита (рис. 6, *а*) с карбидами, равномерно распределенными в матрице сплава (рис. 6, *б*). Структуры шариков производства ВПЗ (рис.7) и МПЗ с разрушающей нагрузкой 148 кН (см. рис. 1) подобны.

Неоднородность структуры шариков с низкой разрушающей нагрузкой подтверждается результатами фрактографических исследу-

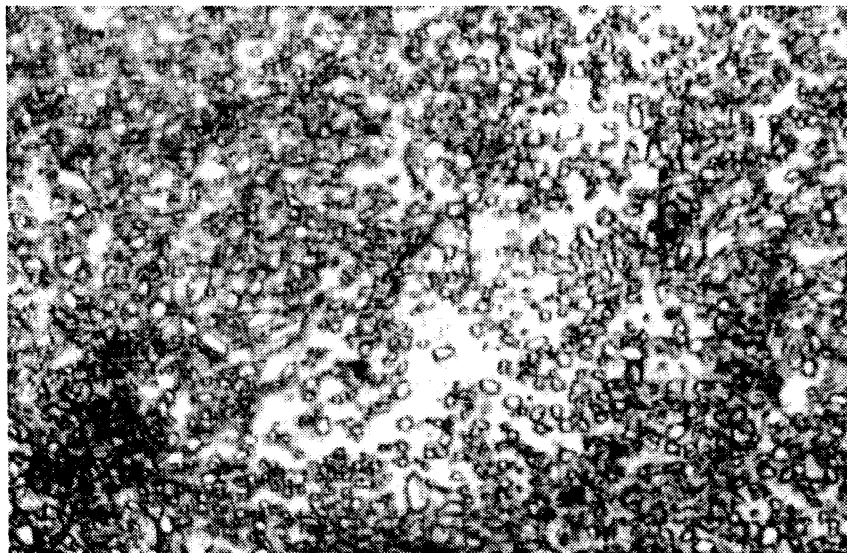


Рис. 5. Структура исходного прутка стали. x1500

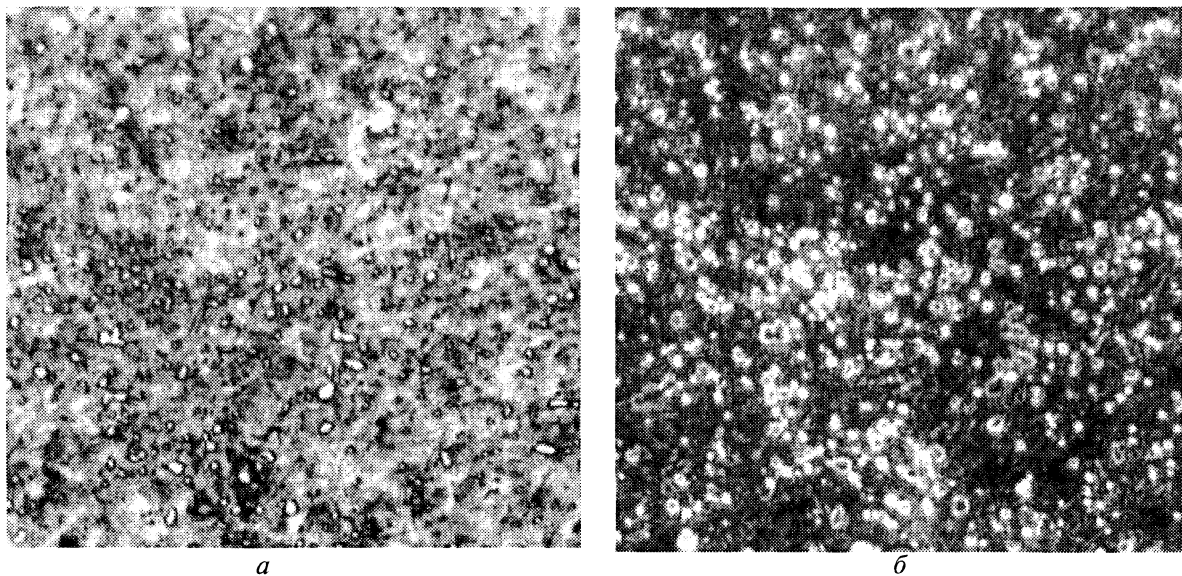


Рис. 6. Микроструктура шариков производства Польши: *а* – светлопольное изображение; *б* – темнопольное изображение. $\times 1500$

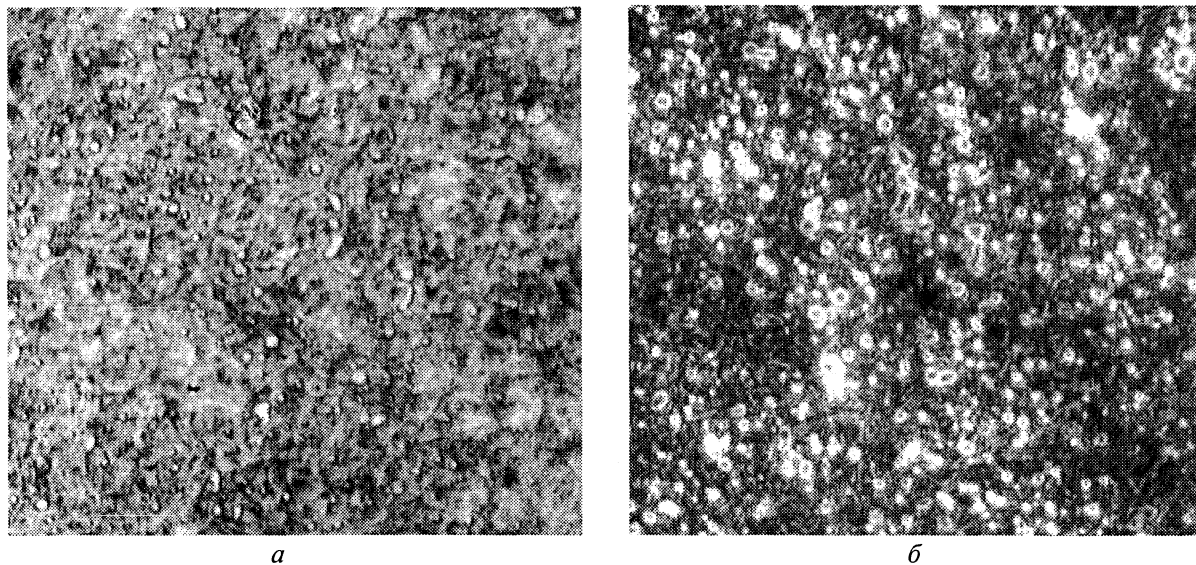


Рис. 7. Микроструктура шариков производства ВПЗ: *а* – светлопольное изображение; *б* – темнопольное изображение. $\times 1500$

дований. На растровом микроскопе JEOLS анализировали структуру поверхности излома шариков после испытаний на прочность.

Структура поверхности излома показана на рис. 8–10.

Структура поверхности излома шариков производства Польши имеет равномерный рельеф, что проявляется на разных масштабных уровнях при смене увеличения (рис. 8). Аналогичная структура наблюдается и у шариков производства ВПЗ. Структура шариков производства МПЗ, имеющих разрушающую нагрузку 148 кН, однородна при всех масштабах увеличения (рис. 9), но более рыхлая по сравнению с образцами производства Польши. Шарики производства МПЗ с разрушающей нагрузкой 80 кН имеют неоднородную структуру излома, большое количество посторонних включений; в изломе они проявляются как «белые пятна» (рис. 10).

Сопоставление данных, приведенных в таблице, с результатами микроструктурного анализа показывает, что уровень прочностных свойств шариков связан со степенью неоднородности их микроструктуры. Следует отметить, что шарики МПЗ по свойствам и структуре в большинстве своем находятся в пределах требований ГОСТ, в том числе и по химическому составу по основным легирующим элементам. В ГОСТ, в частности ГОСТ 801-78, регламентирующем технические условия на подшипниковую сталь, балл по карбидной ликвации, микропористости, структурной полосчатости, неметаллическим включениям и карбидной сетке устанавливается по увеличению 100. Контроль микроструктуры отожженной стали производится при увеличении 500. В рамках требований данного ГОСТ исследуемая сталь полностью удовлетворяет требованиям по качеству. При увеличениях 100 и 500 приведенные

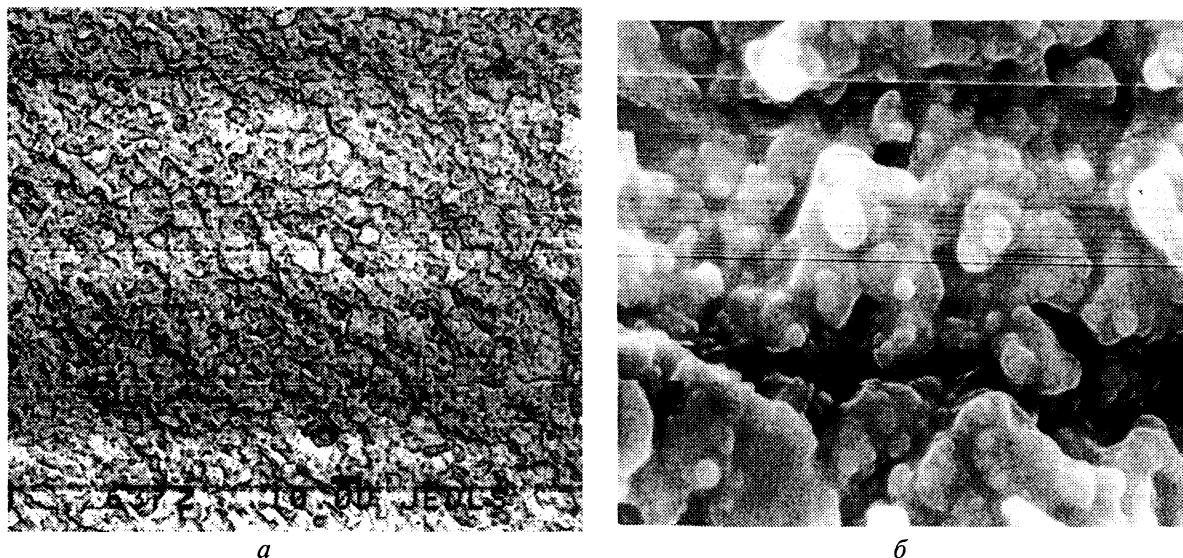


Рис. 8. Структура поверхности излома шариков производства Польши: *a* – $\times 500$; *б* – $\times 5000$

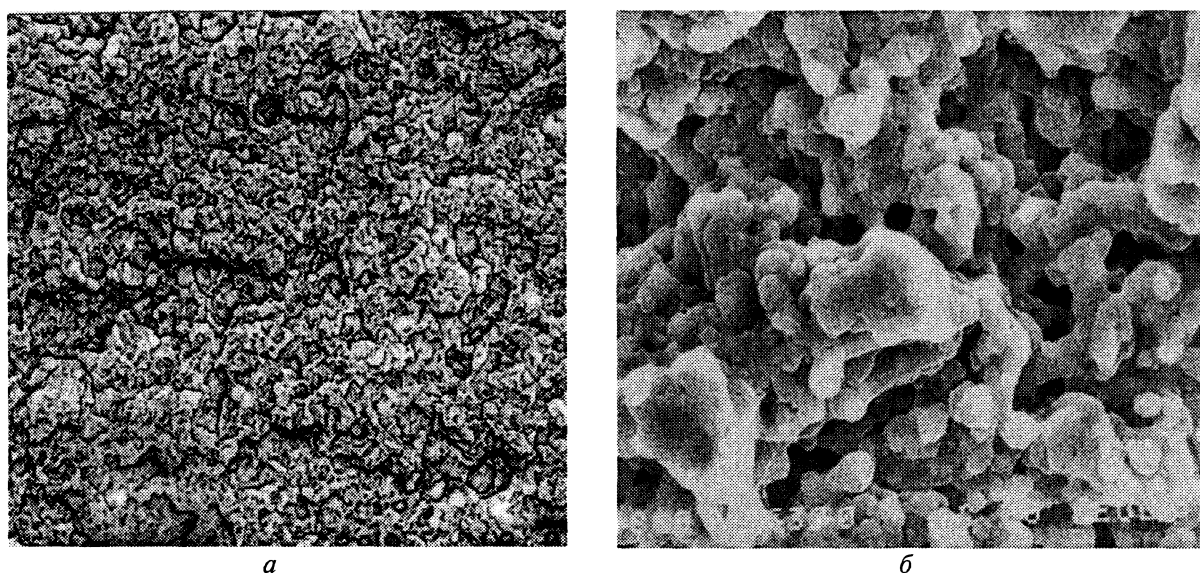


Рис. 9. Структура поверхности излома шариков производства ОАО «МПЗ», разрушающая нагрузка 148 кН: *a* – $\times 500$; *б* – $\times 5000$

выше эффекты останутся незамеченными. В связи с этим следует ставить вопрос о применении более совершенных методик анализа, рассмотрении причин брака на более глубоком структурном уровне.

Таким образом, основными причинами брака являются неравномерность распределения карбидной фазы в матрице сплава; неоднородность структуры матрицы как по составу, так и по размерам структурных единиц различного масштабного уровня.

Отдельно следует остановиться на загрязненности сплава посторонними примесями, что в настоящее время все более часто встречается в сталях различных марок. Загрязненность стали неметаллическими примесями является серьезным металлургическим браком, существенно влияющим на эксплуатационные свойства изделий. В связи с этим нужно ставить вопрос о несоответствии продукции металлургических комбинатов

требованиям сегодняшнего дня, особенно в отношении примесей. Следует также обратить внимание на необходимость разработки новых ГОСТ, которые регламентировали бы более жестко качество металлургической продукции.

Проблема также связана с существованием на рынке большого количества недобросовестных поставщиков металлопродукции, а также с недостатками входного контроля качества на предприятиях.

«Исправление» брака, описанного в данной работе, особенно затруднительно традиционными способами термической обработки. Для повышения однородности структуры возможно применение импульсных (циклических) методов воздействия. Термоциклирование взамен стандартной термической обработки применялось ранее и показало хорошие результаты [3].

Возможно также введение дополнительной технологической операции, обеспечивающей вы-

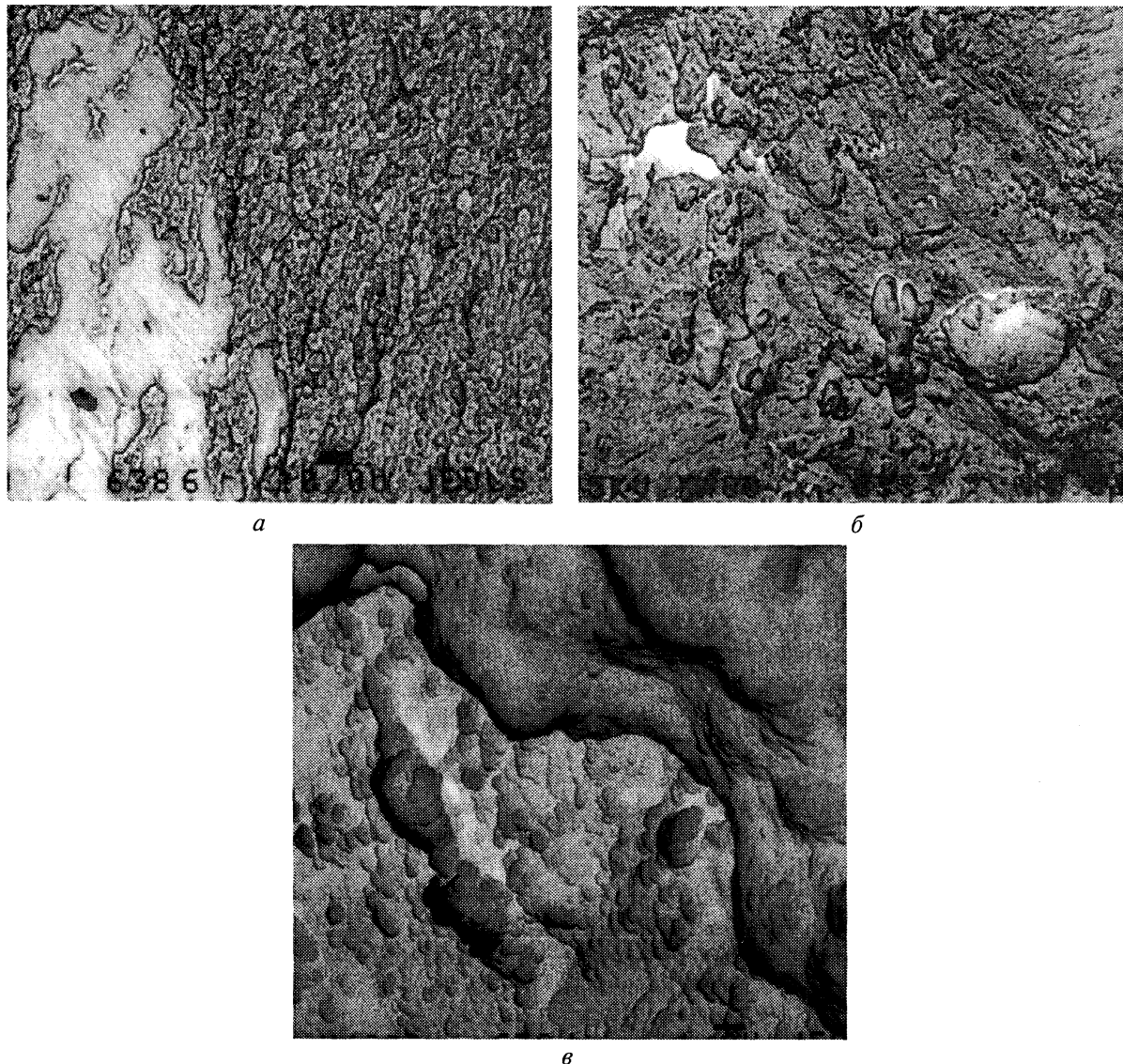


Рис. 10. Структура поверхности излома шариков производства ОАО «МПЗ», разрушающая нагрузка 80 кН: *а, б* – $\times 500$; *в* – $\times 5000$

равнивание структуры готовых шариков по всему объему. Для этих целей была применена обработка импульсным магнитным полем [4].

Литература

1. Воинов С.Г., Шалимов А.Г. Шарикоподшипниковая сталь. М.: Гос. науч.-техн. изд-во литературы по черной и цветной металлургии, 1962.

2. Алифанов А.В., Анисович А.Г., Гагасов А.М., Тиманюк В.А. Влияние неоднородности структуры на усилие разрушения подшипниковой стали // Весті НАН Беларусі. Сер.фіз.-техн.наук. 2006. №2. С. 30–32.

3. Термоциклическая обработка металлических изделий. Материалы к конференции. Л.: Наука (Ленинград. отд.), октябрь 1982 г.

4. Анисович А.Г. Импульсные методы обработки металлов // Тендер. 2006. №56. С. 14–16.