

УДК 669

## О ВЫКРАШИВАНИИ КАРБИДОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ЖЕЛОБОВ КОЛЕЦ ПОДШИПНИКОВ ИЗ КОРРОЗИОННОСТОЙКОЙ СТАЛИ 110X18М-ШД

**С.И. Казарин**

Самарский государственный технический университет  
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, Россия

*Рассмотрены причины образования такого дефекта, как раковины на желобах колец из коррозионностойкой стали 110X18М-ШД. Дефект является недопустимым, так как представляет собой концентратор напряжения. Приведен краткий обзор коррозионностойких подшипниковых сталей, применяемых в отечественном машиностроении и за рубежом. Приведены условия работы подшипников из этих сталей. Описано влияние некоторых легирующих элементов на физико-химические свойства стали. Приведен режим термической обработки для стали 110X18М-ШД. Проведен анализ загрязненности материала деталей неметаллическими включениями. Проанализированы нормы контроля стали 110X18М-ШД на состояние карбидной фазы. Проведено исследование степени развития карбидной неоднородности. Сделан вывод, что причиной образования раковин является выкрашивание карбидов в процессе механической обработки.*

**Ключевые слова:** *коррозионностойкая сталь, подшипники, карбиды, выкрашивание, механическая обработка.*

Для изготовления деталей подшипников, работающих в химически агрессивных средах и при температурах до 400 °С, используют высокохромистые стали, содержащие около 1 % углерода и сочетающие в себе высокую твердость после закалки и отпуска с необходимым уровнем коррозионной стойкости [1]. В России наибольшее применение получили стали 95X18 и 110X18М-ШД, в США – стали 440С и ВG 42.

Сталь 110X18М-ШД является молибденсодержащим аналогом другой отечественной коррозионностойкой подшипниковой стали – 95X18. Углерод является главным упрочняющим элементом во всех сталях, кроме аустенитных нержавеющей и некоторых других высоколегированных сталей. Упрочняющий эффект углерода состоит из упрочнения твердым раствором и упрочнения за счет дисперсного выделения карбидов. С увеличением содержания углерода в стали ее прочность увеличивается, но пластичность и свариваемость снижаются. Высокое содержание хрома необходимо для придания стали высокого сопротивления коррозии. Наличие молибдена в структуре позволяет увеличить концентрацию хрома в твердом растворе за счет замещения молибденом при формировании карбида типа  $Me_{23}C_6$ , что, в свою очередь, приводит к повышению сопротивления коррозии. Кроме того, молибден вызывает дисперсионное твердение при отпуске и способствует повышению вторичной твердости и теплостойкости. Выделяющийся карбид более богат молибденом, и этот процесс не сопровождается сильным уменьшением концентрации хрома в  $\alpha$ -фазе. Содержание хрома в твердом растворе, при котором достигается удовлетворительная коррозионная стой-

кость стали и положительный электрохимический потенциал, должно быть не менее 12 % [2]. Химический состав коррозионностойких подшипниковых сталей представлен в табл. 1 [1, 3].

Таблица 1

**Химический состав зарубежных и отечественных коррозионностойких подшипниковых сталей (% масс.)**

Марка стали	C	Mn	Si	Cr	Mo	Ni	V	Не более		
								S	P	Cu
95X18-Ш	0,9-1,0	≤0,70	0,80	17,0-19,0	–	≤0,30	–	0,025	0,030	0,25
110X18М-ШД	1,1-1,2	0,50-1,00	0,53-0,93	16,5-18,0	0,50-0,80	≤0,30	–	0,015	0,025	0,30
440С	0,95-1,20	≤1,00	≤1,00	16,0-18,0	≤0,75	–	–	0,030	0,030	0,25
BG 42	1,15	–	–	14,0	4,0	–	1,2	–	–	–
100CD17	0,95-1,10	≤1,00	≤1,00	16,0-18,0	0,40-0,60	≤0,75	–	0,025	0,030	–
X90CrMoV18	0,85-0,95	≤1,00	≤1,00	17,0-19,0	1,00-1,30	–	0,07-0,12	0,030	0,045	–
X105CrMo17	0,95-1,20	≤1,00	≤1,00	16,0-18,0	0,40-0,80	–	–	0,030	0,045	–

Двойной переплав (электрошлаковый и вакуумно-дуговой) позволяют рафинировать сталь от посторонних примесей, таких как различные газы, сера, фосфор, включения цветных металлов. Для сталей, используемых в качестве материала для изготовления приборных подшипников, предъявляются повышенные требования по загрязненности инородными примесями.

Приведенные выше стали обладают высокой коррозионной стойкостью в пресной и морской воде, в растворах азотной и уксусной кислот, в различных органических средах, но имеет плохую стойкость в смеси азотной и серной кислот [4].

Сталь 110X18М-ШД обладает более высокой теплостойкостью по сравнению со сталью 95X18, что делает ее более привлекательной в качестве материала для деталей подшипников, работающих при повышенных температурах.

Необходимые эксплуатационные свойства деталей, изготовленных из стали 110X18М-ШД, достигаются при соответствующей термической обработке, а именно после закалки, обработки холодом и отпуска. Закалка производится с предварительным подогревом до 850 °С и окончательным нагревом до температуры 1070 °С, нагрев деталей производится в камерных печах с защитной атмосферой или соляных ваннах. Продолжительность выдержки рассчитывается из расчета 1,5 минут на 1 мм сечения детали. Охлаждают детали в масле типа И-8А, И-12А или И-20А. Далее, после охлаждения до температуры цеха, детали подвергаются обработке холодом в холодильной камере при температуре минус 70 °С в течение 1 часа. Заключительной операцией термической обработки является отпуск. Для подшипников, работающих при температуре от минус 200 до плюс 120 °С, детали подвергаются отпуску в течение 3 часов при 150 °С (твердость 61–65 HRC); для подшипников, работающих при температуре от минус 200 до плюс 350 °С, – в течение 5 часов при 400–420 °С (твердость 58–63 HRC) [4, 5].

В настоящее время в практике встречаются случаи появления на полированных поверхностях колец из стали 110X18М-ШД, например на дорожке качения, черных раковин (рис. 1). Раковины имеют овальную или угловатую форму, вытянуты преимущественно вдоль оси кольца. Присутствие данного дефекта на ра-

бочих поверхностях деталей недопустимо, так как в процессе эксплуатации подшипника дефект приведет к локальному разрушению поверхности и последующему выходу узла из строя.

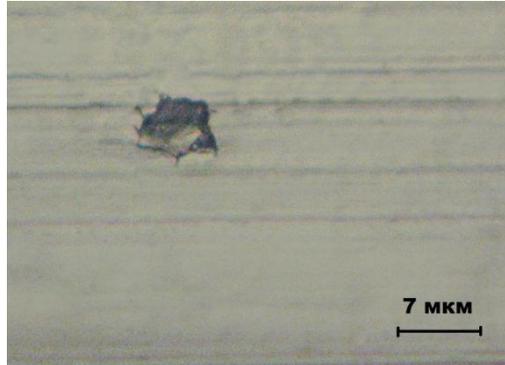


Рис. 1. Раковина на поверхности дорожки качения кольца подшипника

Может быть несколько предположений о причине возникновения данных раковин:

- 1) выход неметаллических включений на поверхность;
- 2) вдавливание посторонних твердых частиц при механической обработке;
- 3) выкрашивание карбидов в процессе механической обработки.

В качестве предмета исследования были взяты наружные кольца миниатюрного подшипника типа 10000092, прошедшие стадию финишной доводки желоба. Исследование структуры проводилось на инвертируемом оптическом микроскопе ZeissAxioVert. A1 и комплексе анализа микроструктуры Thoxomet.

Для проверки первого предположения проведено исследование на загрязненность неметаллическими включениями путем сравнения с эталонными шкалами ГОСТ 1778. В табл. 2 приведены допустимые нормы по неметаллическим включениям согласно ТУ 14-1-3045-80, по которым поставляется сталь 110Х18М-ШД.

По результатам исследования было выявлено, что загрязненность стали не превышает 1 балла по каждому виду включений, кроме сульфидов (последние в микроструктуре не обнаружены).

Средний диаметр точечного включения – приблизительно 10 мкм, глобулярного – 18 мкм, в то время как размер раковины на желобе колец составляет до 25 мкм; следовательно, версия неметаллических включений исключается.

Таблица 2

**Допустимые нормы загрязненности неметаллическими включениями**

Диаметр прутка, мм	Оксиды	Глобулярные включения	Силикаты	Сульфиды	Точечные включения
	Балл, не более				
До 25,5	1	2	2	1	2
25,5–50	2	3	3	2	2
50–80	2	3	3	3	2

Второе предположение – образование раковин в результате взаимодействия обрабатываемой поверхности с твердыми частицами, случайно попавшими в полировочную пасту. При изучении раковин под увеличением до 500 крат было установлено, что дно дефекта темное, окисленное, без следов внедрения. Замена полировочной пасты также не дала результатов; следовательно, эта версия не подтверждается.

Для проверки последнего, третьего предположения, было решено протравить желоб колец по местам расположения раковин реактивом Марбле. Выяснилось, что раковины располагаются внутри крупных карбидов (рис. 2).

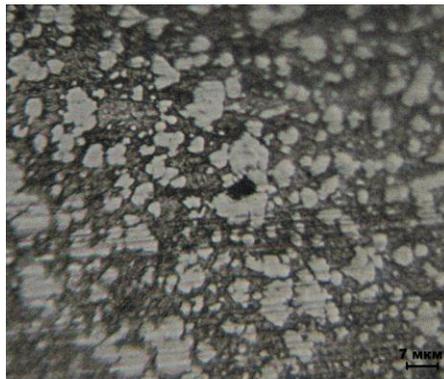


Рис. 2. Выкрашивание внутри крупного карбида

Размеры выкрашиваний варьируются от 6 до 25 мкм, что коррелирует с размерами карбидов. При исследовании на неметаллические включения раковины от карбидов легко можно принять за точечные и глобулярные включения.

Таким образом, причиной образования раковин является выкрашивание в процессе механической обработки крупных карбидов.

В ТУ 14-1-3045-80 имеется методика для оценки карбидной фазы. Оценка производится по трем параметрам:

- а) степень карбидной неоднородности;
- б) максимальный и средний размер крупных карбидов;
- в) количество карбидов с несплошностью.

Контроль карбидной неоднородности и состояния карбидов проводят на термически обработанных продольных образцах после травления реактивом Марбле на оптическом микроскопе при увеличении 100× по пункту *а* и при 500–1000× по пунктам *б* и *в*. Карбидная неоднородность для прутков диаметром до 15 мм не должна превышать балла 2, свыше 15 и до 25 мм – балла 3, свыше 25 мм – балла 4 шкалы 2 приложения 2 ТУ 14-1-3045-80 [3]. Нормы на размеры и количество карбидов с несплошностями не регламентируются, что, судя по всему, связано с технологически трудно осуществимой возможностью получения мелких карбидов при производстве стали на заводах-поставщиках.

Приведенные результаты показывают целесообразность проведения более масштабного исследования по влиянию размера карбида на его способность к выкрашиванию в процессе обработки кольца и внесения соответствующих норм в техническую документацию.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Hetzner D.W., Geertruyden W.V. Crystallography and metallography of carbides in high alloy steels // Materials characterization. – 2007. – № 59. – P. 825-840.
2. Бабаков А.А., Приданцев М.В. Коррозионностойкие стали и сплавы. – М.: Metallurgy, 1971. – 319 с.
3. ТУ 14-1-3045-80. Прутки из коррозионностойкой стали 110Х18М-ШД. – С. 2.
4. Воинов С.Г., Шалимов А.Г. Шарикоподшипниковая сталь. – М.: Metallurgizdat, 1962. – 480 с.
5. Вульф Б.К., Ромадин К.П. Авиационное материаловедение. – М.: Машиностроение, 1967. – 394 с.

*Статья поступила в редакцию 19 марта 2014 г.*

### **ABOUT PITTING OF CARBIDES FROM RACEWAY OF BEARING'S RINGS MADE OF CORROSION-RESISTANT STEEL 110CR18MO**

***S.I. Kazarin***

Samara State Technical University  
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russian Federation

*The paper is devoted to reasons of formation of such defect as cavities on bearing surface of rings made of corrosion-resistant steel 110Cr18Mo. This defect is not valid because it is a stress concentrator. A brief review is carried out for corrosion-resistant steels used in domestic and overseas engineering. The job conditions of the bearings made of these steels was viewed. The paper describes the effect of alloying elements on some physicochemical properties of the steel. Heat treatment regime for steel 110Cr18Mo is showed. Analysis of contamination by non-metallic inclusions is carried out. Criteria of control of the carbide phase in steel 110Cr18Mo according to engineering specifications are analyzed. Analysis of degree of development the carbide inhomogeneity is carried out. The results of the study allow us to conclude that the defect is formed by pitting carbides from raceway of bearing's rings during machining.*

***Keywords:*** bearing, corrosion-resistant steel, carbides, pitting, machining.