

паспортные значения угловой скорости для данного подшипника.

Существующая система смазки при эксплуатационных скоростях (до 33 м/с) и осевых нагрузках не обеспечивает необходимого для нормальной работы подшипника № 847156 Л количества смазки и отвода тепла в клетях № 4-6, в результате чего подшипники «горят».

Таким образом, для увеличения срока службы подшипников опор рабочих валков НСХП-1400 необходимо: уменьшить осевые нагрузки за счет восстановления геометрических размеров деталей клетей; заменить подшипник № 847156Л другим, выдерживающим более высокие скорости вращения; предусмотреть больший расход масла в подшипниках клетей № 4-6.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Королев А.А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов: учеб. пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Металлургия, 1985. 376 с.
2. Румшиский Л.З. Элементы теории вероятностей. 4-е изд. М.: Наука, 1970. 256 с.
3. Перель Л.Я. Подшипники качения: Справочник. М.: Машиностроение, 1984. 543 с.

УДК 621.7

БАЙЖАБГИНОВА Г.А.
СЕЙДИНОВА Г.А.
МУРАВЬЕВ О.П.

Изменение структуры стали 110Г13Л при электроконтактной обработке

В литом состоянии сталь 110Г13Л имеет аустенитную структуру с карбидными включениями. Величина зерна в стали зависит от толщины стенки изделия. При больших толщинах наблюдается крупное зерно с пониженным пределом прочности и низкими пластическими свойствами. Считается, что в случае абразивного износа структура аустенита с включениями карбидов обладает повышенной износостойчивостью.

При кристаллизации литой стали в условиях медленного охлаждения карбидные включения в структуре располагаются в основном по границам зёрен, вследствие чего литые изделия с такой структурой обладают низкой сопротивляемостью хрупкому разрушению.

Сталь 110Г13Л характеризуется низкими механическими свойствами [1]:

$$\sigma_s = 35-45 \text{ кгс/мм}^2, \quad \sigma_m = 28-35 \text{ кгс/мм}^2,$$

$$\delta = 1-2 \%, \quad a_u = 1,7 \text{ кгс} \cdot \text{м/мм}^2.$$

Микроструктуру стали 110Г13Л, прошедшей электроконтактную обработку, изучали на микрошлифах размером 15x25x15 мм, начиная от поверхности на всю глубину косога среза через каждые 0,035 мм.

Структура поверхностного слоя изучалась на микрошлифах, приготовленных следующим образом. Из колец, обработанных на режимах:

$$S = 100; 250; 250; 100; 100; 250; 100 \text{ мм/мин},$$

$$t = 0,5; 0,5; 0,5; 1,0; 1,0; 1,0; 0,5 \text{ мм},$$

$$V_u = 20; 30; 20; 30; 20; 20; 30 \text{ м/с},$$

$$n = 50; 50; 250; 50; 250; 50; 250 \text{ об/мин},$$

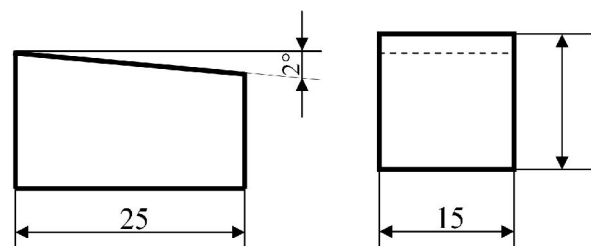
$$L_u = 12,5; 12,5; 22,5; 22,5; 12,5; 22,5; 22,5 \text{ мм},$$

$$u_{\text{сх}} = 28; 34; 28; 28; 34; 34; 34 \text{ В},$$

$$I = 800; 4200; 2800; 1300; 300; 4200; 1400 \text{ А},$$

вырезались образцы (рисунок) на малых скоростях резания с охлаждением, затем на шлифовальном станке снимался слой под углом 2°. После того как образец вырезан, его заливают в специальную оправку, чтобы избежать завалов краев при дальнейшей обработке.

Для получения плоской поверхности, предназначенной для исследования структуры, производят ее выравнивание на абразивном круге. При этом образец периодически охлаждается. Полученный образец шлифуют на бумаге № 12 с крупным абразивным зерном, затем на бумаге № 10 [2]. Шлифование производится вручную, при этом образец водят по бумаге в направлении, перпендикулярном к рискам, полученным от предыдущей обработки, до полного их исчезновения на бумаге № М28, М20, М14, М10. Затем образец подвергается полированию на полировальном станке ПСМ-2 с кругом диаметром 200-250 мм, обтянутым фетром. В зону полирования периодически подается жидкость, представляющая раствор окиси хрома в воде, с концентрацией 10-15 грамм на 1 литр воды.



Образцы колец

Приготовленный микрошлиф промывают водой, протирают спиртом и просушивают фильтровальной бумагой.

Травление производится водным раствором хлорного железа. Сущность процесса травления заключается в различной степени растворения или окрашивания отдельных структурных составляющих зерен чистых металлов, твердых растворов, химических соединений. Травитель является электролитом. Структурные составляющие сплава, имеющие электроотрицательный электродный потенциал, являются катодами и растворяются, другие, с положительным потен-

циалом – анодами и сохраняются неизменными. В связи с тем, что анодных и катодных участков много, в результате травления на поверхности микрошлифа образуются многочисленные впадины и выступы, характеризующие микроструктуру сплава.

При освещении протравленного микрошлифа на металлографическом микроскопе, лучи отражаются по-разному от различных участков. В зависимости от степени травления, слабо протравившиеся структурные составляющие окажутся светлее по сравнению с нормально протравившимися.

Границы зерен травятся сильнее зерен, так как кристаллическая решетка у границ зерна находится в более искаженном и напряженном состоянии, чем в глубине зерна. Поэтому в местах, соответствующих границам зерен, после травления получают углубления. Вследствие рассеяния света границы зерен кажутся темными.

Микроструктура изучалась последовательно.

Все микрошлифы (образцы) изготовлялись из одной заготовки, однако величина зерна в них была неодинаковой, что связано с процессом кристаллизации. Исходная микроструктура состояла из зёрен аустенита с величиной зерна N_{0-1} по шкале ГОСТ 5639-51. Карбиды марганца были распределены неравномерно, располагались как внутри зёрен, так и по их границам.

Микрошлифы изучались в следующей последовательности (таблица).

Режимы обработки стали 110Г13Л

№ образца	J , А	S , мм/мин	N , об/мин	t , м	V_u , м/с	U_{xx} , В
1	800	100	50	0,5	20	28
4	1300	100	50	1,0	30	28
8	1400	100	250	0,5	30	34
3	2800	250	250	0,5	20	28
5	3000	100	250	1,0	20	34
2	4200	250	50	0,5	30	34
6	6600	250	250	1,0	30	28

Характерным для микроструктуры всех микрошлифов являлось наличие полигональных зёрен аустенита, внутри которых имелись линии сдвига (двойникования). Эти линии были приблизительно параллельны в пределах каждого зерна и имели определённую ориентацию. Следы линий пластической деформации различной степени наблюдались в подавляющем числе зёрен независимо от места изучения микроструктуры. Исходная микроструктура содержала карбидную фазу различной величины.

После электроконтактной обработки при минимальной силе тока, равной 800 А, и минимальных значениях S , t , n , V_u , U_{xx} в поверхностном слое наблюдались крупные аустенитные зёрна, с неравномерной степенью пластического сдвига. После электроконтактной обработки на поверхности микрошлифа характерно наличие повышенного числа линий сдвига. Из этого следует, что после электроконтактной обработки поверхность металла подвергается заметной пластической деформации.

При увеличении силы тока до 1300 А и t до 1,0 мм, V_u до 30 м/сек, в поверхностном слое количество

линий сдвига уменьшается, они расположены неравномерно. На расстоянии 0,5 мм от поверхности видны частичные, прерывающиеся линии сдвига в весьма крупных зёрнах. В некоторых местах линии сдвига пересекают крупные карбидные включения. Вероятно, карбидные включения являются препятствием сдвигу, в местах их расположения наблюдается частичное упрочнение. При данном режиме ЭКО деформация в поверхностном слое происходит неравномерно вследствие значительной разнородности, а также наличия неравномерно распределённой карбидной фазы. В крупных зёрнах деформация осуществляется в большей степени. В местах, где нет карбидной фазы, процесс сдвига происходит более интенсивно.

С увеличением силы тока до 1400 А, n до 250 об/мин и U_{xx} до 34 В при одновременном уменьшении t до 0,5 мм в поверхностном слое число сдвига возрастает, что приводит к большему упрочнению поверхности. С увеличением глубины количество линий сдвига уменьшается, а на максимальной толщине (глубине) микрошлифа следы пластической деформации почти отсутствуют. Наибольшее упрочнение, вероятно, наблюдается в поверхностном слое на глубине до 0,2 мм.

С увеличением глубины до 0,5 мм микроструктура поверхности и середины микрошлифов практически не изменяется и близка к исходной.

При дальнейшем увеличении силы тока с 1400 до 2800 А, S от 100 до 250 мм/мин, некотором уменьшении V_u и U_{xx} при неизменных n и t в микроструктуре поверхности микрошлифа образца и на глубине более 1 мм наблюдаются укрупнённые линии сдвига, что свидетельствует о повышенной степени деформации зёрен и наибольшем упрочнении. Вероятно, в данном случае в поверхностном слое частично происходит мартенситное превращение, связанное с интенсивным нагревом, и сочетанием фазового наклёпа с высокой скоростью охлаждения. С увеличением глубины микроструктура образца мало отличается от других образцов, что говорит о том, что упрочнение при ЭКО распространяется на незначительную глубину.

Для образца № 5 сила тока была увеличена незначительно с 2800 до 3000 А, t с 0,5 до 1,0 мм и U_{xx} с 28 до 34 В, а величина S была уменьшена с 250 до 100 мм/мин. В этом случае степень пластической деформации поверхности уменьшилась, что видно по уменьшению количества плоскостей сдвига. Вероятно, в этом случае мартенситное превращение проявляется слабо и происходит на незначительной глубине.

При силе тока 4200 А, увеличении S с 100 до 250 мм/мин и V_u с 20 до 50 м/сек при уменьшении n с 250 до 50 об/мин и t с 1,0 до 0,5 мм в поверхностном слое наблюдается резкое увеличение количества линий сдвига на глубине до 0,25 мм. На глубине до 0,05-0,10 мм наблюдался слой с неопределённой структурой, дефектный слой.

При больших силах тока упрочнение поверхности происходит на большую глубину. Из этого следует, что при больших значениях J и S глубина дефектного слоя возрастает, а упрочнение распространяется на более глубокие слои, где возможно протекание мартенситного превращения. Под влиянием значительной

силы тока происходит разогрев глубинных слоёв металла до высоких температур, после чего вследствие резкого охлаждения и под влиянием фазового наклёпа в структуре образуются зоны с мартенситными кристаллами, вероятно, бесструктурного мартенсита.

Вопрос наличия мартенсита в поверхностном слое является предметом исследования тонкой структуры, где может быть применён метод рентгеноструктурного анализа. С увеличением глубины структура наминает исходную, линии сдвига незначительны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Парфеев Л.И., Сорокин Г.А. Структура и износостойкость стали 110Г13Л // МиТОМ. 1969. № 1.
2. Блонтер М.Е. Методика исследования металлов и обработки опытных данных. М.: Metallurgizdat, 1968.

УДК 621.001.18

**ЖЕТЕСОВА Г.С.,
ПЛЕШАКОВА Е.А.**

Применение нанотехнологии в машиностроении

Развитие цивилизации неразрывно связано с совершенствованием технологий получения и использования материалов. На этом пути было несколько качественных скачков: бронза, сталь, полимеры, композиты. Сегодня наступил следующий этап в области материаловедения, обусловленный накоплением знаний об определяющем влиянии наноструктуры на свойства материалов.

Нанотехнология – область прикладной науки и техники, имеющая дело с объектами размером менее 100 нанометров (1 нанометр равен 10^{-9} метра). Нанотехнология качественно отличается от традиционных инженерных дисциплин, поскольку на таких масштабах привычные, макроскопические, технологии обращения с материей часто неприменимы, а микроскопические явления, пренебрежительно слабые на привычных масштабах, становятся намного значительнее: свойства и взаимодействия отдельных атомов и молекул, квантовые эффекты [1]. Объекты нанотехнологий, с одной стороны, могут иметь характеристические размеры указанного диапазона: наночастицы, нанопорошки (объекты, у которых три характеристических размера находятся в диапазоне до 100 нм); нанотрубки, нановолокна (объекты, у которых два характеристических размера находятся в диапазоне до 100 нм); наноплёнки (объекты, у которых один характеристический размер находится в диапазоне до 100 нм).

С другой стороны, объектами нанотехнологий могут быть макроскопические объекты, атомарная структура которых контролируемо создаётся с разрешением на уровне отдельных атомов [1, 2]. Особенность нанотехнологии заключается в том, что рассматриваемые процессы и совершаемые действия происходят в нанометровом диапазоне пространственных размеров. «Сырьём» являются отдельные атомы, молекулы, молекулярные системы, а не привычные в традиционной технологии микронные или макроскопические объёмы материала, содержащие, по крайней мере, миллиарды атомов и молекул. В отличие от традиционной технологии для нанотехнологии характерен «индивидуальный» подход, при котором внешнее управление достигает отдельных атомов и молекул, что позволяет создавать из них как «бездефектные» материалы с принципиально новыми физико-химическими и биологическими свойствами, так и новые классы устройств с характерными нанометро-

выми размерами.

Отличие свойств малых частиц от свойств массивного материала известно ученым давно и используется в различных областях техники. Примерами наноразмерных структур могут служить широко применяемые аэрозоли, красящие пигменты, цветные стекла, окрашенные коллоидными частицами металлов. Впечатляющие примеры связаны с биологией, где живая природа демонстрирует нам наноструктуры на уровне клеточного ядра. В этом смысле собственно нанотехнология как научное направление не является чем-то новым. Качественная характеристика нанотехнологии заключается в практическом использовании нового уровня знаний о физико-химических свойствах материи. В этом одновременно и исключительность нанотехнологии – новый уровень знаний предполагает выработку концептуальных изменений в направлениях развития техники, медицины, сельскохозяйственного производства, а также изменений в экологической, социальной и военной сферах. Важной отличительной особенностью нанометрового масштаба является также способность молекул самоорганизовываться в структуры различного функционального назначения, а также порождать структуры, себе подобные (эффект саморепликации). Методами так называемого механосинтеза реализуются новые, не имеющие аналогов молекулярные соединения. Проведены эксперименты, в которых тысячи и десятки тысяч молекул соединяются в кристаллы, обладающие изначально заданными свойствами, которые не встречаются у природных материалов. Использование перечисленных выше свойств в практических приложениях и составляет суть нанотехнологии. На ее основе уже реализованы образцы наноструктурированных сверхтвёрдых, сверхлегких, коррозионно- и износостойких материалов и покрытий, катализаторов с высокоразвитой поверхностью, нанопористых мембран для систем тонкой очистки жидкостей, сверхскоростных приборов нанoeлектроники [3, 4].

Когда речь идет о развитии нанотехнологий, имеются в виду три направления: изготовление электронных схем (в том числе и объёмных) с активными элементами, размерами, сравнимыми с размерами молекул и атомов; разработка и изготовление наномашин, т.е. механизмов и роботов размером с молекулу; непосредственная манипуляция атомами и молекулами и