

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

УДК 621.002:658.562(571.17)

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ГОРНО-ШАХТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ КУЗБАССА

QUALITY CONTROL OF STRUCTURAL STEELS IN THE PRODUCTION OF MINING EQUIPMENT IN THE MACHINE-BUILDING ENTERPRISES OF KUZBASS

Коротков Александр Николаевич,

д.т.н., профессор, e-mail: korotkov.a.n@mail.ru

Korotkov Alexandr N., Dr. Sc. in Engineering, Professor

Короткова Лидия Павловна, к.т.н., доцент

Korotkova Lidya P., C. Sc. in Engineering, Associate Professor

Видин Денис Владимирович, ст. преподаватель

Vidin Denis V., Senior Lecturer

Лящина Светлана Викторовна, ст. преподаватель

Latchinina Svetlana Victorovna, Senior Lecturer

Фролова Ольга Викторовна, ст. преподаватель

Frolova Olga V., Senior Lecturer

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачёва 650000, Россия,
г. Кемерово, ул. Весенняя, 28
T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennayay, Kemerovo, 650000, Russian Federation

Аннотация

К горно-шахтному оборудованию предъявляются высокие требования по надежности и долговечности, для обеспечения его безаварийной эксплуатации. Технический контроль качества сталей и сплавов в условиях машиностроительных предприятий является важнейшей составной частью выпуска качественной продукции, удовлетворяющей техническим требованиям. Актуальность проблемы контроля качества материалов усиливается в связи с планируемым расширением производства горно-шахтного оборудования и импортозамещением на предприятиях Кузбасса.

В статье представлен накопленный практический опыт по контролю качества конструкционных материалов, используемых в горном машиностроении. Изучена проблема несоответствия качества конструкционных сталей, поставляемых на машиностроительные предприятия региона, установленным нормам. Разработана методика контроля качества сталей в состоянии поставки и на всех основных технологических этапах производства деталей в соответствии с действующими государственными стандартами.

Использование этой методики позволило изучить существенную проблему качества металла в состоянии поставки. В результате комплексного контроля качества сталей в состоянии поставки удалось выявить: отклонения химического состава сплавов; макродефекты – ликвацию, пористость, усадочные раковины, трещины т.д.; дефекты микроструктуры – крупное зерно, поры, наличие неметаллических включений, остатки карбидной сетки и др.; отклонения по твердости. Все эти несоответствия свидетельствуют о невысоком качестве поставляемой продукции.

Контроль качества сталей при производстве деталей проводился комплексно и включал в себя этапы заготовительного производства, предварительную и упрочняющую термическую обработки. Решалась задача по обеспечению эксплуатационных характеристик деталей за счет корректировки предварительной термической обработки с целью устранения выявленных дефектов микроструктуры в состоянии поставки. Исследовалась упрочняющая термическая обработка и, в случае необходимости, разрабатывались рекомендации по ее корректировке с целью обеспечения требуемых эксплуатационных свойств деталей.

В целом, в результате комплексного контроля качества стали в состоянии поставки и на различных

технологических этапах производства, удалось выявить системные проблемы, связанные с качеством сталей, их термической обработкой и предложены конкретные мероприятия для их устранения. Все это способствует повышению надежности и долговечности деталей и узлов горнодобывающего оборудования.

Abstract.

High requirements to the mining equipment are made to the reliability and durability, that ensures its trouble-free operation.

Technical quality control of steels and alloys in the machine-building enterprises is an important part of the production quality products, which meet the technical requirements. The urgency problem of the quality control materials increases due to the planned expansion of the production mining equipment at the enterprises of Kuzbass.

The authors have accumulated a practical experience in the quality control of construction materials used in mining machine-building. The problem of non-compliance of quality structural steels, supplied in the machine-building enterprises of the region, the established standards, was studied. The authors have developed a methodology of the quality control steels at the delivery and at all basic technological stages of production of the components in accordance with established national standards.

Using this methodology allowed us to study a significant problem of quality metal at delivery. As a result of the integrated quality control of steels at delivery were identified: the deviation of the chemical composition in the alloys; macro defects – segregation, porosity, shrinkage holes, cracks, etc.; microstructure defects – large grain, pores, the presence of non-metallic inclusions, rests of carbide grid (net), etc.; deviations in hardness. All these discrepancies indicate a low quality of delivered products.

The quality control in the production of steel parts was made fully and included the steps of blank production, of preliminary and hardening heat treatments. The problem of providing performance pieces was solved by correction the preliminary heat treatment in order to eliminate the detected defects of the microstructure in the condition delivery. We have investigated the hardening heat treatment, and, if necessary, developed recommendations for its correction in order to ensure the required operational properties of pieces.

In general, the result of a comprehensive of quality control steel as delivered and at different technological stages of production, was able to identify systemic problems related to the quality of steels, heat treatment. As a result, we have proposed concrete actions to resolve them. All this helps to improve the reliability and durability of the parts and components of mining equipment.

Ключевые слова: конструкционные стали, качество, эксплуатационные свойства, микроструктура, макроанализ, неметаллические включения, размер зерна, механические свойства, термическая обработка, структурная полосчатость, горячекатаный прокат, дефекты микроструктуры, горнодобывающее оборудование.

Keywords: structural steels, quality, operating properties, microstructure, macro analysis, nonmetallic inclusions, grain size, mechanical properties, heat treatment, structural banding, hot-rolled, defects in the microstructure, mining equipment.

Введение

Многие машиностроительные предприятия Кузбасса занимаются производством горношахтного оборудования, его сервисным обслуживанием и ремонтом. К надежности выпускаемой продукции предъявляются высокие требования и одной из составляющих обеспечения этого параметра является контроль качества металла.

Технический контроль качества сталей и сплавов в условиях машиностроительных предприятий рассматривается как обязательный элемент системы управления качеством продукции, задачей которого является предотвращение выпуска некондиционных изделий. Контроль за качеством металла должен возлагаться на заводскую лабораторию, в функциональные обязанности которой должны входить задачи:

- предупреждение брака и дефектов заготовок за счет контроля металлов в состоянии поставки, на этапах технологии заготовительного производства и термической обработки, т.е. своевременное обнаружение отклонений от техниче-

ских условий;

- отбраковка дефектных заготовок;
- систематизация, учет и анализ причин брака, выявленных в заготовительных и термических цехах и участках;
- разработка рекомендаций по устранению брака и дефектов.

В последнее время остро стоит проблема ответственности качества металлов установленным нормативам, в том числе в состоянии поставки. Её решение возможно за счет создания современных лабораторий по контролю качества материалов, подготовки компетентного кадрового состава, а также разработки методического обеспечения по контролю качества материалов. Такие лаборатории могут быть созданы в стенах ВУЗов при соответствующих кафедрах и решать проблемы контроля качества сталей и сплавов для тех предприятий, где отсутствуют или недостаточно развиты заводские лаборатории.

Таблица 1. Контролируемые параметры макроструктуры (ГОСТ 10243)
Table 1. Controlling characteristics of macrostructure (GOST 10243)

Категория стали	Макроструктура стали в баллах, не более						
	Центральная пористость	Точечная неоднородность	Ликвационный квадрант	Общая пятнистая ликвация	Краевая пятнистая ликвация	Подушечная ликвация	Подкорковые поры
Качественная	3	3	3	1	1	1	Не допускается
Высококачественная	2	2	2	Не допускается		1	
Особовысококачественная	1	1	1	Не допускается			

Таблица 2. Структура испытаний при входном контроле качества конструкционных сталей в состоянии поставки
Table 2. The structure of the test at a quality inspection of structural steel at delivery

№	Параметры контроля	Сталь подшипниковая [9]	Углеродистые легированные стали [10]	Коррозионностойкие стали [11]	Конструкционные углеродистые стали [6]	Конструкционные легированные стали [7]
1	Контроль размеров в состоянии поставки	+	+	+	+	+
2	Химический состав	+	+	+	+	+
3	Макроструктура [12]	+	+	-	-	+
4	Твердость в состоянии поставки [13]	+	+	-	+	+
5	Контроль на излом [14]	+	+	-	+	+
6	Обезуглероженный слой [15]	+	+	-	+	+
7	Микроструктура [16]	+	-	+	-	-
8	Карбидная сетка [17]	+	-	-	-	-
9	Полосчатость [17]	+	-	-	-	-
10	Карбидная ликвация [9]	+	-	-	-	-
11	Наличие неметаллических включений [18]	+	+	-	-	+
12	Микропористость [9]	+	-	-	-	+
13	Величина аустенитного зерна [19]	-	+	-	+	+
14	Прокаливаемость [20]	+	+	-	-	-
15	Механические свойства [21]	-	+	-	-	-
16	Твердость после ТО [13]	-	-	-	+	+

На кафедре «Технология металлов» КузГТУ (вошедшей в состав кафедры «МСИИ») всесторонне изучены отдельные аспекты данной проблемы на примере оценки качества сталей и сплавов, используемых на предприятиях машиностроительного профиля Кемеровской области, и предложены пути ее решения.

Методика исследований

Для реализации задачи повышения качества

выпускаемой машиностроительной продукции на кафедре «Технология металлов» КузГТУ разработана методика контроля качества конструкционных сталей. Методика базируется на действующих государственных стандартах, а ее использование позволяет решить проблему, связанную с обеспечением требуемых эксплуатационных характеристик в деталях [1, 2].

Перечень контролируемых параметров макро-

и микроструктуры сталей в соответствии с государственными стандартами и отражен в табл.1 и табл.2.

Единая методика контроля качества сталей по основным параметрам микроструктуры представлена в табл. 3. Она включает в себя основные условия для проведения металлографических исследований: оценку состояния стали с точки зрения ее термической обработки; металлографическую подготовку; условия изготовления образцов и их контроль; методы контроля.

Контроль качества сталей должен включать в себя следующие основные этапы:

- контроль качества различных партий конструкционных материалов в состоянии поставки на соответствие требованиям стандартов по следующим параметрам: визуальный контроль, измерительный контроль, химический анализ, механические и технологические испытания, металлографические исследования;
- формулирование рекомендаций по отбраковке некачественных партий металла на основе результатов контроля качества сплавов в состоянии поставки;
- анализ термической обработки на всех основных технологических этапах производства, разработка рекомендаций по предварительной термической обработке с целью устранения выявленных дефектов микроструктуры, корректировка упрочняющей термообработки с целью обеспечения требуемого комплекса свойств деталям и изделиям.

Контроль качества стали начинается с химического анализа, т.к. он является одной из основных характеристик сталей. В частности, весь комплекс физических, основных механических и технологических свойств зависит от содержания углерода, примесей и легирующих элементов. Макроанализ также является важнейшим этапом контроля качества сталей, позволяющим судить о качестве металла и его предшествующей обработке, влияющей на свойства металла при термообработке и в процессе последующей эксплуатации. Микроанализ позволяет выявить существенные дефекты структуры, как в состоянии поставки, так и на этапах предварительной и упрочняющей термической обработки.

Показатели механических свойств металлов оцениваются по прочности, твердости, относительному удлинению, сужению, ударной вязкости и т.д. Твердость, как наиболее структурно-чувствительная характеристика в состоянии поставки, измеряется в первую очередь после предварительной и упрочняющей термической обработки [3].

Результаты исследований и обсуждение.

Работа проводилась на ряде машиностроительных предприятий Кузбасса, на изделиях, отличающихся по назначению и области применения. Это позволило, в итоге, выявить системные проблемы,

связанные с качеством материалов и их термической обработкой, и способствовало решению задач по повышению эксплуатационных характеристик изделий машиностроительной продукции.

Использование вышеизложенной методики контроля качества материалов рассмотрено ниже на двух конкретных примерах:

I. На одном из машиностроительных предприятий Кузбасса, занимающемся изготовлением горно-шахтного оборудования (ГШО), в процессе освоения производства гидравлических крепей обнаружилась проблема низкой прочности гидроцилиндров. Для ее устранения проведены следующие мероприятия:

- выбор конструкционных сталей;
- выявление отклонений от нормативных показателей;
- разработка рекомендаций по предварительной термической обработке с целью устранения дефектов и обеспечению требуемых технологических свойств;
- разработка упрочняющей термической обработки с целью обеспечения основных механических свойств в изделии.

Химический анализ позволил идентифицировать поставляемые стали на соответствие маркам – это горячекатаные трубы из сталей 45, 30ХГСА и 35Х [4, 5]. По основным элементам химический состав всех сталей соответствовал стандартам [6, 7], но в них выявлено недопустимо завышенное содержание серы (0,0038–0,0047%).

Металлографические исследования (табл. 3) включали в себя: оценку загрязненности неметаллическими включениями; определение величины зерна; полосчатости; исследования микроструктуры. Результаты этих исследований проиллюстрированы на рис. 1.

Исследования микроструктуры [8] показали различия в термической обработке сталей в состоянии поставки: трубы из стали 45 – это горячекатаный нормализованный прокат с феррито-перлитной структурой (рис. 1, а, б); трубы из сталей 30ХГСА и 35Х – это улучшенный горячекатаный прокат со структурой зернистого сорбита (рис. 1, в, г).

В некоторых партиях из стали 45 выявлена дефектная перегретая структура с признаками видманштетта, с недопустимым размером зерна, соответствующим 5 баллу (рис. 1, б). В трубах из стали 35Х выявлен дефект структуры – наличие включений феррита в сорбитной структуре (рис. 1, г). Во всех исследованных партиях обнаружены дефекты в виде неметаллических включений – недеформируемых оксидов 2а – 4а и силикатов 2б – 4б баллов, что превышает предельно допустимые значения. Признаки строчечной структуры отсутствовали.

Таблица 3. Основные параметры микроструктуры и условия контроля качества конструкционных сталей
Table 3. The main parameters of the microstructure and conditions of quality control structural steels

№ п/п	Контролируемый показатель	Состояние образца (ТО)	Условия подготовки образца	Увеличение микроскопа	Метод оценки показателя
1	Обезуглерожженный слой	Закалка	Полирование в поперечной плоскости a^* ; травление 2–4%-ным спиртовым раствором HNO_3	100 [×] и более	Измерение окулярной линейкой на двух образцах [15], допустимо 2% $\times d$, не более
2	Микроструктура перлита	Горячекатаный, отожженный	Полирование в поперечной плоскости a^* ; травление 2–4%-ным спиртовым раствором HNO_3	500 [×] (450–600)	Сравнение со шкалой стандарта [16], допустимый балл 4, не более
3	Карбидная сетка	Закалка	Полирование в поперечной плоскости a^* ; травление 2–4%-ным спиртовым раствором HNO_3	100 [×] и более	Сравнение со шкалой стандарта [16], допустимый балл 3, не более
4	Карбидная ликвация	Закалка	Полирование в поперечной плоскости a^* ; травление 2–4%-ным спиртовым раствором HNO_3	90–110 [×]	Сравнение со шкалой стандарта [9], допустимый балл 1–2, не более
5	Полосчатость	Неотожженное состояние	Полирование в продольной плоскости b^{**} ; травление 2–4%-ным спиртовым раствором HNO_3	90–110 [×]	Сравнение со шкалой стандарта [17], допустимый балл 2–3, не более
6	Микропористость	Закалка	Полирование в поперечной плоскости a^*	90–110 [×]	Сравнение со шкалой стандарта [9], допустимый 2 балл, не более
7	Неметаллические включения	Закалка	Полирование в поперечной плоскости a^*	90–110 [×]	Сравнением наиболее загрязненного места со шкалами 1, 2, 3 стандарта [18], допустимый балл 2–3, не более
8	Размер зерна	Горячекатаный, отожженный	Полирование в поперечной плоскости; травление до почернения	100 [×] 200 [×] 400 [×]	Метод по размеру зерна. В баллах по шкале стандарта [19], допустимый балл 6–8, не ниже

Примечания: * – плоскость a – это плоскость, перпендикулярная направлению прокатки;
** – плоскость b – это плоскость вдоль направления прокатки.

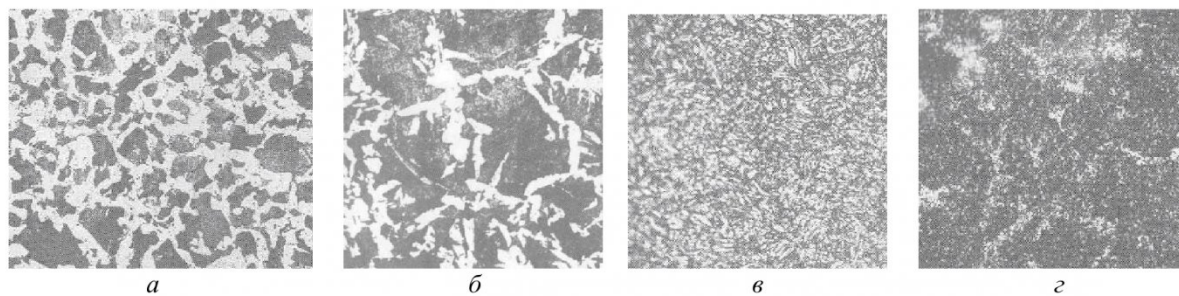


Рис. 1. Микроструктура горячекатаных труб в состоянии поставки:

а – пластинчатый перлит и сетка феррита; б – пластинчатый перлит с игольчатым ферритом (видманштетт 1,5 балла); в – сорбит, г – сорбит и феррит

Fig. 1. Microstructure of hot-rolled tubes in delivery condition:

a – lamellar pearlite and ferrite network; b – lamellar pearlite with acicular ferrite (vidmanshtett 1,5 points); c – sorbitol; d – sorbitol and ferrite

Таким образом, металлографические исследования свидетельствуют о низком качестве сталей в состоянии поставки. Во всех партиях труб обнаружены неустраняемые дефекты структуры металлургического производства в виде неметаллических включений, превышающие предельно допустимые значения. Кроме того, в микроструктуре выявлены дефекты, связанные с некачественно выполненной предварительной термической обработкой – перегревом, который проявился в виде крупного зерна с признаками видманштетта (рис. 1, б). Обнаружен дефект, связанный с недогревом заготовок при закалке. Он привел к частичному сохранению зерен феррита в структуре улучшенной стали (рис. 1, г).

Недогрев и перегрев в структуре сталей могут быть устранены последующей термической обработкой, а наличие флокенов, неметаллических включений выше допустимых – это неустраняемый брак металлургического производства [22–24].

Рекомендации по упрочняющей термической обработке разрабатывались с учетом качества сталей в состоянии поставки и требований к стойкам гидроцилиндров по основным механическим свойствам. При этом рассмотрены следующие варианты термообработки:

1. Нормализация. Для труб из стали 45 эта термообработка может служить одновременно и предварительной (для исправления крупнозернистой микроструктуры), и упрочняющей.

2. Улучшение. Может быть рекомендовано для всех рассматриваемых марок сталей одновременно в качестве предварительной и упрочняющей термической обработки. Тем более, что трубы из сталей 35Х и 30ХГСА поставляются в виде улучшенного проката и термообработка для них на машиностроительном предприятии не требуется. При назначении термической обработки в виде улучшения следует учитывать прокаливаемость сталей, она должна быть выше толщины трубы.

3. Нормализация с последующим улучшением. Нормализация необходима для устранения дефектов структуры, например, неоднородной феррито-сорбитной структуры в трубах из стали 30ХГСА и крупного зерна в трубах из стали 45. Улучшение – для получения однородной сорбитной структуры.

В итоге, на основе комплексного контроля, предприятию рекомендовано:

- использовать в качестве предварительной термической обработки нормализацию, а упрочняющей – улучшение, что обеспечило заданный комплекс основных механических свойств гидроцилиндров;
- наладить в условиях машиностроительного завода систематический комплексный контроль качества сталей, ввиду их низкого качества;
- корректировать термическую обработку с учетом результатов контроля, руководствуясь предложенными рекомендациями.

II. На машиностроительном предприятии

Кузбасса по производству бурового инструмента изучалась проблема, связанная с низкой прочностью державок шнековых резцов из стали 35ХГСА [4, 5]. Исследования проводились на основных этапах технологического производства: послековки с различными вариантами предварительной термической обработки и после упрочняющей термической обработки.

Контроль качества стали проводился в соответствии с ГОСТ 4543. Исследовалось наличие неметаллических включений, пор, флокенов, кованных трещин. Изучалась микроструктура на всех основных технологических этапах термической обработки. Анализ проводился с использованием металлографических исследований и измерений микротвердости (табл. 3). Характер разрушения резцов устанавливался по виду изломов, полученных в результате разрушения инструмента при эксплуатации в реальных производственных условиях [25–28].

Заготовительная операция состояла изковки и последующей термической обработки. Ковке подвергалась лишь рабочая часть державки резца, которая предварительно нагревалась токами высокой частоты (ТВЧ). Температура начала и концаковки не контролировалась. После горячей обработки давлением использовались два варианта предварительной термической обработки: I вариант – отжиг (при 700 °С в течение 6 часов); II вариант – улучшение (закалка при 880 °С в масле с последующим отпуском при 600 °С в течение 1,5 часов, охлаждение – воздух).

В микроструктуре кованных заготовок выявлен ряд недопустимых дефектов: крупное зерно (3–4 балл); видманштеттова структура; ферритная сетка; наличие флокенов, неметаллических включений, выше допустимых пределов [8, 22–24].

Результаты исследований микроструктуры и измерения микротвердости заготовок представлены в табл. 4. Они свидетельствуют о неоднородности микроструктуры и, следовательно, о неравномерности свойств вдоль оси державки резца. Здесь наблюдаются три явно выраженных зоны. Первая зона (1) находится непосредственно в головке резца (с глубиной до 10 мм), имеет характерное строение перегретой стали в виде видманштеттовой структуры. Вторая зона (2) – переходная и крайне неоднородная (с глубиной от 10 до 25 мм), включает в себя крупнозернистую феррито-перлитную структуру с ферритной сеткой по границе зерна с включениями сорбидообразного перлита. Третья зона (3) – располагается в хвостовой части резца (на расстоянии более 25 мм), относится к недеформируемой части заготовки и имеет мелкозернистую феррито-перлитную структуру нормализованной стали. Неоднородность микроструктуры в кованом образце подтверждена измерениями микротвердости. На графиках (табл. 4) отчетливо видна зонаковки с переходной границей.

Таблица 4. Результаты предварительной термической обработки державки шнекового резца из стали 35ХГСА

Table 4. Results of preliminary heat treatment of the tool holder screw steel 35 ХГСА

I вариант: ковка, отжиг 700 °С	II вариант: ковка, отжиг 700 °С, улучшение (отпуск 600 °С)	
Распределение микротвердости вдоль оси державки резца		
<p style="text-align: center;">1 2 3</p>	<p style="text-align: center;">1 2 3</p>	
Распределение микроструктуры по зонам		
I вариант: ковка, отжиг 700 °С		
<p style="text-align: center;">1</p>	<p style="text-align: center;">2</p>	<p style="text-align: center;">3</p>
II вариант: ковка, отжиг 700 °С, улучшение (отпуск 600 °С)		
<p style="text-align: center;">1</p>	<p style="text-align: center;">2</p>	<p style="text-align: center;">3</p>

Отжиг кованых заготовок при 700 °С (I вариант) не привел к исправлению дефектов микроструктуры, т.к. температура нагрева ниже температуры фазовых превращений. Результаты измерения микротвердости подтверждают данный

факт.

Несколько лучший результат по распределению структуры получен в кованых заготовках после термической операции улучшения (II вариант). Такая обработка частично обеспечила полу-

чение сорбидной микроструктуры вдоль оси по сечению детали, что подтверждено измерениями микротвердости. Однако разница в микротвердости головки резца и державки, тем не менее, технологически унаследована и объясняется сохранением феррита в 1 и 2 зонах.

Таким образом, оба варианта предварительной термической обработки не дали положительного результата, т.к. во всех исследуемых образцах сохраняется переходная зона с неоднородной структурой, что является одной из основных причин пониженной прочности инструмента.

Исследования результатов упрочняющей термической обработки (закалка 900 °С в масле с последующим средним отпуском при 400 °С с охлаждением на воздухе), применяемой на предприятии, позволили выявить ряд недостатков. Главный из них заключается в пониженной ударной вязкости резцов. Объясняется это несколькими причинами. Одна из них связана с выбором отпуска, т.к. среднетемпературный отпуск обеспечивает самые низкие показатели ударной вязкости (0,6 МДж/м³). Другая причина связана с технологическим наследованием дефектов микроструктуры от неправильно выполненной предварительной термической обработки, которая в данном случае привела к структурной неоднородности и к сохранению крупного зерна [4, 5].

Вышеизложенное подтверждается механизмом разрушения резцов [24].

Проведенный анализ изломов державок резцов позволил выявить две характерные зоны – зона приработки (15 – 20 % площади сечения резца) и зона доламывания. Это свидетельствует о двух механизмах разрушения, основным из которых является хрупкий механизм, с частично предшествующим ему усталостным. Причем место разрушения резца находится преимущественно в зоне с переходной неоднородной структурой (зона 2, табл. 4).

Таким образом, на основе изучения технологического наследования, базирующего на исследованиях структуры, измерениях микротвердости, анализе изломов, внесена корректировка в термическую обработку шнекового резца из стали 35ХГСА:

- в качестве предварительной термической обработки рекомендовано применять полный отжиг (840-860°С), что позволило получить однородную структуру по всей длине резца, устранить

дефекты в структуре (крупное зерно, структурную неоднородность), приобретенные на этапековки;

- в качестве упрочняющей термической обработки рекомендовано после закалки (880°С) проводить низкотемпературный отпуск (250°С) с ускоренным охлаждением в масле, вместо среднего, что позволяет повысить ударную вязкость стали (1-1,2 МДж/м³);

- предприятию рекомендовано также повысить требования к поставщику ввиду низкого качества поставляемых сталей, связанного с недопустимо большим количеством неметаллических включений и наличием недопустимых флокенов в микроструктуре.

Выводы

Полученные результаты исследований качества сталей на различных машиностроительных предприятиях Кузбасса по производству горношахтного оборудования позволяют констатировать следующее:

1. Существует серьезная проблема, связанная с низким качеством металлопродукции в состоянии поставки (отклонения металла по химическому составу; наличие макродефектов; наличие дефектов микроструктуры; несоответствия по механическим свойствам).

2. На машиностроительных предприятиях остро стоит задача своевременного выявления системных проблем, связанных с качеством материалов в состоянии поставки и их термической обработкой.

3. Внедрение методик контроля качества сталей в состоянии поставки и после термической обработки способствует решению задачи по повышению качества, а, следовательно, обеспечению заданных эксплуатационных характеристик различным изделиям машиностроительной продукции, в том числе при производстве горношахтного оборудования.

4. В целом следует констатировать, что проблема контроля качества металлов приобретает все большую актуальность и для ее решения целесообразно либо усиливать и развивать заводские лаборатории, либо создавать централизованные лаборатории (например, на базе технических вузов), которые способны решать такие проблемы для группы машиностроительных предприятий горнодобывающего профиля в Кузбассе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Короткова Л.П., Шатько Д.Б., Дубинкин Д.М. Контроль качества материалов (в машиностроительном производстве). – ФГБОУ ВПО «Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева». – Кемерово, 2011. – 171 с.
2. Металлы и сплавы. Справочник. / под ред. Ю. П. Солнцева. – С.-Пб.: АНО НПО «Профессионал», АНО НПО «Мир и Семья», 2003. – 1066 с.
3. Зубченко, А. С. Марочник сталей и сплавов / под ред. А. С. Зубченко. – М. : Машиностроение, 2001. – 1066 с.

4. Гольдштейн М. И. Специальные стали : учеб. для вузов / М. И. Гольдштейн, С. В. Грачев, Ю. Г. Векслер. – М. : Металлургия, 1985. – 408 с.
5. Покровская Н. Г., Петраков А. Ф., Шалькевич А. Б. Современные высокопрочные конструкционные стали для изделий авиационной техники / МиТОМ, 2002. № 12. – 23-26 с.
6. ГОСТ 1050–88. Прокат из сортовой, калиброванный, со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали. Общие технические условия. – Введ. 1991–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 2010. – 20 с.
7. ГОСТ 4543–71. Прокат из легированной конструкционной стали. Технические условия. – М. : Изд-во стандартов, 2008. – 39 с.
8. Франценюк И. В. Альбом микроструктур чугуна, стали, цветных металлов и их сплавов. – М. : ИКЦ «Академкнига», 2004. – 192 с.
9. ГОСТ 801–78. Сталь подшипниковая. Технические условия. – Введ. 1980–01–01. М. : Изд-во стандартов, 2004. – 23 с.
10. ГОСТ 14959–79. Прокат из рессорно-пружинной углеродистой и легированной стали. Технические условия. – Введ. 1981–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 2006. – 13 с.
11. ГОСТ 5632–82. Стали и сплавы. Методы выявления и определения величины зерна. – Введ. 1975–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 2003. – 25 с.
12. ГОСТ 10243. Сталь. Методы испытаний и оценки макроструктуры. Введ. 1978–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1985. – 41 с.
13. ГОСТ 9012–59. Металлы. Метод измерения твердости по Бринеллю. – Введ. 1960–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 2007. – 39 с.
14. ГОСТ 9454–78. Металлы. Метод испытания на ударный изгиб при пониженной, комнатной и повышенных температурах. – Введ. 1979–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 2002. – 11 с.
15. ГОСТ 1763–68. Сталь. Методы определения глубины обезуглероженного слоя. – Введ. 1971–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 21 с.
16. ГОСТ 8233–56. Сталь. Эталоны микроструктуры. – Введ. 1957–07–01. – М. : Изд-во стандартов, 2004. – 4 с.
17. ГОСТ 5640–68. Сталь. Металлографический метод оценки микроструктуры листов и ленты. – Введ. 1970–03–11. – М. : Изд-во стандартов, 1988. – 18 с.
18. ГОСТ 1778–70. Методы контроля обезуглероженного слоя. – Введ. 1972–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1971. – 8 с.
19. ГОСТ 5639–82. Стали и сплавы. Методы выявления и определения величины зерна. – Введ. 1983–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 2003. – 25 с.
20. ГОСТ 5657–69. Сталь. Метод испытания на прокаливаемость. – Введ. 1970–07–01. – М. : Изд-во стандартов, 1993. – 21 с.
21. ГОСТ 1497–84. Металлы. Методы испытаний на растяжение. – Введ. 1986–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 2008. – 15 с.
22. Штремель М. А. Проблемы металлургического качества стали (неметаллические включения) / МиТОМ, 1980. № 8. – 2-6 с.
23. Гергиев М. Н. и др. Влияние величины зерна на сопротивление стали развитию трещины / МиТОМ, 1974. № 2. – 44-45 с.
24. Таран А. В., Зикеев В. Н., Гуляев А. П. Влияние степени чистоты конструкционных сталей на сопротивление хрупкому разрушению / Изв. АН СССР. Металлы. 1971. № 1. – 119-122 с.
25. Korotkov A. Effect on Grains form on Performances Grinding wheels / A. Korotkov, L. Korotkova, R. Gubaidulina // Applied Mechanics and Materials.. – 2014/ – №682. – p. 469-473.
26. Амосов А. Н., Иванов А. И., Ищук А. Г. и др. Сравнение микроструктуры доломных сталей отечественного и зарубежного производства / Изв. вузов. Черная металлургия. 2004. № 1. – 50-53 с.
27. Ищук А. Г., Иванов А. И., Пугачева Т. М. О механических свойствах доломных сталей / Вестн. Самар. гос. техн. ун-та. Сер. Технические науки. 2005. Вып. 20. – 90-94 с.
28. Ищук А. Г. О металлургическом качестве доломных сталей / Проблемы машиностроения и технологии материалов на рубеже веков: Сб. ст. по материалам VIII Междунар. науч.-техн. конф. (28-30 мая 2003 г.). Ч.И. Пенза: Приволжский Дом знаний, 2003. – 42-44 с.

REFERENCES

1. Korotkova L.P., Shat'ko D.B., Dubinkin D.M. Kontrol' kachestva materialov (v mashinostroi-tel'nom proizvodstve). – FGBOU VPO «Kuzbasskij gosudarstvennyj tehnikeskij universitet im. T.F. Gorbacheva». – Kemerovo, 2011. – 171 s.
2. Metally i splavy. Spravochnik. / pod red. Ju. P. Solnceva. – S.-Pb.: ANO NPO «Professio-nal», ANO NPO «Mir i Sem'ja», 2003. – 1066 s.

3. Zubchenko, A. S. Marochnik stalej i splavov / pod red. A. S. Zubchenko. – M. : Mashinostroenie, 2001. – 1066 s.
4. Gol'dshtejn M. I. Special'nye stali : ucheb. dlja vuzov / M. I. Gol'dshtejn, S. V. Grachev, Ju. G. Veksler. – M. : Metallurgija, 1985. – 408 s.
5. Pokrovskaja N. G., Petrakov A. F., Shal'kevich A. B. Sovremennye vysokoprochnye konstrukcionnye stali dlja izdelij aviacionnoj tehniky / MiTOM, 2002. № 12. – 23-26 s.
6. GOST 1050–88. Prokat iz sortovoj, kalibrovannyj, so special'noj otdelkoj poverhnosti iz uglerodistoj kachestvennoj konstrukcionnoj stali. Obshhie tehnicheckie uslovija. – Vved. 1991–01–01. – M. : Izd-vo standartov, 2010. – 20 s.
7. GOST 4543–71. Prokat iz legirovannoj konstrukcionnoj stali. Tehnicheckie uslovija. – M. : Izd-vo standartov, 2008. – 39 s.
8. Francenjuk I. V. Al'bom mikrostruktur chuguna, stali, cvetnyh metallov i ih splavov. – M. : IKC «Akademkniga», 2004. – 192 s.
9. GOST 801–78. Stal' podshipnikovaja. Tehnicheckie uslovija. – Vved. 1980–01–01. M. : Izd-vo standartov, 2004. – 23 s.
10. GOST 14959–79. Prokat iz resorno-pruzhinnoj uglerodistoj i legirovannoj stali. Tehnicheckie uslovija. – Vved. 1981–01–01. – M. : Izd-vo standartov, 2006. – 13 s.
11. GOST 5632–82. Stali i splavy. Metody vyjavlenija i opredelenija velichiny zerna. – Vved. 1975–01–01. – M. : Izd-vo standartov, 2003. – 25 s.
12. GOST 10243. Stal'. Metody ispytanij i ocenki makrostruktury. Vved. 1978–01–01. – M. : Izd-vo standartov, 1985. – 41 s.
13. GOST 9012–59. Metally. Metod izmerenija tverdosti po Brinellju. – Vved. 1960–01–01. – M. : Izd-vo standartov, 2007. – 39 s.
14. GOST 9454–78. Metally. Metod ispytaniya na udarnyj izgib pri ponizhennoj, komnatnoj i povyshennyh temperaturah. – Vved. 1979–01–01. – M. : Izd-vo standartov, 2002. – 11 s.
15. GOST 1763–68. Stal'. Metody opredelenija glubiny obezuglerozhennogo sloja. – Vved. 1971–01–01. – M. : Izd-vo standartov, 1987. – 21 s.
16. GOST 8233–56. Stal'. Jetalony mikrostruktury. – Vved. 1957–07–01. – M. : Izd-vo standartov, 2004. – 4 s.
17. GOST 5640–68. Stal'. Metallograficheskij metod ocenki mikrostruktury listov i lenty. – Vved. 1970–03–11. – M. : Izd-vo standartov, 1988. – 18 s.
18. GOST 1778–70. Metody kontrolja obezuglerozhennogo sloja. – Vved. 1972–01–01. – M. : Izd-vo standartov, 1971. – 8 s.
19. GOST 5639–82. Stali i splavy. Metody vyjavlenija i opredelenija velichiny zerna. – Vved. 1983–01–01. – M. : Izd-vo standartov, 2003. – 25 s.
20. GOST 5657–69. Stal'. Metod ispytaniya na prokalivaemost'. – Vved. 1970–07–01. – M. : Izd-vo standartov, 1993. – 21 s.
21. GOST 1497–84. Metally. Metody ispytanij na rastjazhenie. – Vved. 1986–01–01. – M. : Izd-vo standartov, 2008. – 15 s.
22. Shtremel' M. A. Problemy metallurgicheskogo kachestva stali (nemetallicheskie vkljuchenija) / MiTOM, 1980. № 8. – 2-6 s.
23. Gergiev M. N. i dr. Vlijanie velichiny zerna na soprotivlenie stali razvitiyu treshhiny / Mi-TOM, 1974. № 2. – 44-45 s.
24. Taran A. V., Zikeev V. N., Guljaev A. P. Vlijanie stepeni chistoty konstrukcionnyh stalej na soprotivlenie hrupkomu razrusheniju / Izv. AN SSSR. Metally. 1971. № 1. – 119-122 s.
25. Korotkov A. Effect on Grains form on Performances Grinding wheels / A. Korotkov, L. Korotkova, R. Gubaidulina // Applied Mechanics and Materials. – 2014/ – №682. – r. 469-473.
26. Amosov A. N., Ivanov A. I., Ishhuk A. G. i dr. Sravnenie mikrostruktury dololnyh stalej otechestvennogo i zarubezhnogo proizvodstva / Izv. vuzov. Chernaja metallurgija. 2004. № 1. – 50-53 s.
27. Ishhuk A. G., Ivanov A. I., Pugacheva T. M. O mehanicheskikh svojstvah dolotnyh stalej / Vestn. Samar. gos. tehn. un-ta. Ser. Tehnicheckie nauki. 2005. Vyp. 20. – 90-94 s.
28. Ishhuk A. G. O metallurgicheskom kachestve dolotnyh stalej / Problemy mashinostroenija i tehnologii materialov na rubezhe vekov: Sb. st. po materialam VIII Mezhdunar. nauch.-tehn. konf. (28-30 maja 2003 g.). Ch.I. Penza: Privolzhsckij Dom znanij, 2003. – 42-44 s.

Поступило в редакцию 13.12.2016

Received 13 December 2015