

Литейное материаловедение, специальные способы литья

The most typical examples of defective metallurgical products, presented for analysis to the sector of metallographic and X-ray-structural analysis of FTI NAN of Belarus are examined.

А. Г. АНИСОВИЧ, И. Н. РУМЯНЦЕВА, ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси»

УДК 621.74

АНТИПРОДУКЦИЯ: ПРОБЛЕМА КАЧЕСТВА МЕТАЛЛА

Качество металлических изделий любого назначения обеспечивается, в первую очередь, качеством металла. Эта истина известна любому выпускнику-металловеду, а также является аксиомой для квалифицированных специалистов. Соответствие металлических изделий требуемому уровню качества задается соответствующим ГОСТ, среди требований которого состав по основным легирующим элементам и примесям, термическая (или иная) обработка, а также набор требований к структуре, которая и обуславливает, в конечном итоге, качество полуфабрикатов или изделий.

В последнее время участились случаи брака изделий из стали и сплавов традиционных, хорошо, казалось бы, наработанных марок. Наблюдается снижение механических или эксплуатационных свойств, разрушение полуфабрикатов в технологическом процессе (до завершения процесса получения детали) и т. д. Поставляемые сплавы имеют необходимый сертификат и по химическому составу соответствуют ГОСТ. Забраковать поставляе-

мую сталь на основе действующих ГОСТ, как белорусских, так и ныне действующих ГОСТ бывшего СССР, невозможно. Металлографический анализ поставляемого металла выявляет скрытые дефекты, которые негативно сказываются на качестве [1].

В данной статье рассматриваются наиболее характерные примеры брака металлургической продукции, представленные для анализа сектору металлографического и рентгеноструктурного анализа ГНУ «ФТИ НАН Беларуси».

На рис. 1, 2 приведены характерные дефекты структуры быстрорежущей стали Р6М5. Структура и свойства этой стали регламентируются ГОСТ 19265-73: «Прутки и полосы из быстрорежущей стали. Технические условия». На рис. 1 показаны остеклованные включения, обнаруженные в стали. Изобилие их в структуре удивляет, так как в одном поле зрения фиксируется несколько штук. Включения красного цвета – это, возможно, карбонитриды титана и ниобия (идентификация не прово-

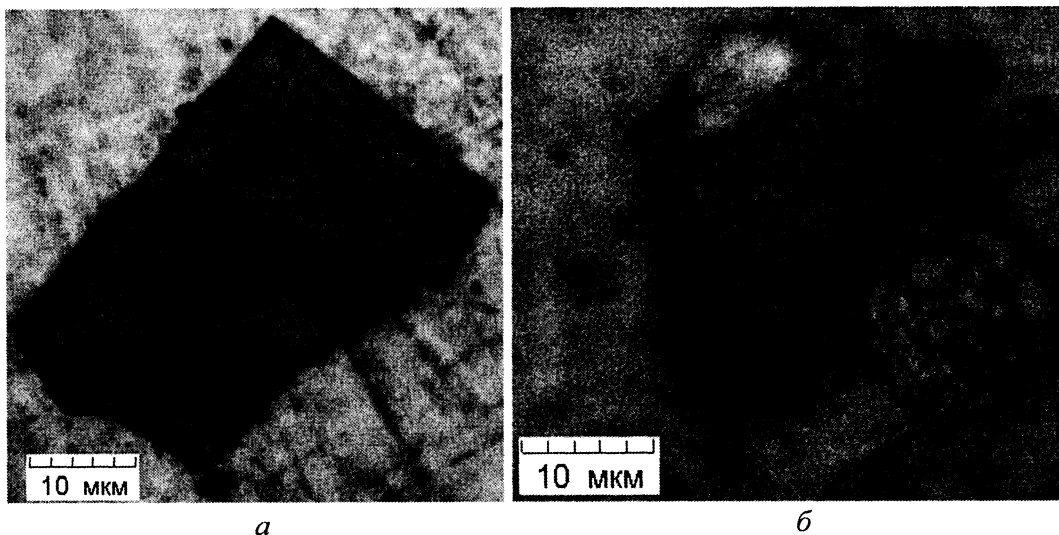
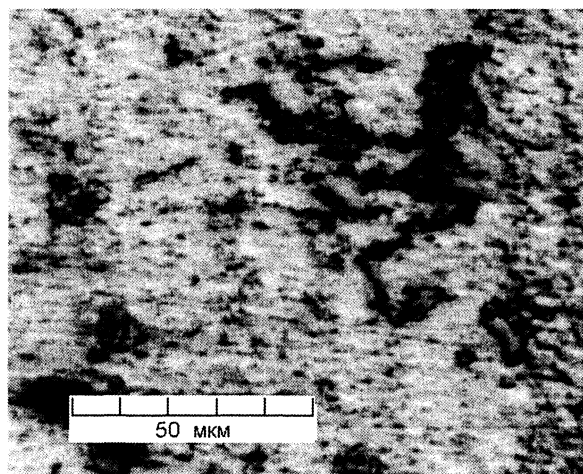
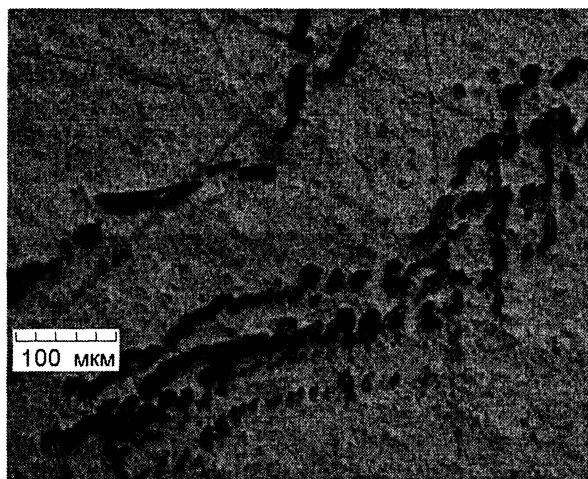


Рис. 1. Остеклованные включения в стали Р6М5



а б
Рис. 2. Скопления неметаллических включений в стали P6M5

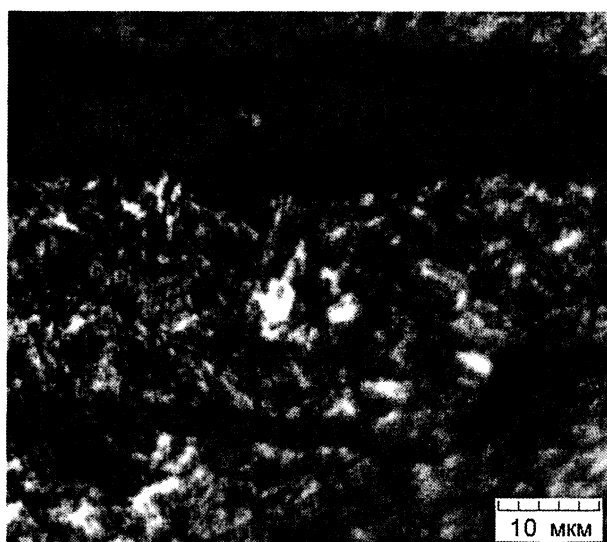


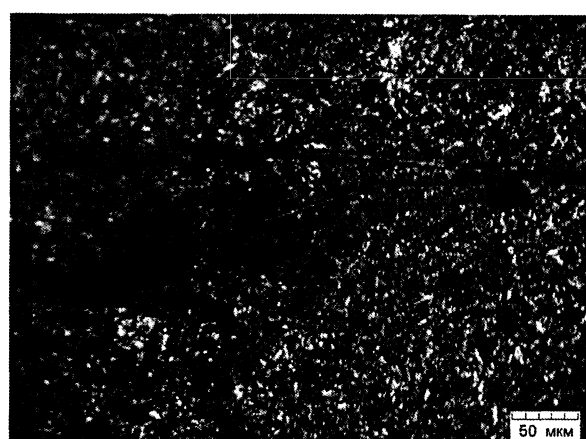
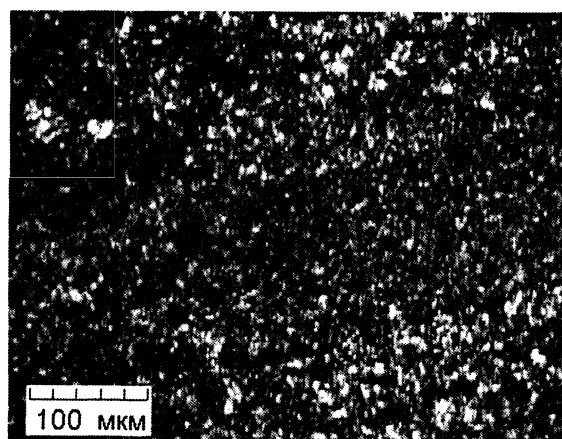
Рис. 3. Сульфидные включения в стали 15XГМ

дидась). Неметаллические включения в стали регламентирует ГОСТ 1778-70, причем только для определения количества и распределения в объеме сплава. Для конкретных марок сталей и сплавов

ГОСТ 1778-70 отсылает к ГОСТ, регламентирующим конкретную металлопродукцию. ГОСТ 19265-73 на быстрорежущую сталь неметаллические включения не оговаривает, кроме карбидов. Поэтому по признаку избыточного количества остеклованных включений поставляемую сталь забраковать невозможно. Вместе с тем, избыток таких включений весьма отрицательно сказывается на свойствах готового изделия, в первую очередь снижая его прочность.

При анализе установлены также несплошности, сернистые включения, шлаки и пористость (рис. 2). Брак по дефектам такого типа ГОСТ 19265-73 не предусмотрен; контроль макроструктуры производится без применения увеличительных приборов. Показанные на рис. 2 дефекты выявляются в диапазоне увеличений от 100 до 400 крат.

Дефектами структуры, которые негативно сказываются на свойствах готового изделия или полуфабриката, являются протяженные включения сульф-



а б
Рис. 4. Неоднородность структуры и химического состава стали вблизи сульфидного включения

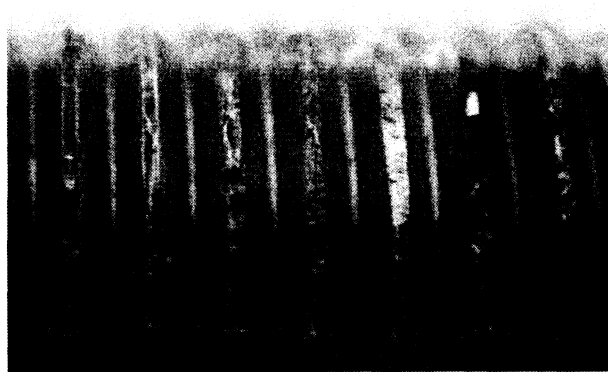


Рис. 5. Фрагмент метчика

фидов в стали 15ХГМ (рис. 3), а также неоднородность структуры (рис. 4, *а*) и химического состава вблизи сульфидного включения (рис. 4, *б*).

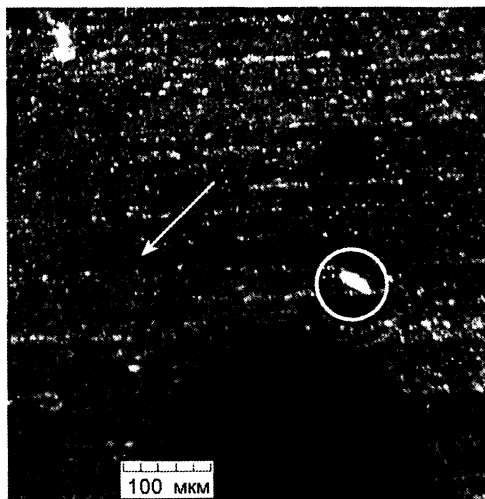
Причиной выхода из строя метчиков из стали Р18 также является низкое качество металла. На фотографии фрагмента метчика (рис. 5) видны сколы режущей кромки различной протяженности по всей длине резьбы, образовавшиеся в процессе эксплуатации.

Основная причина брака – строчечность в распределении карбидной фазы, карбидная полосча-

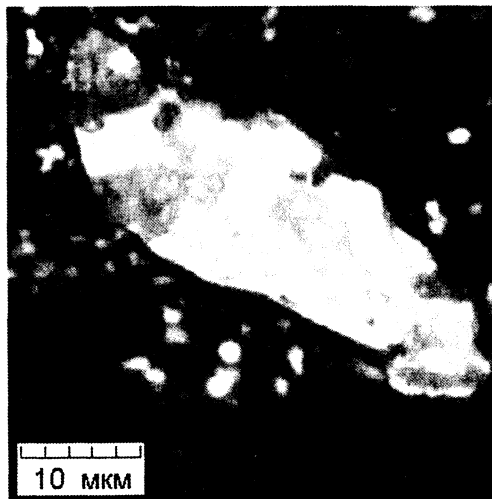
тость; ширина полосы составляет порядка 20 мкм (рис.6). Неоднородность такого типа обусловлена структурой деформированного полуфабриката. С этим дефектом структуры связана неоднородность механических свойств вдоль и поперек направления деформации. При этом прочность вдоль направления деформации существенно выше прочности в поперечном направлении. Так как усилие при работе метчика направлено поперек «зуба», то возможность облома резьбы изделия, имеющего описанные дефекты, существенно повышается.

В структуре присутствуют крупные неметаллические включения (рис. 6, *б*) размером порядка 60 мкм. Это остеклованные включения, сформировавшиеся при металлургическом процессе вследствие загрязнения металла посторонними примесями. Наличие остеклованных включений вызывает дополнительное снижение прочности на границе включение-матрица. В структуре наблюдаются также трещины (рис. 6, *а*) (отмечено стрелкой), образовавшиеся, вероятно, при работе изделия.

На рис. 7 показан участок структуры стали Р18, содержащий также дефекты, не регламентирован-

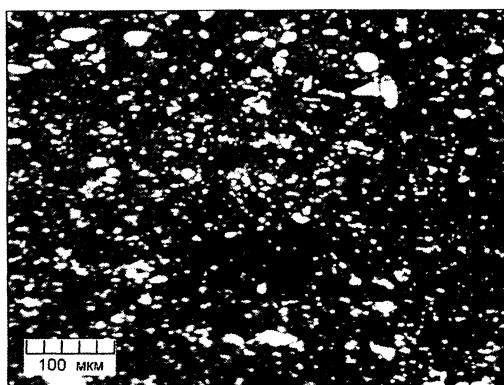


а

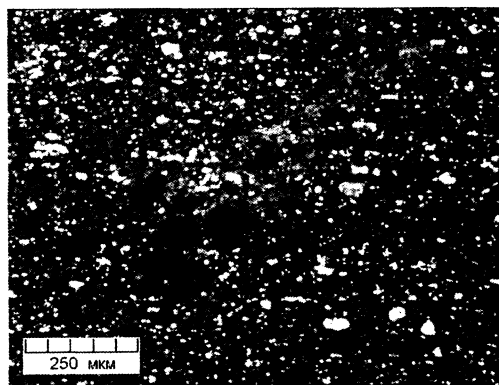


б

Рис. 6. Структура метчика у основания «зуба»



а



б

Рис. 7. Включения примесей (*а*) и пористость (*б*)

Таблица 1. Содержание основных легирующих элементов в исследуемой стали

Элемент	Содержание элемента согласно сертификату	Содержание элемента согласно данным SEM-микроскопии, %
Углерод	≤0,12	Не определяется
Медь	1,5–2,5	1,39
Кремний	≤1,00	0,46
Молибден	≤0,30	0,36
Титан	—	0,05
Хром	14–16	14,38
Марганец	7–10	8,93
Никель	≤1,2	1,41

ные ГОСТ, но существенно влияющие на свойства стали.

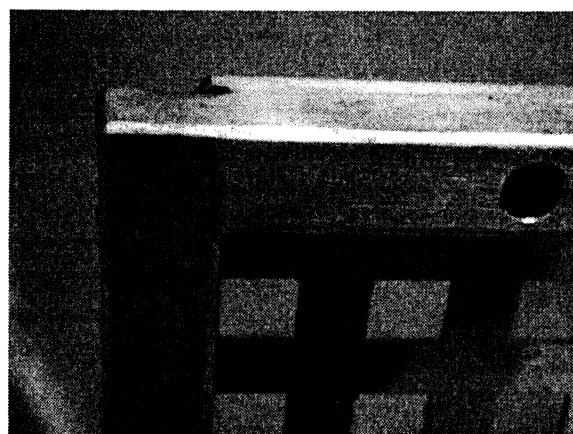
Известно, что строчечность и карбидная полосчатость не могут быть устранены стандартной термической обработкой [2]. В качестве способа улучшения структуры были разработаны методы нетрадиционной термической обработки [3], позволяющие разбить строчечность и устранить анизотропию механических свойств. Результативность нестандартных методов была показана нами для стали Р6М5, а также алюминиевых сплавов Д16, АК4-1, АМг6.

Вместе с тем, следует поставить вопрос о целесообразности таких разработок. По сути говоря,

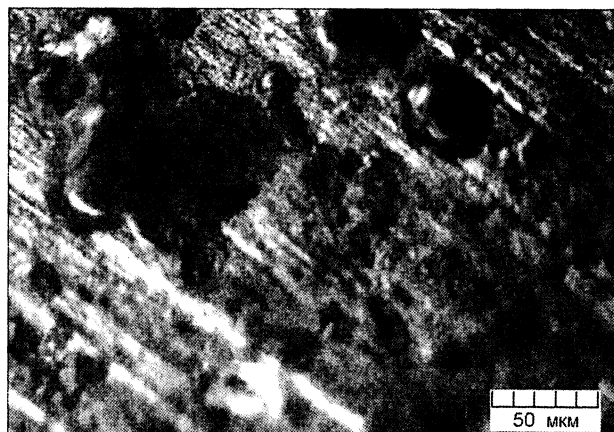
усилия исследователей направлены на изыскание способов борьбы с некачественной продукцией. Вместо того чтобы в действительности создавать новое, мы тратим время на устранение брака, которого можно было бы избежать.

Одним из характерных примеров поступления некачественного металла на территорию Беларуси является нержавеющая сталь 12Х15Г9НД. Сертификат на такую продукцию выдается в системе добровольной сертификации стали в России (информация имеется на сайте www.staltest.ru). На территории Республики Беларусь для нержавеющих и коррозионностойких сталей и сплавов в настоящее время действует ГОСТ 5632-72 «Стали высоколегированные и сплавы коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные». Изделия для пищевой промышленности регламентируются РТМ 27-72-2-78 «Машины и оборудование продовольственные»; СТБ 98-2002 «Изделия хозяйственные, бытовые из металлов и их сплавов. Общие технические условия». Для марок сталей данные документы ссылаются на ГОСТ 5632-72. Марка стали 12Х15Г9НД в ГОСТ 5632-72 не значится.

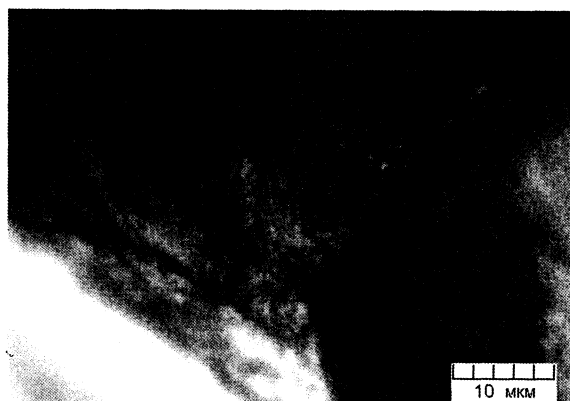
Анализ фазового состава сплава проведен на растровом сканирующем микроскопе SEM-515. Результаты приведены в табл. 1. Следует отметить, что сплав, содержащих медь (буква «Д» в марке



а



б



в

Рис. 8. Поверхность образцов стали: а – фрагмент изделия; микрофотографии при увеличении 400 (б) и 2000 (в)

Таблица 2. Результаты рентгеноструктурного анализа поверхности стали

Угол дифракции, (2θ)	Межплоскостное расстояние, Å	Фаза
12.333	7,199	β -Fe ₂ O ₃ ·H ₂ O
24.917	3,577	β -Fe ₂ O ₃ ·H ₂ O
33.667	2,661	β -Fe ₂ O ₃ ·H ₂ O
35.333	2,544	β -Fe ₂ O ₃ ·H ₂ O
36.125	2,484	β -Fe ₂ O ₃ ·H ₂ O
42.333	2,137	β -Fe ₂ O ₃ ·H ₂ O
43.5	2,07	(111) γ - Fe (аустенит)
50.59	1,8	(200) γ - Fe(аустенит)
74.585	1,26	(220) γ - Fe(аустенит)
90.33	1,081	(311) γ - Fe(аустенит)

сплава) в ГОСТ 5632-72 нет. Наличие в сплаве меди может существенно изменить коррозионные свойства сплава. ГОСТ 5632-72 жестко регламентирует содержание меди в сталях коррозионных и нержавеющей десятиными долями процента.

В секторе металлографического и рентгеноструктурного анализа ГНУ «ФТИ НАН Беларуси» были выполнены работы уже по двум обращениям белорусских предприятий по поводу низкого качества данной стали. На рис. 8 представлены фрагмент решетки ограждения и структура его поверхности, на которой после трех месяцев эксплуатации образовался налет ржавчины. Это подтверждается результатами рентгеноструктурного фазового анализа (табл. 2). Фазовый состав сплава: легированный аустенит (твердый раствор углерода и легирующих элементов в γ -железе) и оксид железа β -Fe₂O₃·H₂O. Легированный аустенит является фазой

стали. Сложное соединение железа (β -Fe₂O₃·H₂O) в состав стали не входит и является ржавчиной, находящейся на поверхности исследуемого участка.

Микроструктура этой стали также не соответствует нержавеющей.

Выводы

При попытках забраковать продукцию такого рода потребители сталкиваются с существенными трудностями. Предъявление претензий на некачественную продукцию возможно сделать, опираясь на действующие ГОСТ. В настоящее время на территории Беларуси в основном действуют ГОСТ на металлопродукцию, разработанные еще в советские времена. Такие позиции, как макро- и микродефекты различного рода, наличие некоторых примесей или в некоторых случаях избыток неметаллических включений и т. д. в данных ГОСТ не всегда оговорены.

Вместе с тем, на заводах контроль осуществляется по составу, твердости и иногда по механическим свойствам.

По-видимому, решение проблемы лежит, с одной стороны, в существенном повышении уровня входного контроля на предприятиях, с другой – необходимо совершенствование правовой базы, выработка соответствующих ГОСТ. Полезно было бы также создание информационной системы о поставщиках металла с отзывами потребителей, где фиксировались бы случаи поставки недоброкачественной продукции.

Литература

1. Алифанов А. В., Анисович А. Г., Гагасов А. М. Проблема качества подшипников как следствие металлургического брака // Литье и металлургия. 2008. № 1. С. 136–141.
2. Горелик С. С., Добаткин С. В., Капуткина Л. М. Рекристаллизация металлов и сплавов. М.: МИСИС, 2005.
3. Гофпенек Р. Л., Шиманский И. И., Анисович А. Г., Грешилов А. Д. Физические основы термодинамической обработки стареющих сплавов. Мн.: Наука і тэхніка, 1992.