

лении, но и повысить физико-механические свойства материала поверхностного слоя при упрочнении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воловик, Е.Л. Справочник по восстановлению деталей. – М.: Колос, 1981. – 351 с.
2. Акулович, Л.М. Термомеханическое упрочнение деталей в электромагнитном поле. – Новополоцк: ПГУ, 1999. – 240 с.
3. Хейфец, М.Л., Кожуро, Л.М., Мрочек, Ж.А. Процессы самоорганизации при формировании поверхностей. – Гомель: ИММС НАНБ. – 276 с.
4. Кожуро, Л.М. Чемисов, Б.П. Обработка деталей машин в магнитном поле. – Мн.: Наука и техника, 1995. – 232 с.
5. Обработка износостойких покрытий / Под ред. Ж.А. Мрочека. – Мн.: Дизайн ПРО, 1997. – 208 с.

УДК 621.9

Ящерицын П.И., Хейфец М.Л.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ НАСЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ДЕТАЛЕЙ МАШИН

*Полоцкий государственный университет
Новополоцк, Беларусь*

Введение. Важнейшей проблемой современного машиностроения является повышение качества выпускаемой продукции, ее надежности и долговечности. Решение этой проблемы обеспечивается путем управления технологическими процессами изготовления деталей машин.

Известно, что эксплуатационные свойства деталей зависят не только от физико-механических характеристик материала, из которого они изготовлены, но и от состояния поверхностного слоя. При этом установлено, что изготовление деталей из одного и того же материала, но по различной технологии и с разными режимами обработки приводит к резкому изменению свойств поверхностного слоя, при этом долговечность таких деталей различна.

Изучение технологий обычно ограничивается рамками отдельных операций. Однако, при использовании высокоинтенсивных воздействий потоками энергии и вещества, необходимо всесторонне исследовать точность и физико-механические свойства, учитывая действие технологическо-эксплуатационной наследственности. Это означает, что все операции и их технологические переходы, а также стадии эксплуатации следует рассматривать не изолированно, а во взаимосвязи, так как характеристики обработанных поверхностей формируются всем комплексом технологических воздействий и изменяются в процессе эксплуатации детали.

В процессе высокоинтенсивной обработки поверхностный слой детали поглощает в короткое время значительное количество энергии, при этом в нем образуются аккумулирующие избыток энергии неравновесные структуры. Обладающие высокой энергией неустойчивые структуры самопроизвольно стремятся к состоянию с меньшей свободной энергией, которая обеспечивает повышение прочности, износостойкости и других эксплуатационных характеристик поверхностного слоя.

С течением времени структуры переходят в более устойчивое состояние термодинамического равновесия, при котором свободная энергия поверхностного слоя минимальна. Запасенная структурами внутренняя энергия уменьшается, а связанная энергия системы, представляемая произведением температуры на энтропию, возрастает. В результате часть погло-

щенной энергии упорядоченного воздействия переходит в энергию неупорядоченного процесса и в конечном итоге в теплоту.

Таким образом, в поверхностном слое происходят необратимые процессы наследственности и самоорганизации, которые путем наложения и совместных действий, внесенных и трансформированных потоков энергии и вещества, ведут к образованию комплексных структур. Управление процессами поглощения энергии и вещества, при послойном прохождении высокоинтенсивных воздействий, дает возможность синтезировать, создавать требуемые в эксплуатации структуры и «конструировать» поверхностные слои детали.

Сущность явления технологическо-эксплуатационной наследственности. Изучение путей улучшения качества поверхности с целью повышения эксплуатационных свойств обычно ограничивается рассмотрением методов и условий осуществления последней операции, завершающей технологический процесс обработки детали. Таким образом, не учитывается влияние результатов предшествующих операций и переходов технологического цикла на износостойкость, прочность, надежность и долговечность деталей при эксплуатации [1,2].

Существование технологическо-эксплуатационной наследственности, влияющей на качество рабочих поверхностей деталей машин, свидетельствует о неполноте подобного подхода при проектировании технологических процессов. Особенно ярко наследственность проявляется при комбинированных методах обработки, когда технологические факторы последовательно друг за другом или совместно параллельно воздействуют на обрабатываемую деталь. Причем наследственность оказывает влияние не только непосредственно после финишных операций технологического процесса, но может проявляться и при эксплуатации в результате воздействия тех или иных параметров качества поверхности, созданных в поверхностном слое детали при ее предшествующей обработке. С позиций технологическо-эксплуатационной наследственности можно установить связь технологических операций и переходов, в том числе и при комбинированных методах обработки с износостойкостью, прочностью и другими эксплуатационными свойствами деталей машин [3,4].

Под технологическо-эксплуатационной наследственностью в настоящее время подразумевается явление переноса свойств обрабатываемого объекта от предшествующих технологических операций и переходов, воздействующих как последовательно, так и параллельно, к последующим или при совместном действии операций и переходов, которое сказывается в дальнейшем при эксплуатации на параметрах качества деталей машин. При этом изменение свойств на стадиях эксплуатации определяется методами и режимами как отдельных операций и переходов, так последовательностью и сочетанием операций и переходов технологического процесса в целом.

Роль отдельных операций и переходов в формировании эксплуатационных свойств поверхностей. Для обеспечения надежности и долговечности деталей машин необходимо придавать их обработанным поверхностям оптимальные геометрические характеристики и физико-механические свойства.

Однако, на эксплуатационные свойства, помимо оговоренных чертежом детали точности изготовления, шероховатости рабочих поверхностей, марки материала, его структуры и твердости, влияют методы и режимы ее получения. Это объясняется тем, что точность и шероховатость не могут характеризовать физическое состояние поверхностного слоя металла. Поверхности с одинаковой точностью и конечной шероховатостью могут иметь различную степень наклепа, неодинаковый характер и величину остаточных напряжений, у них в разной степени может быть искажено кристаллическое строение и нарушена цельность поверхности за счет микротрещин, задигов, разрыхления и т.д. Различными могут быть химический состав и структура поверхностного слоя металла, если поверхность получена в результате выполнения комплекса физико-механических операций с выделением в технологической зоне значительного количества тепла, то отдельные химические составляющие могут выгорать, в результате чего снижаются эксплуатационные свойства металла [5,6].

Важной характеристикой эксплуатационных свойств обработанных поверхностей является поверхностная энергия. Физический смысл ее заключается в следующем. Внутренние частицы твердого тела окружены со всех сторон соседними частицами. Частицы, находящиеся на поверхности, окружены соседними только с нескольких сторон, поэтому они располагаются иначе, чем внутренние. В поверхностном слое сосредоточен больший запас потенциальной энергии, чем во внутренних слоях. Для перевода внутренних частиц на поверхность, то есть для образования новой поверхности, требуется затратить определенную работу. Работа, необходимая для образования новой поверхности, называется поверхностной энергией [7].

Повышение плотности энергии у поверхности объясняется тем, что действующие на частицу внутри твердого тела молекулярные силы со стороны соседних частиц взаимно компенсируются и составляют равнодействующую, равную нулю. В поверхностном слое такой компенсации нет, и на поверхностные молекулы и частицы действуют силы, направленные внутрь. Они компенсируются тем, что происходит сжатие поверхностного слоя, вызывающее повышение плотности энергии.

Чем выше микротвердость детали, тем больше ее поверхностная энергия. Но поскольку микротвердость поверхности на финишной операции или конечном переходе зависит от условий выполнения не только данных, но и предыдущих воздействий, то можно считать, что на конечное значение поверхностной энергии в определенной мере влияют предшествующие операции и переходы, то есть имеет место определенная взаимосвязь технологических воздействий. Очевидно, что поверхности с равной шероховатостью, но обработанные с применением различных технологических методов будут иметь различную величину поверхностной энергии, а следовательно, и разные эксплуатационные свойства [1,4].

Основные эксплуатационные свойства поверхности, то есть ее микро- и макрогеометрия, микротвердость, напряженное состояние, поверхностная энергия, химический состав, структура тончайших наружных слоев металла и другие, формируются на протяжении всего периода обработки деталей. При этом отдельные свойства наследуются от одного перехода, операции, стадии, этапа к другим технологическим или эксплуатационным воздействиям. Следовательно, при механической, термической или других физико-технических обработках деталей имеет место технологически - эксплуатационная наследственность.

Влияние технологическо-эксплуатационных барьеров на изменение параметров качества поверхностей. Представляет интерес изучение влияния отдельных переходов, операций на конечное состояние поверхностного слоя детали. В технологическом комплексе влияние первых операций и переходов обычно слабее, чем финишных, но все же ими пренебрегать нельзя. Сила воздействия каждого технологического фактора на конечные эксплуатационные свойства обработанных деталей неодинакова. Влияние одних распространяется вплоть до самой последней операции, влияние других ослабевает значительно раньше. Кроме того, некоторые факторы воздействуют только в пределах определенной операции, а на смежные влияния не оказывают. Так, например, волнистость и огранка поверхности могут частично копироваться на одной - двух смежных операциях, а затем их влияние прекращается [3,4].

В технологической цепочке и при эксплуатации существуют своеобразные барьеры. Некоторые факторы не могут преодолеть барьеры, и в таком случае эти факторы не влияют на конечные свойства обработанных поверхностей. Другие факторы барьеры проходят, но при этом значительно теряют свою исходную силу и влияют на конечные свойства очень слабо. Самыми существенными барьерами в технологическом процессе являются термические операции (например, закалка, отжиг, отпуск) и так называемые упрочняющие операции, сопровождающиеся поверхностным упрочнением деталей (например, обкатка шариками, роликами, дорнирование отверстий, алмазное выглаживание). Сюда же можно отнести и процесс выхаживания при шлифовании, способствующий появлению абразивного наклепа обрабатываемой поверхности [8,9].

Рассмотрим влияние операций поверхностного упрочнения на ослабление воздействия отрицательных факторов технологической наследственности. Основной эффект состоит в том, что значительное количество микротрещин, находящихся в поверхностном слое металла, при пластической деформации смыкается и поверхность становится более цельной - заливается. Кроме того, поверхностный наклеп выравнивает физико-механические свойства различных участков поверхности, устраняя повышенные напряжения, возникающие на границах участков с различной структурой и микротвердостью. В этих местах во время эксплуатации детали могут образоваться микротрещины, а затем и питтинги.

Поверхностный наклеп при осуществлении упрочняющих операций выравнивает структурные неоднородности, устраняя концентраторы напряжений. Это происходит в результате того, что при обработке мягких структур наклеп происходит интенсивнее, чем твердых, поэтому их микротвердость при этом выравнивается. Кроме того, местные растягивающие напряжения подавляются вновь созданными при наклепе сжимающими напряжениями, и весь поверхностный слой металла становится равнонапряженным. Остаточные напряжения в конце упрочняющей операции будут сжимающими. Итак, влияние многих отрицательных факторов технологической наследственности при осуществлении упрочняющих воздействий резко ослабевает или вообще не наблюдается [8].

Тепловые явления при механической обработке обычно ухудшают физико-химическое состояние поверхностного слоя, тем самым, снижая работоспособность деталей. Структурные превращения в поверхностном слое могут располагаться на глубине, превышающей величину припуска на последующую операцию. Эти превращения обычно оказывают отрицательное влияние на формирование эксплуатационных характеристик поверхности при дальнейшей обработке. Поэтому, ослабляя термические воздействия на деталь, управляя тепловыми процессами, можно снизить действие отрицательных факторов технологической наследственности [9].

Выводы. Таким образом, как положительные, так и отрицательные факторы появляются и угасают на различных операциях технологического процесса и стадиях эксплуатации деталей машин, то есть продолжительность действия отдельных факторов технологическо-эксплуатационной наследственности различна. Конечные свойства обработанной поверхности будут зависеть от того, сколько отрицательных факторов пройдет через весь комплекс операций и переходов вплоть до создания готовой детали и насколько они будут нейтрализованы положительными факторами. Следовательно, при проектировании технологических процессов высокоэффективной обработки необходимо вводить такие операции, использовать такие воздействия, которые препятствовали бы действию отрицательных факторов на финишной операции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маталин, А.А. Технология машиностроения. – Ленинград: Машиностроение, 1985. – 512 с.
2. Проектирование технологии/ Под общ. ред. Ю.М.Соломенцева. – Москва: Машиностроение, 1990. – 416 с.
3. Ящерицын, П.И., Скорынин, Ю.В. Работоспособность узлов трения машин. – Минск: Наука и техника, 1984. – 288 с.
4. Ящерицын, П.И., Забавский, М.Т., Кожуро, Л.М., Акулович, Л.М. Алмазно-абразивная обработка и упрочнение изделий в магнитном поле. – Минск: Наука и техника, 1988. – 272 с.
5. Технологические основы высокоэффективных методов обработки деталей/ П.И.Ящерицын, М.Л.Хейфец, Б.П.Чемисов и др. – Новополоцк: ПГУ, 1996. – 136 с.
6. Технологические основы управления качеством машин/ А.С.Васильев, А.М.Дальский, М.Л.Хейфец и др. – Минск: ФТИ НАНБ, 2002. – 216 с.
7. Кузнецов, В.Д. Физика резания и трения металлов и кристаллов. Избранные труды. – Москва: Наука, 1977. – 310 с.
8. Теоретические основы процессов поверхностного пластического деформирования/ Под ред. В.И.Беляева. – Минск: Наука и техника, 1987. – 229 с.
9. Лыков, А.В. Теория теплопроводности. – Москва: Высшая школа, 1967. – 600 с.