

УДК 669.14.018.291

Л.П. Короткова, С.В. Лашинина, А.В. Рыжикова

ВЫБОР И ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ДЕТАЛЕЙ ГИДРОЦИЛИНДРОВ КРЕПЕЙ ГОРНО-ШАХТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Введение. Детали гидроцилиндров для крепей горно-шахтного оборудования работают в тяжелых условиях эксплуатации. Эти детали должны быть надежными и долговечными, т.е. обладать высокими показателями конструкционной прочности. Как известно, эти требования обеспечиваются не только квалифицированным выбором сталей, но и высоким их качеством. Оно формируется на всех основных технологических этапах производства, включая заготовительное, предварительную и упрочняющую термическую обработку [1].

Данная работа выполнялась в условиях предприятия, занимающегося изготовления ГШО. Здесь в процессе освоения производства гидравлических крепей на этапе испытаний вскрылась проблема качества гидроцилиндров, связанная с их низкой прочностью. В связи с этим была поставлена задача по подбору марок конструкционных сталей и разработке рекомендаций по предварительной и упрочняющей термических обработок с целью обеспечении в готовом изделии следующих основных свойств: HB 241-285, σ_t не менее 450 Н/мм², σ_b не менее 750 Н/мм².

Методика исследований. Проблема, связанная с обеспечением эксплуатационных характеристик деталей гидроцилиндров, решалась комплексно и включала в себя следующие основные этапы:

- контроль качества различных партий конструкционных сталей в состоянии поставки на соответствие требованиям стандартов;
- отбраковка некачественных партий металлопроката из имеющихся на основе результатов контроля качества сталей в состоянии поставки;
- разработка рекомендаций предварительной термической обработки с целью устранения выявленных дефектов микроструктуры; назначение режимов упрочняющей термической обработки.

В ходе решения данной проблемы на кафедре «Технология металлов» Кузбасского государственного технического университета методика контроля качества конструкционных сталей [2]. Контроль качества сталей выполнялся в соответствии с требованиями стандартов и включал в себя: визуально-измерительный контроль на соответствие сортаменту (ГОСТ 8732, ГОСТ 10243), химический анализ (ГОСТ 7565), металлографические исследования микроструктуры (ГОСТ 1778, ГОСТ 5639), механические испытания (измерение твердости, ГОСТ 9454). Исследования проводились как в состоянии поставки, так и после упрочняющей термообработки.

Исследованиям подвергались две партии труб раз-

личных сортаментов (партия 1 - трубы под № 1, №2, №3 и партия 2 – трубы под № 2, №4, №6). Партии отличаются заводом - изготовителем.

Результаты исследований сталей в состоянии поставки.

Химический анализ

Позволил идентифицировать стали на соответствие маркам: сталь 45 – это трубы №1, №2, №3, №4 (ГОСТ 1050); 30ХГСА – №5 и 35Х – №6 (ГОСТ 4543). По основным элементам химический состав всех сталей соответствует стандартам, за исключением трубы №3. В ней выявлено завышенное содержание серы (0,0038-0,0047).

Визуально-измерительный контроль

Подтвердил, на основе измерения штангенциркулем диаметра труб в двух диаметрально противоположных направлениях, соответствие проката заявленным сортаментам: горячекатаные трубы под №1, №4 соответствуют Ø299 мм; горячекатаные трубы под №2, №5 – Ø273 мм; горячекатаные трубы под №3, №6 – Ø203 мм. Состояние наружной и внутренней поверхности труб удовлетворительное, дефектов в виде закатов, плевен, наружных трещин не обнаружено. Установлено, что во второй партии отклонения в толщине труб превышают допустимые.

Металлографические исследования

Включали в себя: оценку загрязненности неметаллическими включениями по ГОСТ 1778 ($\times 100$, в продольном направлении); определение величины зерна по ГОСТ 5639 ($\times 200$, после травления методом сравнения по шкале в поперечном направлении); полосчатости; исследования микроструктуры ($\times 500$, после травления на шлифах в продольном направлении по ГОСТ 1050, ГОСТ 4543). Результаты этих исследований представлены на рис. 1 и в табл. 1.

Металлографические исследования структуры свидетельствуют о различиях в термической обработке сталей в состоянии поставки и наличии дефектов в структуре. Первая партия из стали 45 – это горячекатаный нормализованный прокат с феррито-перлитной структурой, отличающейся размером зерна. В трубах №1, №2 выявлена стандартная структура с 6-8 баллом зерна (рис. 1, а). Трубы под №3 имеют дефектную переупроченную структуру с признаками видманштетта, с недопустимым размером зерна, соответствующим 5 баллу (рис. 1, б) [3].

Металлографические исследования второй партии проката говорят о различиях в термической обработке труб в состоянии поставки. Образцы №4 из стали 45 находятся в горячекатаном нормализованном состоянии, балл зерна 8 (рис. 1, а). Трубы под №5 из стали 30ХГСА и №6 из стали 35Х – это улучшенный горячекатаный прокат со

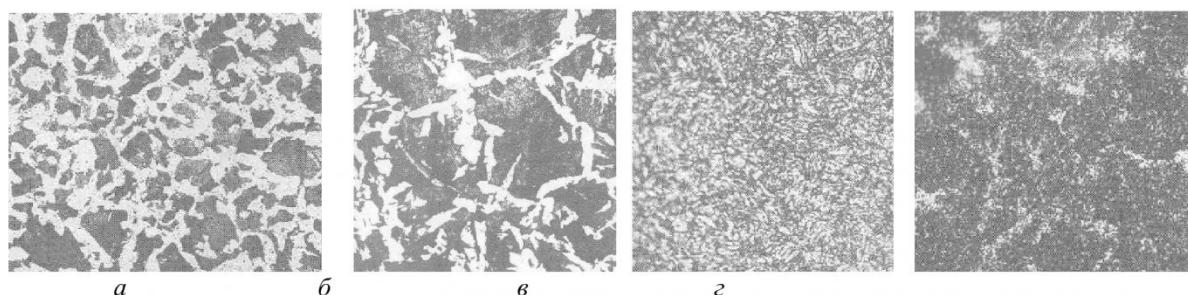


Рис. 1. Микроструктура горячекатанных труб в состоянии поставки: а – пластинчатый перлит и сетка феррита; б – пластинчатый перлит с игольчатым ферритом – видманштетт 1,5 балла; в – сорбит; г – сорбит и феррит

Таблица 1. Результаты металлографических исследований

№ п/п	Марка	Неметаллические включения		Полосчатость, балл	Величина зерна, балл	Микро- структура
		сульфиды, балл	оксиды, силика- ты, балл			
Первая партия						
1	Сталь 45	0	4а, 3б	0	6	Ф+П
2	Сталь 45	0	4а, 3б	0	6	Ф+П
3	Сталь 45	0	2а, 4б	0	5, видманштетт	Ф+П
Вторая партия						
4	Сталь 45	0	3а, 2б	0	8-9	Ф+П
5	Сталь 30ХГСА	0	4а, 4б	0		С+Ф
6	Сталь 35Х	0	4а, 4б	0		С
Допустимые значения		2	2а, 2б	1	6-8	С

структурой зернистого сорбита (рис 1,в). В образце №5 выявлен дефект структуры – наличие включений феррита (рис. 1,г). Это не допустимый, но исправимый последующей термической обработкой дефект структуры. В обеих партиях обнаружены неметаллические включения в виде недеформируемых оксидов 2а - 4а и силикатов 2б - 4б баллов, что превышает предельно допустимые значения. Признаки строчечной структуры отсутствуют (табл.1).

Таким образом, металлографические исследования свидетельствуют о низком качестве сталей в состоянии поставки. В обеих партиях обнаружены неустранимые дефекты структуры металлургического производства в виде неметаллических включений, превышающие предельно допустимые значения. Кроме того, в микроструктуре выявлены устранимые дефекты, связанные с некачественно выполненной термической обработкой, – перегрев, который проявился в виде крупного зерна с признаками видманштетта (рис. 1,б); недогрев при закалке, который 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 [4].

Рекомендации по термической обработке.

Разрабатывались с учетом качества сталей в состоянии поставки и требований к стойкам гидроцилиндров по основным механическим свойствам (табл. 2). Рассмотрены следующие варианты термообработки:

I. Нормализация.

Для труб из стали 45 (№№1, 2, 3, 5) эта термообработка может служить и предварительной (для

исправления крупнозернистой микроструктуры), и упрочняющей (для обеспечения требуемого уровня твердости). Однако нормализация не обеспечит требуемый комплекс прочностных свойств.

II. Улучшение

Может быть рекомендовано для всех рассматриваемых марок сталей одновременно в качестве предварительной и упрочняющей термической обработки. Тем более, что трубы из сталей 35Х (№ 6) и 30ХГСА (№ 5) поставляются в виде улучшенного проката и термообработка для них на машиностроительном предприятии не требуется.

III. Нормализация с последующим улучшением

Нормализация необходима для устранения дефектов структуры, например, неоднородной феррито-сорбитной структуры в трубах из стали 30ХГСА (№ 5) и крупного зерна в трубах из стали 45 (№3). Улучшение - для получения однородной сорбитной структуры. Этот вариант термической обработки обеспечит требуемый комплекс основных механических свойств.

При назначении термической обработки в виде улучшения следует учитывать прокаливаемость сталей. Толщина трубы должна быть не выше значений, приведенных в табл. 2. Из этого следует, что для стоек гидроцилиндров пригодна только сталь 30ХГСА. Варианты предварительной и упрочняющей термообработки для стоек гидроцилиндров, основные механические свойства и прокаливаемость сталей приведены в табл. 2 [5].

Выводы. Комплексный контроль качества горячекатаного проката труб для производства гидроцилиндров крепей ГШО позволил сформулиро-

Таблица 2. Основные механические свойства горячекатаного проката труб
после различных вариантов термической обработки

Варианты термообработки обра- ботки	Временное сопротивле- ние разрыву, σB не менее (Н/мм ²)	Предел текучести, σt не менее (Н/мм ²) кгс/мм ²	Твердость, HB, кгс/мм ² , не более	Ударная вяз- кость, KCU, Дж/см ²	Дкр, в воде (масле), мм
45 партия № 3 Нормализация (830° С, воздух)	570	315	167-207	39	15-35 (6-15)
45 партия № 1, 2, 3, 4 Закалка (820-850 ° С, вода), высокий отпуск (550-650 ° С)	615	395	187-229	59	15-35 (6-15)
35Х Закалка (850° С, вода), высокий отпуск (570 ° С)	880	760	262	78	(15-25)
30ХГСА Закалка (860-880 ° С), высокий отпуск (620-640 ° С)	785	640	248-293	59	(34-60)
30ХГСА Закалка (860-880 ° С), низкий отпуск (200-250 ° С)	1470	1270	497-502	-	(34-60)
Требуемые свойства:	не менее 750	не менее 450	241-285	-	не менее 40

вать следующие рекомендации:

1. На предприятие, несмотря на наличие сертификатов, поставляется некачественный прокат, т.к. во всех исследованных партиях сталей обнаружены дефекты микроструктуры, превышающие допустимые стандартами.

2. Требованиям по основным механическим свойствам, предъявляемым к гидроцилиндрам крепей, удовлетворяет только горячекатанный прокат из стали 30ХГСА после термического улучшения. Однако исследованная партия труб (№5) к использованию не рекомендуется, т.к. в их структуре обнаружены неисправимые дефекты metallurgического производства в виде недеформируемых оксидных включений 4а, 4б балла, превышающие допустимые значения.

3. Стали 45 и 35Х не рекомендованы к применению, т.к. не могут обеспечить требуемый комплекс основных механических свойств, предъявляемых к гидроцилиндрам крепей в заданном сечении;

4. Ввиду низкого качества поставляемого горячекатаного проката предприятию целесообразно наладить систематический комплексный контроль качества металла в состоянии поставки и приобретать трубы с гарантированным качеством сталей.

Описанную методику контроля качества сталей, а также предлагаемую методологию по выбору конструкционных сталей и назначению термической обработки можно распространять и на другие подобные случаи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Металлы и сплавы. Справочник. / под ред. Ю. П. Солнцева. – С.-Пб.: АНО НПО «Профессионал», АНО НПО «Мир и Семья», 2003. – 1066 с.
- Короткова Л.П., Шатыко 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.
- Франценюк, И. В. Альбом микроструктур чугуна, стали, цветных металлов и их сплавов. – М. : ИКЦ «Академкнига», 2004. – 192 с.
- Зубченко, А. С. Марочник сталей и сплавов / под ред. А. С. Зубченко. – М. : Машиностроение, 2001. – 1066 с.
- Гольдштейн М. И. Специальные стали : учеб. для вузов / М. И. Гольдштейн, С. В. Грачев, Ю. Г. Векслер. – М. : Металлургия, 1985. – 408 с.

□Авторы статьи

Короткова
Лидия Павловна,
канд. техн. наук, доц. каф. техноло-
гия металлов КузГТУ,
e-mail: techmet@list.ru

Лащинина
Светлана Викторовна,
ст. преп. каф. технология металлов
КузГТУ,
e-mail: techmet@list.ru

Рыжикова
Анна Викторовна,
магистрант, гр. КТм-131 (каф. ме-
таллорежущие станки и инструмен-
ты КузГТУ)