

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ЗВЕЗДОЧЕК ЦЕПНЫХ ПЕРЕДАЧ

В.П. Пахадня

Рассмотрена проблема повышения износостойкости звездочек цепных передач, используемых на высокоскоростных приводах машин и механизмов в пищевой промышленности. Предложен способ повышения надежности и долговечности звездочек цепных передач.

Введение

Известно, что при умеренной скорости ($v < 4$ м/с) звездочки цепных передач общего назначения допускается изготавливать из антифрикционных и высокопрочных чугунов с обработанной рабочей поверхностью на глубину от 2 мм до 1/3 ширины зуба.

При ударных нагрузках для звездочек рекомендуется сталь 45, 45Г, 50Г; термообработка – закалка с последующим отпуском, твердость рабочих поверхностей HRC 45–50.

Однако для обеспечения высокой износостойкости рабочих поверхностей звездочек рекомендуется изготавливать их из легированных сталей 15Х, 20Х с цементацией, закалкой и отпуском до твердости HRC 55–60; из сталей 50Х, 45Х, 45ХН с закалкой и отпуском до HRC 50–55. [1].

Анализ условий работы звездочек при ударных нагрузках показывает, что основной причиной выхода их из строя является износ поверхности зубьев от трения (особенно при наличии пыли). При этом увеличивается шаг зацепления в результате длительного воздействия знакопеременных динамических нагрузок. С целью увеличения износостойкости используются различные методы повышения поверхностной твердости химико-термической обработкой или применением твердых сплавов. Такой путь следует признать весьма эффективным, т.к. он позволяет использовать уже имеющееся термическое оборудование.

Целью настоящей работы является увеличение износостойкости звездочек, работающих при больших скоростях в условиях абразивного износа.

Результат исследования и их обсуждение

С целью увеличения износостойкости используются различные виды химико-термической обработки, позволяющие получить диффузионный слой с высокой твердостью (HRC 90–100) – хромирование, борирование, титанирование и др. Из этих видов ХТО предпочтение (в нашем случае) следует отдать процессу борирования по ряду причин:

- диффузионное борирование позволяет получить на любой стали, независимо от ее химического состава, боридный слой с высокой твердостью (HRC 85–95);
- боридный слой наряду с высокой твердостью имеет более низкий коэффициент трения при сухом трении скольжения;
- осуществляется борирование в широком диапазоне температур 850 °С – 1050 °С;
- работоспособность боридов доказывается высоким значением напряжений разрушения $[\sigma_{хр}] = 2500$ Н/мм² ($[\sigma_{хр}]$ – предельные напряжения хрупкого разрушения боридов при сжатии);
- предельные напряжения хрупкого разрушения могут быть увеличены за счет получения оптимальной структуры диффузионного слоя и основы [2].
- технология борирования стали может быть осуществлена тремя способами [3]:
- жидкостной способ в расплавах солей;

- твердофазный способ с использованием порошковых смесей;
- газовый способ.

Простота технологии, возможность использования любого термического оборудования, воспроизводимость результатов является несомненным преимуществом метода борирования в порошках.

Порошковый способ борирования наиболее применим для звездочек с небольшими диаметрами (до 100 мм). Для звездочек больших размеров более технологичным является борирование с применением пасты [4].

При любом способе борирования, в диффузионном слое, согласно диаграмме Fe-B, возможно образование следующих фаз:

- борид FeB, имеющий ромбическую структуру, твердость этой фазы равна 17000–21000 Н/мм²;
- борид FeB имеющий тетрагональную решетку, твердость этой фазы составляет 13000–17000 Н/мм².
- твердый раствор бора в α -Fe (или γ Fe) имеющий предельное содержание бора 0,016 % (0,036 %).

Боридные фазы Fe₂B и FeB имеют более высокую твердость, чем обеспечивают высокую износостойкость борированного изделия. Однако необходимо учитывать, что изнашивание с большими удельными нагрузками (более 600 Н/мм²) может вызвать выкашивание борида FeB из слоя вследствие его более высокой хрупкости. Исходя из этого для высоконагруженных изделий, к которым относятся звездочки, желательнее формировать однофазный (Fe₂B) диффузионный слой. Это достигается подбором насыщающего состава и температуры ХТО [5].

Важнейшее значение имеет образование твердого раствора бора в α -Fe (или γ Fe). Эта фаза располагается в подборидной зоне и имеет глубину в 10–15 раз больше, чем глубина боридной зоны. Бор, растворяясь в железе, вызывает увеличение концентрации углерода в подборидной зоне.

При термической обработке это способствует увеличению прочности, а повышенное содержание углерода в ней приводит к значительному увеличению твердости в сравнении с основой.

Исходя из вышеизложенного при выборе борировочного состава для упрочнения звездочек учитывалась необходимость получения однофазного боридного слоя с развитой переходной зоной.

За основу взят процесс борирования из порошков. Борирование производили при температуре 850 °С и 950 °С и времени выдержки 3 ч.

Упрочнению подвергались ведущие звездочки, так как они более подвержены износу. Звездочки изготовлены из сталей 45, 50, 40Х, У8. Особенностью данных изделий является их массовое производство и применение в различных отраслях промышленности.

Насыщение производилось в контейнерах при соотношении компонентов по массе (%) [5]:

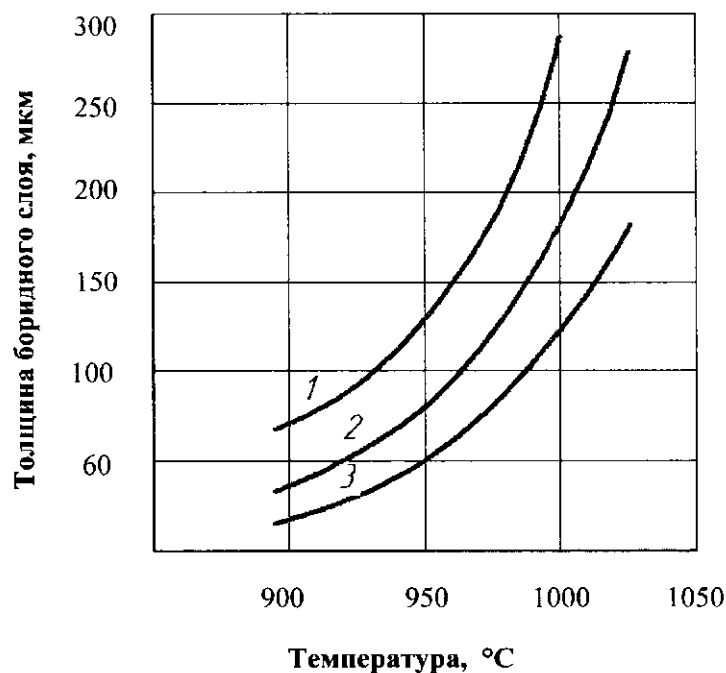
- карбид бора (B₄C) – 40;
- бура (Na₂B₄O₇·10H₂O) – 40;
- борид хлористый (B₄Cl₂) – 20.

В зависимости от параметров процесса борирования в той или иной степени происходит укрупнение зерна в поверхностной зоне. Размер зерен в этой зоне в 2–4 раза превышает размер зерен в основании. Однако при последующей термической обработке на заданную твердость HRC – 50–55 неоднородность зерна уравнивается и зависит от температуры закалки.

Зависимость скорости борирования стали 45 от температуры представлена на рисунке 1. Полученные данные свидетельствуют, что толщина слоя может изменяться в широких пределах и зависит от условий обработки.

Технологический режим термической обработки звездочек состоит из закалки и последующего отпуска при температуре 180 °С – 220 °С на твердость HRC 55–60 (для сталей 15X, 20X после цементации). Для среднеуглеродистых сталей 40X, 45X, 45 XH на твердость HRC 50–55.

В случае борирования необходимость высокой твердости основы отпадает. Предлагается возможным рекомендовать режим более мягкой закалки, что уменьшает вероятность появления трещин в поверхностных слоях.



1 – 6 часов; 2 – 4 часа; 3 – 2 часа

Рисунок 1 – Кинетика борирования стали

Закалку борированных звездочек возможно производить с температурой борирования. Однако для улучшения структуры основы рекомендуется закалка с повторного нагрева. Нагрев борированных звездочек под закалку необходимо производить в вакуумных печах или под слоем чугушной стружки (толщина 20–30 мм), что предотвращает выгорание поверхностных слоев изделия.

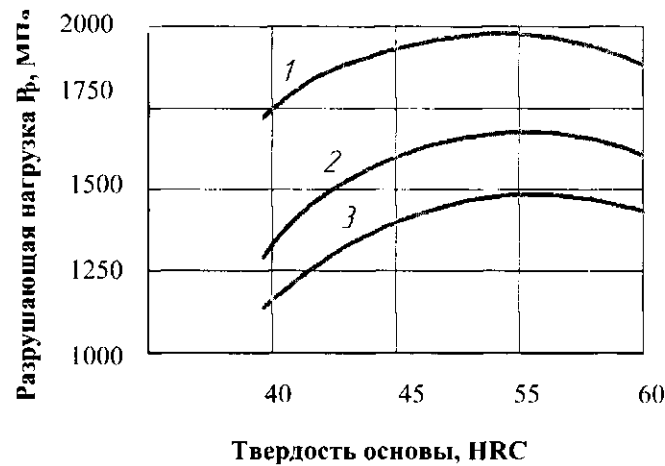
Существенное значение имеет толщина борированного слоя, полученного в результате ХТО. При толщине слоя более чем 100 мкм предельные нагрузки разрушения возрастают, но увеличивается вероятность усталостного разрушения в процессе эксплуатации, особенно на боковых острых гранях звездочек. В этих местах возможно скалывания боридного слоя.

Необходимые свойства борированных звездочек формируются в момент закалки. Поэтому рекомендуется производить низкий отпуск при температуре 180 °С – 220 °С только для снятия напряжений. При этом твердость основы должна быть не ниже HRC 50–55. Отпуск производится без защиты звездочек от окисления.

Испытание на износостойкость борированных образцов производилось по схеме «палец-диск» при механическом истирании без смазки с подачей в зону трения абразива. Давление изменялось от 0,88 до 5,5 МПа, скорость скольжения от 0,5 до 5,1 м/с. Критерием оценки являлась относительная износостойкость, определяемая отношением изменения массы эталонного образца к испытуемому (рисунок 2).

Максимальное увеличение износостойкости борированных слоев, полученных при печном нагреве, наблюдается при механическом изнашивании без смазки (реальные усло-

вия работы звездочек). Износостойкость борированных слоев выше опытных образцов, из которых изготавливаются звездочки в 7 раз.



1 – 150 мкм; 2 – 100 мкм; 3 – 50 мкм

Рисунок 2 – Влияние толщины борированного слоя и состояния основы на его прочность

Заключение

Определены пути повышения износостойкости и долговечности звездочек цепных передач. Предложены методы упрочнения звездочек с использованием химико-термической обработки. Показана эффективность данной технологии для повышения эксплуатационных характеристик звездочек цепной передачи. Для внедрения рекомендуемых процессов в производство достаточно имеющегося типового термического оборудования.

Литература

- 1 Чернавский, С.А. Проектирование механических передач / Чернавский С.А., Ицкович Г.М., Киселев В.А., Боков К.Н. и др. М.: – Машиностроение, 1976. – 608 с.
- 2 Борисенко, Г.В. Химико-термическая обработка металлов и сплавов / Борисенко Г.В. и др.; под редакцией Л.С. Ляховича. – М.: Металлургия, 1981. – 424 с.
- 3 . Ворошкин, Л.Г. Борирование сталей / Ворошкин Л.Г., Ляхович Л.С. – М.: Машиностроение, 1978. - 240с.
- 4 Борисенко, А.П. Борирование из паст деталей технологической оснастки / А.П. Борисенко, 6.Д. Минока и др./МиТОМ. – 1976. – № 7.
- 5 Пахадня, В.П. Повышение эксплуатационных характеристик режущего механизма мясоизмельчительного оборудования // Вестник МГУП. – 2008. – № 2 (5). – С. 113–118.

Поступила в редакцию 17.07.2015