

Цыбульский Вадим Анатольевич, к.т.н., доцент, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, [tsybulsky.vadim@yandex.ru](mailto:tsybulsky.vadim@yandex.ru)  
Савченков Борис Васильевич, к.т.н., профессор, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

## **КОМПЛЕКСНЫЙ ПАРАМЕТР ДЕФОРМАЦИОННО-ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И ВЫБОРА МАТЕРИАЛА ДЕТАЛЕЙ**

При проектировании машин, конструировании их узлов выполняются проектировочные расчеты на прочность отдельных элементов, выбираются соответствующие материалы, отвечающие условиям работы деталей в узле. При расчетах на прочность сейчас нет необходимости закладывать завышенные коэффициенты запаса прочности, так как это приводит к необоснованным дополнительным расходам металла, утяжелению конструкции и, как следствие, к ухудшению целого ряда эксплуатационных характеристик транспортных средств (снижение грузоподъемности, увеличение расхода топлива и др.). Досконально отработанные методики расчетов на прочность, принятые критерии оценки прочностных свойств позволяют практически исключить вероятность выхода деталей из строя вследствие их разрушения. Единичные случаи разрушений (остаточных пластических деформаций) почти всегда можно объяснить нарушениями условий эксплуатации (например, перегрузкой или неправильными действиями оператора) или конструктивно-технологическими дефектами материала деталей.

Гораздо хуже в настоящее время обстоят дела со многими деталями машин в плане их долговечности, которая определяется не прочностными характеристиками материала, а, например, его износостойкостью, коррозионной стойкостью. Детали приходится заменять новыми или подвергать ремонтным воздействиям из-за нарушений размерной точности сопряжений, снижения технико-экономических характеристик машин. Из-за сложности процессов, происходящих при трении и изнашивании, в настоящее время не существует унифицированных методик расчета на трение и изнашивание. Частные методики для конкретных деталей и узлов дают существенные погрешности (доходят до 70 %) при минимальных расхождениях в условиях работы. Поэтому при проектировании машин для отдельных, наиболее ответственных деталей и узлов, определяющих их работоспособность, обычно проводят экспериментальные исследования износостойкости и долговечности. При экспериментальном исследовании износостойкости материалов представляется весьма важным вопрос выбора критерия износостойкости.

Среди основных факторов, влияющих на износостойкость материала деталей, выступают его механические свойства. Большинство публикаций [2,3] посвящены исследованию влияния твердости материалов на износостойкость в различных условиях трения и изнашивания. Такое внимание к твердости

обусловлено тем, что испытания твердости обладают рядом достоинств (простота и высокая оперативность) по сравнению с другими механическими испытаниями. Интерес к твердости, как характеристике механических свойств обусловлен также тем, что твердость отражает состояние поверхностных слоев материала деталей, которые претерпевают изнашивание. По сей день твердость выступает регламентируемой характеристикой механических свойств при производстве многих ответственных деталей транспортной техники (коленчатые и распределительные валы, гильзы цилиндров, зубчатые колеса и др.). На наш взгляд это совершенно неверно.

Многие исследователи отмечают, что одна характеристика твердости материала не может быть использована как показатель износостойкости [1, 2]. Ни одна из стандартных характеристик механических свойств материалов не может в единственном числе однозначно определять их износостойкость, так как не учитывает всей полноты силового воздействия (напряженно-деформированного состояния) на контакте в момент формирования и отделения частицы износа.

Существует два возможных пути поиска критерия износостойкости: создание нового критерия и подбор характеристик из числа стандартизованных для объединения их в один комплексный показатель. Многочисленные исследования и полученные при этом результаты подтверждают правильность второго подхода [1, 2, 4].

Выполненные нами теоретические и экспериментальные исследования позволили предложить параметр ( $\delta^n \cdot H^m$ ), характеризующий прочностные ( $H$ ) и деформационные ( $\delta$ ) свойства материалов. В качестве характеристики твердости ( $H$ ) материала из числа стандартизованных может быть взята, к примеру, твердость по Бринеллю  $HBW$  или по Виккерсу  $HV$ . В этом случае комплексный параметр приобретает физический смысл, определяемый его размерностью (работа / объем). Такую размерность имеет удельная работа, которая, например, в случае испытаний образцов на растяжение характеризует способность материала поглощать энергию при пластическом деформировании. По нашему мнению, более обоснованным показателем твердости для комплексного критерия является твердость материала по Людвигу  $HK_{120}$ , значение которой в мегапаскалях вычисляется по формуле

$$HK_{120} = \frac{4P}{\pi \cdot d^2}, \quad (1)$$

где  $d$  – диаметр восстановленного отпечатка, оставленного коническим алмазным индентором при определении твердости по Роквеллу;

$P = 1471 H$  – максимальное значение действующей на конический индентор общей нагрузки.

В качестве характеристики пластичности ( $\delta$ ) материала целесообразно принять относительное удлинение  $\delta_{5B}$ , соответствующее максимальному усилию  $P_{\max}$  на диаграмме растяжения независимо от вида остаточной

деформации (равномерная или неравномерная). Эту характеристику можно определять косвенно неразрушающим методом, идентифицированным с определением твердости тем же коническим индентором по методу Роквелла [5]. Выбрав в качестве характеристики твердости материалов число  $HK_{120}$ , мы обеспечиваем возможность использовать ее для оценки твердости как для сталей с твердостью от 100 до 450  $HB$ , так и для более твердых, для которых предпочтительней определять твердость по шкале  $HRC$ .

Предложенный параметр  $(\delta^n \cdot H^m)$ , на наш взгляд, может быть использован не только как критерий для оценки износостойкости, но и как параметр для оптимизации режимов упрочняющей технологии. Наши исследования для трех марок сталей показали, что между износостойкостью и параметром  $(\delta^n \cdot H^m)$  существует сложная связь, описываемая полиномом второй степени, с выраженным экстремумом, соответствующим минимуму интенсивности изнашивания [1]. Это значит, что мы должны добиваться таких значений параметра, при которых износ будет наименьшим. То есть с его помощью можно выполнять оптимизацию режимов термической обработки и осуществлять контроль качества термической обработки. Очевидно, что не для всех материалов удастся обеспечить требуемый диапазон значений комплексного параметра. В таком случае мы должны исключать эти материалы, поскольку они не соответствуют предъявляемым к ним требованиям.

Авторы работы солидарны с теми учеными, которые считают, что методы испытаний на твердость еще должным образом не оценены. Последние годы интенсивно развиваются технологии, которые инициировали многочисленные исследования в области твердомерии.

## Литература

1. Цыбульский В.А. К выбору критерия износостойкости при испытаниях материалов на трение и изнашивание / В.А. Цыбульский, Б.В. Савченков, Ю.В. Дудукалов // Вестник ХНАДУ: Сб. научн. тр. – Вып. 12-13. – Харьков: ХНАДУ, 2000. – С. 79-81.
2. Виноградов В.Н. Абразивное изнашивание / В.Н. Виноградов, Г.М. Сорокин, М.Г. Колокольников. – М.: Машиностроение, 1990. – 224 с.
3. Крагельский И.В. Трение и износ / 2-е изд., перераб. и доп. И.В. Крагельский – М.: Машиностроение, 1968. – 480 с.
4. Дюмин И.Е. Оперативный контроль механических свойств деталей и заготовок / И.Е. Дюмин, Ю.К. Калугин, Г.Я. Ямпольский, И. В. Южаков, Б. В. Савченков, Г. И. Леонов. – Киев: Техника, 1991. – 102 с.
5. Южаков И.В. Метод определения пластичности поверхностных слоев материалов / И.В. Южаков, Г.Я. Ямпольский, Ю.К. Калугин // Стандартизация и унификация методов испытаний на трение и износостойкость: Тез. докл. Всесоюзн. научно-техн. конф. – Москва: ВСНТО, 1976. – №3. – С.120-124.