

УДК 621.789

Л. Н. Маслов, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет

ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ УПРОЧНЕНИЯ АБРАЗИВНО ИЗНАШИВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ

Выполнен анализ методов повышения работоспособности деталей, которые работают в присутствии свободного абразива, позволивший рекомендовать для изготовления абразивно изнашиваемых деталей соединений типа вал – втулка высокоэффективную технологию термомеханического упрочнения – высокотемпературную упрочняюще-калибрующую термомеханическую обработку. Рассмотрены некоторые варианты сочетания известных методов упрочнения в целях повышения качества и надежности. Приведены результаты опытно-промышленного использования предлагаемых технологий.

Ключевые слова: термомеханическая обработка, процесс абразивного износа, степень деформации, поверхностная пластическая деформация.

Одними из соединений, определяющими надежность машины, работающей в условиях доступа в открытые контактные пары свободного абразива, являются абразивно изнашиваемые соединения. Полонка, шум, вибрации, нарушение геометрических показателей соединения вследствие увеличения первоначальных зазоров являются причиной выхода из строя таких узлов, как гусеничные ленты сельскохозяйственных, строительно-дорожных, подъемно-транспортных машин на гусеничном ходу, подшипники, цепи различных модификаций, открытые зубчатые передачи.

Наиболее вероятным и преобладающим механизмом абразивного изнашивания в настоящее время считается усталостное разрушение поверхностного слоя деталей в результате многократного пластического деформирования одних и тех же микрообъемов металла абразивными частицами [1, 2].

Элементы абразивно изнашиваемых соединений типа палец – валы, оси цепей, пальцы траков гусеничных машин – представляют собой осесимметричные, длинномерные, в основном бесступенчатые или с малыми перепадами диаметров детали. Точность их по диаметру и кривизне, на примере требований к пальцам траков открытого шарнира гусеничных машин, не превышает требований 11-12-го квалитетов и может быть обеспечена заготовкой из холодно калиброванной стали, поставляемой по ГОСТ 7417–75. Поэтому при анализе методов упрочнения материала деталей предпочтение следует отдавать тем из них, которые совмещают упрочняющий эффект с обеспечением необходимой точности заготовки.

Все технологические методы повышения эксплуатационных характеристик деталей базируются на деформационном, термическом воздействии и на изменении химического состава поверхностного слоя или на их сочетании и включают в себя:

- методы поверхностно-пластического деформирования (ППД);
- методы термической обработки (ТО);
- методы термопластического воздействия;
- методы, связанные с изменением химического состава поверхностного слоя.

Область применения химико-термической обработки для абразивно изнашиваемых деталей массового применения ограничена соединениями, в которых из геометрических соображений допустимый износ деталей не превышает величины упрочненного слоя. В частности такими деталями являются пальцы мелкоразмерных втулочно-роликовых и зубчатых цепей различных механизмов, работающих в условиях доступа в зону контакта деталей свободного абразива. Снижение характеристик пластичности упрочненного химико-термической и термической обработкой поверхностного слоя деталей не позволяет в полной мере реализовать преимущество в твердости упрочненного металла поверхности в сравнении с основным металлом. Основанием такого вывода является общепризнанная необходимость одновременного повышения твердости и пластичности материала для увеличения абразивной износостойкости [1, 2].

ППД является простым и вместе с тем эффективным способом повышения несущей способности и долговечности деталей машин за счет поверхностного наклепа наиболее нагруженного слоя детали и создания в нем сжимающих остаточных напряжений [3]. Во многих случаях ППД повышает запас прочности деталей, работающих при переменных нагрузках в 1,5–2 раза и увеличивает срок службы деталей до 10 раз. Особенно эффективно применение ППД при наличии концентраторов напряжений (прессовых посадок, галтелей, выемок, поперечных отверстий и т. д.). Кроме того, ППД позволяет резко снизить высоту микронеровностей поверхности, заменяя иногда трудоемкие методы отделки поверхности абразивным инструментом. Неэффективность методов ППД для повышения абразивной износостойкости стали состоит в следующем:

- при ППД повышение твердости материала приводит к снижению пластичности;
- абразивное изнашивание сопровождается непрерывным холодным наклепом материала, следовательно, предварительное ППД может привести к ускорению «перенаклепа» металла и снижению абразивной износостойкости.

Из всех методов термопластического воздействия наиболее интенсивное влияние на механические свойства металлов оказывают методы термомеханической обработки, основанные на совмещении операций холодной и горячей пластической деформации с последующей закалкой. Наиболее отработанной и технологичной схемой термопластического воздействия на металл, обеспечивающей высокий комплекс механических свойств, является ВТМО [4].

Однако, несмотря на высокую эффективность, наличие многочисленных экспериментальных данных, достаточно хорошую теоретическую проработку и опыт промышленного опробования различных технологических схем процесса, ВТМО в силу ряда технических и организационных трудностей имеет пока ограниченное применение. Эти трудности удастся преодолеть лишь при создании специализированного оборудования и решения комплекса вопросов, связанных с разработкой и внедрением процесса ВТМО в металлургии и в машиностроении [4].

Технологический процесс термопластического воздействия на металл, разработанный в ИжГТУ [5], совмещающий упрочнение заготовки по механизму ВТМО с ее калибровкой, обеспечивающей геометрические характеристики, предъявляемые к готовой детали, можно рекомендовать для повышения характеристик качества абразивно изнашиваемых деталей.

Эта обработка благодаря своему комплексному воздействию на качество заготовки получила название высокотемпературной упрочняюще-калибрующей термомеханической обработки (ВУК ТМО) [6]. Холодная пластическая деформация поверхности абразивно изнашиваемых деталей в процессе эксплуатации, производимая абразивными частицами, позволяет усилить эффект упрочнения, достигаемый за счет термомеханической обработки, исключая при этом необходимость проведения отдельной операции ППД, для обеспечения указанных выше результатов.

Технологическими параметрами ВУК ТМО, позволяющими в зависимости от назначения деталей и применяемой схемы формировать свойства упрочненного металла с широким диапазоном значений, являются: температура нагрева заготовки (900–1050 °С); степень деформации (15–25 %); температура отпуска, следующего после ВУК ТМО (200–450 °С).

Применяемый индукционный способ нагрева металла перед деформацией при ВУК ТМО и схема деформации предполагают возможность получения неравномерного распределения свойств материала после упрочнения по сечению заготовки. Задача состоит в том, чтобы на основе знания характера изменения свойств материала по сечению заготовки правильно использовать эту неравномерность с целью обеспечения оптимального комплекса свойств с точки зрения характеристик работоспособности абразивно изнашиваемых деталей.

Ниже, в качестве примера, показывающего, что применением ВУК ТМО в технологии изготовления абразивно изнашиваемых деталей можно не только повысить характеристики работоспособности, но и значительно упростить технологический цикл изготовления деталей на машиностроительном предприятии, приведены результаты исследований по применению упрочненной ВУК ТМО заготовки для изготовления пальцев траков гусеничной машины.

Анализ конструкции и технологии изготовления пальцев траков показывает, что все они достаточно просты по конструкции, это позволяет применить для их изготовления прутковую заготовку со свойствами, предъявляемыми к материалу готовой детали.

Технология их изготовления однотипна и включает в себя операции, показанные на рисунке (а).

Особенности заготовок после ВУК ТМО, заключающиеся в их поставке со свойствами, отвечающими по механическим и геометрическим характеристикам требованиям технических условий, предъявляемым к готовому пальцу, позволяют изменить существующую технологию (рисунок б):

- в связи с высокой твердостью заготовок после ВУК ТМО вводится разрезка прутков по длине на мерные заготовки вулканитовым кругом либо рубка с применением местного индукционного подогрева участка, подлежащего разрезке;

- так как при нагреве с высокой скоростью металл после ВУК ТМО обладает повышенной стойкостью против разупрочнения, то при высадке головки из упрочненной заготовки утолщения стержня пальца не наблюдается, в связи с чем операция токарной обработки по снятию напльва металла под головкой исключается;

- из технологического процесса полностью исключается термическая обработка (закалка, отпуск) и рихтовка пальцев;

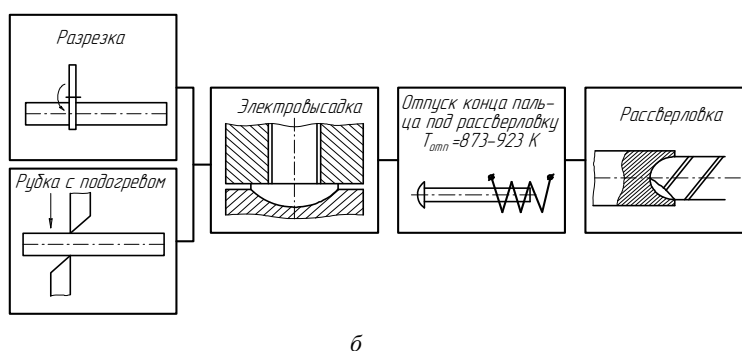
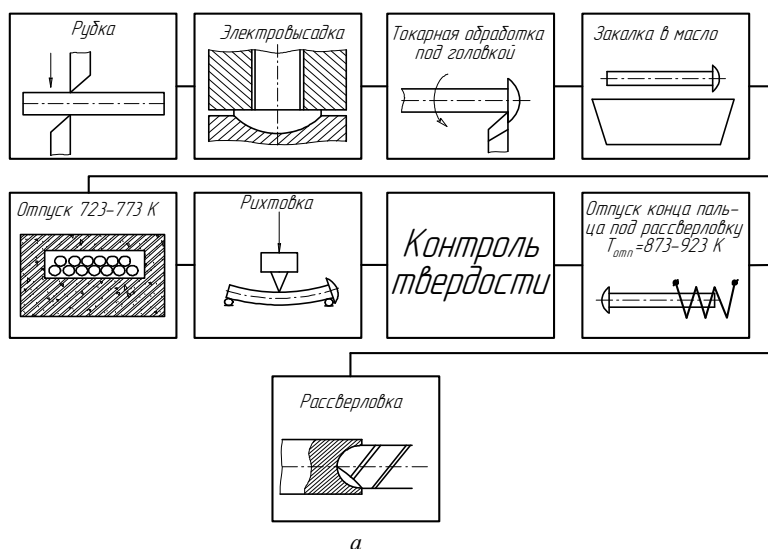
- в связи с торможением процессов разупрочнения при отпуске металла после ВУК ТМО температура индукционного нагрева пальца под рассверловку повышается до 923–993 К с выдержкой 5–7 с.

Приведенный пример разработки технологии изготовления пальцев из упрочненной ВУК ТМО заготовки и исследование их качества показали возможность промышленного изготовления таких пальцев и сокращения технологического цикла изготовления пальцев за счет формирования в заготовке свойств по геометрическим и механическим характеристикам на уровне конструкторских требований к пальцу.

Применение калиброванной упрочненной методом ВУК ТМО заготовки пальцев траков гусеничной ленты позволяет:

- за счет исключения операций термической, механической обработки и правки на заводе-изготовителе сократить технологический цикл изготовления пальцев;

- повысить твердость и пластичность материала, что обеспечивает увеличение износостойкости в 1,6–1,9 раза и долговечности пальцев (в 20–25 раз при одинаковом с серийными пальцами уровне рабочих напряжений).



Технологические схемы изготовления пальцев по серийной технологии из калиброванного проката по ГОСТ 4543-71 (а) и по разработанной технологии с применением упрочненной ВУК ТМО заготовки (б)

Библиографические ссылки

1. Крагельский И. В. Трение и износ. – М. : Машиностроение, 1968. – 430 с.
2. Виноградов В. Н., Сорокин Г. М. Износостойкость сталей и сплавов : учеб. пособие для вузов. – М. : Нефть и газ, 1994. – 417 с.
3. Папиев Д. Д. Отделочно-упрочняющая обработка поверхности пластическим деформированием. – М., 1978. – 151 с.

4. Бернштейн М. Л., Займовский В. А., Капусткина Л. М. Термомеханическая обработка стали. – М. : Metallurgy, 1983. – 480 с.
5. Шаврин О. И. Технология и оборудование термомеханической обработки деталей машин. – М. : Машиностроение, 1983. – 177 с.
6. Исследование и разработка технологии производства калиброванной стали с термомеханическим упрочнением / О. И. Шаврин [и др.] // Сталь. – 1981. – № 3. – С. 75–78.

L. N. Maslov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Izhevsk State Technical University

Selection of Technological Methods of Hardening of Abrasive Worn Out Parts

The analysis of methods of operational capability increase of parts working at the presence of loose abrasive is made. The high-temperature hardening and calibrating thermo mechanical process based on the analysis results was recommended for shaft and bushing parts working in abrasive environment. Some combination variants of known methods of hardening with the purpose of quality and reliability increase are considered. The experimental-industrial usage of the offered technologies are given.

Key words: thermomechanical processing, abrasive wear process, deformation degree, superficial plastic deformation.