

**ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ
ЭНЕРГОНАСЫЩЕННЫХ ТРАКТОРОВ «БЕЛАРУС»**

*Минский тракторный завод
Белорусский государственный аграрно-технический университет*
Минск, Республика Беларусь*

Тракторостроение также не миновала общемашиностроительная тенденция — повышение единичной мощности. Если в первые послевоенные годы отечественное машиностроение предоставляло в распоряжение сельского хозяйства одну модель колесного трактора на железных колесах со шпорами мощностью 30 л.с. и три модели гусеничных тракторов мощностью 35—52—65 л.с., то в настоящее время нижний предел мощности опущен до 6 л.с., верхний возрос до 250—300 л.с. Еще 10 лет тому назад колесный трактор мощностью 300 л.с. весил 13 тонн., то сегодня современный трактор того же тягового класса и той же мощности весит 9 тонн. Предшественник современного трактора мощностью 150-180 л.с., весящего 5 тонн, весил более 7 тонн.

Практически все детали трансмиссии, ходовой и навесной систем тракторов работают в условиях сложного циклического нагружения: срез, растяжение или кручение, сочетающиеся с изгибом. Кроме того значительное количество деталей работают в условиях значительных контактных напряжений

Естественно, что и конструкторы и технологи постоянно уделяли внимание проблемам повышения прочности, долговечности и надежности как трактора в целом, так и каждого его агрегата и каждой детали.

На Минском тракторном заводе особое внимание постоянно уделялось и уделяется разработке и передаче конструкторским службам новых упрочняющих технологий: объемной закалки, поверхностной тонкослойной закалки с нагревом токами высокой частоты, термического улучшения, цементирования с последующей закалкой, нанесения износостойких хромовых покрытий.

В последнее десятилетие в практику производственного использования включены высокотехнологические методы упрочнения: плазменная наплавка и напыление, ионно-плазменное напыление.

Широкое распространение получили различные способы поверхностной химико-термической обработки.

Перечисленные методы упрочнения деталей сводятся к повышению объемной или поверхностной твердости детали до уровня HRC 55-62, являющегося пределом обрабатываемости не только механической, но и абразивной.

Поиски альтернативных путей повышения прочности повлекли за собой применение таких уже совершенно экзотичных способов, как ультразвуковое и лазерное поверхностное упрочнение.

До определенного момента в эволюции тракторов, связанного с довольно высоким запасом прочности при усталостном нагружении, описанные приемы упрочнения деталей не предвещали никаких неприятностей. Однако по мере роста энергонасыщенности тракторов рабочие нагрузки и напряжения в деталях стали увеличиваться. При работе в условиях циклического изгиба с одновременным наличием контактных или скручивающих напряжений детали стали просто хрупко переламываться, что объясняется совершенно недостаточной пластичностью поверхностных высокотвердых слоев металла детали.

Таким образом можем, с определенной степенью осторожности, сделать вывод об исчерпанности резерва повышения долговечности механизмов путем повышения твердости наружных поверхностей входящих деталей.

Пока еще незначительный опыт нашего завода и имеющиеся в нашем распоряжении информационные материалы подсказывают новые направления поиска путей повышения долговечности отдельных деталей, узлов и трактора в целом.

Представляется перспективным использование триботехнологий, заключающихся в создании саморегулирующихся фрикционных пар трения с крайне низким коэффициентом трения и незначительной интенсивностью износа за счет реализации процесса направленной диффузии.

Разработанные Санкт-Петербургским НПП «Трибофатика» триботехнические методы использования и состав НИОД, внедрены на многих предприятиях и заводах машиностроения, и испытаны в том числе на Минском тракторном заводе, позволяют надеяться на повышение износостойкости контактных пар без существенного повышения их твердости.

Работы Дальневосточной государственной морской академии имени адмирала Г. И. Невельского и Санкт-Петербургского Государственного Университета Водных Коммуникаций подтвердили положительные результаты проведенных ранее на Минском тракторном заводе работ по ультразвуковому упрочнению деталей.

К этой же группе работ следует отнести и работы по упрочнению деталей машин методами поверхностного пластического деформирования, позволяющими формировать значительные остаточные напряжения сжатия в наружных слоях металла деталей, облегчающие их работу в условиях циклического изгиба.

Совместно с Научно-производственной фирмой «Плазмацентр» Санкт-Петербургского государственного политехнического университета исследуются возможности применения для повышения долговечности деталей энергонасыщенных тракторов «Беларус» разработанного фирмой нового метода - «финишного плазменного упрочнения» (ФПУ). Известно, что после ФПУ закаленные детали на поверхности образуется слой, обладающий высокой пластичностью и упругостью, что позволит, как мы надеемся, избежать хрупких поломок тяжело нагруженных деталей.

К технологическим методам повышения долговечности отдельных деталей, узлов и трактора в целом следует отнести и расширение применения и нетрадиционных способов сварки и защитных покрытий. По мере повышения нагрузок на детали энергонасыщенных тракторов возникает необходимость создания композиций из материалов с различными физико-механическими свойствами. Для соединения их между собой на заводе широко применяются такие способы сварки как сварка трением, электронно-лучевая сварка, плазменная и лазерная сварка.

Цель докладываемой работы заключается в исследовании условий обеспечения требуемой усталостной прочности в сочетании с теми или иными способами поверхностного упрочнения деталей, сопоставлении и оценке влияния этих способов на циклическую прочность деталей.

Для определения выносливости деталей или образцов проводятся длительные усталостные испытания на всесторонний изгиб при симметричном цикле нагружая:

База испытаний для определения пределов усталости принята 10^7 циклов. Основным критерием при определении пределов усталости и построения кривых усталости принимается полное разрушение деталей и образцов.

Результаты испытаний на выносливость представляются в виде кривой усталости. Практикой и теорией определения пределов выносливости установлено, что существует тесная корреляционная связь между долговечностью и напряжением, определяемыми уравнением:

В настоящее время при построении кривых усталости используют полулогарифмические ($s\text{-lg} N$) и логарифмические ($\lg s - \lg N$) координаты. Кривые усталости при этом получают компактное изображение и состоят из 2-х почти прямолинейных участков - наклонного и горизонтального — пересекающихся между собой под тупым углом. Усталостные кривые и результаты исследований зависимости усталостной прочности деталей и образцов, подвергнутых тому или иному способу поверхностного упрочнения, приведены ниже (в конце доклада).

Для испытания на выносливость сварных образцов и натуральных деталей спроектирована, изготовлена специальная установка (ЗС-780).

Установка имеет следующую схему нагружения испытуемой детали: деталь одним концом жестко крепится в приспособлении установки, на второй свободный конец действует центробежная сила от вращающегося эксцентрикового груза вызывая в опасном сечении детали напряжения изгиба. Вращение груза производится асин-

хронным электродвигателем имеющим постоянную частоту вращения, позволяющей измерять количество циклов по времени нагружения. Изменяя массу эксцентрикового груза, меняем тем самым величину центробежной силы и, соответственно, величину изгибающего момента и возникающие в испытуемой детали напряжения. Регулируя также длительность испытаний, изменяем количество циклов нагружения

Как следует из общепринятых методик вторая точка на наклонной ветви кривой расположена в зоне 10^6 циклов, что при частоте вращения эксцентрикового груза даже 2500 об/мин требует затрат времени на испытание только одного образца более 7 часов машинного времени.

Для ускорения качественной оценки циклической прочности различных методов поверхностного упрочнения в качестве эксперимента мы пошли на перенос испытаний в зону $10^3 - 10^4$ циклов. При этом метод приложения центробежной силы от вращения эксцентрикового груза оказался неэффективным из-за резкого уменьшения центробежной силы при снижении частоты вращения.

Используя положения ГОСТ 2860-45 по испытанию консольного образца на знакопеременный изгиб, приложением к свободному концу вращающегося образца подвешенного на шарикоподшипнике груза, создающего в месте защемления максимальный изгибающий момент.[1] Вместо специальной испытательной машины УКИ-10М мы используем токарный станок. В резцедержателе токарного станка устанавливаем специальное нажимное устройство, представляющее собой державку, на конце которой вращается самоустанавливающийся шарикоподшипник. Перед началом испытания подвешиваем к свободному концу образца, закрепленного другим концом в патроне токарного станка, груз, как это предусмотрено ГОСТ 2860-45 и установленным на суппорте индикатором измеряем стрелу прогиба. Затем груз снимаем и нажимным устройством прогибаем образец и приводим его во вращение, засекая время до полного разрушения образца. Достаточно мелкоступенчато изменяя частоту вращения образца в пределах от 100 до 1000 об/мин гибко изменяем масштаб времени испытания, что существенно улучшает условия испытания по сравнению с испытаниями на машине УКИ-10М.

Задавая величину изгибающих напряжений, существенно более высоких, чем напряжения испытания в диапазоне от 10^4 , по числу циклов до разрушения сравниваем эффективность сравниваемых методов упрочнения.

При этом внешнее кольцо нажимного подшипника, всегда имеющего твердость более высокую, чем твердость испытуемого образца, играет роль индентора для определения контактного износа испытуемого образца.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авдеев Б. А. Техника определения механических свойств материалов. — М., Машиностроение, 1965.