



Преобразовывать или не преобразовывать ... ваши значения твердости?

Введение

Кривые пересчета являются одним из незаменимых элементов в области измерения твердости. Многие пользователи знакомы со шкалами Бринелля, Виккерса, Роквелла или Либа и используют кривые преобразования в своей работе каждый день. Однако немногие пользователи знают, как они создаются и как правильно их использовать. В этой статье мы расскажем, что такое кривые пересчета, как они создаются и как правильно их использовать.

Основные моменты

- Кривые пересчета являются чисто эмпирическими и специфическими для каждой группы материалов. Кривые преобразования - это математические функции (уравнения), созданные на основе таблиц преобразования.
- Ни одно уравнение не сможет идеально перевести одно значение твердости в другую шкалу твердости.
- Кривые преобразования дают близкое приближение к измерению, выраженному в других, неродных единицах, при условии, что материал, используемый для создания кривых, такой же, как и материал, к которому применяются кривые. Они зависят от конкретного материала.
- Преобразование вносит дополнительную неопределенность в измерение.
- По возможности используйте родную шкалу, чтобы избежать внесения дополнительной неопределенности

Почему пользователи хотят конвертировать?

Работа с различными методами испытания твердости часто требует преобразования твердости, измеренной одним методом, в твердость для другого метода или прочность (предел прочности при растяжении в Н/мм²). Если измеренное значение твердости необходимо перевести в другую шкалу (т.е. в результат совершенно другого метода испытания твердости), то для этого не существует математического уравнения.

Вообще, не существует применимых соотношений для перевода значений твердости из одного метода в другой. Однако так называемые таблицы пересчета, определенные в результате экспериментов и измерений, позволяя легко пересчитывать шкалы.

Как строятся кривые преобразования?

Для построения кривой пересчета измеряется твердость от нескольких до нескольких десятков образцов с различными значениями твердости, используя различные методы испытаний. Затем устанавливается соотношение между отдельными шкалами. Такое преобразование может быть выполнено только в том случае, если достаточное количество сравнительных измерений статистически подтвердило отношение преобразования. Например, в следующей таблице (Таблица 1) представлены образцы, каждый из которых имеет различные значения твердости, но изготовлен из одного и того же материала. Затем эти образцы испытываются различными методами (здесь, в качестве примера, эти методы обозначены как А, В, С и D) и позволяют установить таблицу пересчета.

Например, Hx1.4A (образец с твердостью на 40% выше, чем у первого члена популяции, измеренный методом А) будет затем выражен в другой шкале, измеренной методом С, как "Hx1.4C".

Эти таблицы затем преобразуются в математические уравнения, которые обеспечивают плавное преобразование промежуточных значений твердости (например, образец с твердостью $x+5,43\%$ может быть вычислен на основе такого уравнения как Hx1.0543B), поскольку взаимосвязь между многочисленными образцами может быть математически описана как кривая преобразования.

Затем эта же процедура применяется к другим классам материалов для установления других соотношений между значениями твердости, полученными различными методами испытаний.

Сложность кривых преобразования

Как указывалось выше, кривые преобразования всегда являются близкими приближениями. Пользователи очень часто не знают, что их преобразование является приближением, и слепо верят, что конечные результаты после преобразования равны значению твердости, выраженному другой единицей шкалы твердости.

Из-за необходимости экспериментального определения кривых пересчета для различных материалов здесь следует учитывать погрешности. При пересчете в другую шкалу будет иметь место соответствующий дополнительный фактор неопределенности. Другой ключевой момент, который необходимо учитывать, заключается в том, что многие материалы имеют различную твердость, основанную на различной микроструктуре, условиях обработки и, возможно, на некоторых незначительных, но способствующих изменениях в химическом составе. Хотя в таблицах пересчета указаны химические составы различных сталей, происходят изменения в химических составах, а последующая обработка может вызвать другие изменения в материалах.

Портативные методы испытаний предоставляют инспекторам и пользователям свободу и значительно упрощают процедуру испытаний. Их можно проводить на месте и неразрушающим способом, вместо трудоемкой процедуры вырезания, транспортировки и измерения настольным методом (например, по Бринеллю или Виккерсу) с последующим микроскопическим анализом вмятины. Однако они накладывают дополнительную неопределенность измерения, поскольку все они в некоторой степени зависят от пользователя, что означает: дополнительная неопределенность, которую необходимо учитывать.

Как компания может преодолеть все или хотя бы некоторые ограничения преобразования?

К счастью, наиболее важным способом преодоления является информирование пользователей об ограничениях. Кроме того, если у вас есть производственная линия и вы обрабатываете различные или нестандартные материалы, попробуйте создать собственную кривую пересчета на основе ваших собственных материалов, не забывая о всех лучших практиках подготовки образцов (вес, толщина стенок, шероховатость поверхности, статистика). Компания Equotip, помимо **самого широкого на рынке ассортимента кривых преобразования**, предлагает различные способы построения кривых преобразования, начиная с простого, но ограниченного диапазоном сдвига в одну точку, двухточечных аппроксимаций и самых лучших и точных **многоточечных кривых преобразования**, когда пользователь может эффективно рассчитать и просто внедрить собственную кривую преобразования на основе небольшого количества образцов в [устройстве Equotip 550](#).

Другими словами: Материал, определенный в таблицах пересчета, не должен быть точно таким же материалом, который пытается измерить конечный пользователь. Это особенно важно для материалов, которые подвергаются многим этапам обработки.

Какова наилучшая практика?

Если вы используете [портативный метод тестирования](#), например, Leeb, и если у вас есть возможность полностью перейти на этот метод, попробуйте использовать отечественные весы (например, HLD) во всей производственной цепочке. Этим вы не только упростите процесс контроля качества, но и избежите ненужной неопределенности, которая возникает из-за эмпирической природы кривых пересчета.

Всегда рекомендуется использовать собственную шкалу метода испытания и всегда помнить, что преобразование значений твердости является приближением.

Если вы используете простую поправку на одноточечный сдвиг, помните, что эта поправка для конкретного материала должна применяться к твердости, измеренной вблизи измеряемого образца. Другими словами: Нельзя определять одноточечный сдвиг для мягких материалов и использовать то же преобразование для очень твердых.

Предположим, вы рассматриваете возможность применения метода ультразвукового контактного импеданса (UCI). В этом случае необходимо помнить, что этот метод разработан для стали с модулем Юнга (E) 210 ГПа, и любой материал с другим значением E будет показывать ошибочные результаты. Попробуйте использовать портативный прибор Роквелла, который измеряет глубину вдавливания и не зависит от материала.

Схематическая иллюстрация таблицы пересчета

	Метод испытания A	Метод испытания B	Метод испытания C	Метод испытания D
Образец с твердостью x	HxA	HxB	HxC	HxD
Образец с твердостью x + 10%	Hx1.1A	Hx1.1B	Hx1.1C	Hx1.1D
Образец с твердостью x + 20%	Hx1.2A	Hx1.2B	Hx1.2C	Hx1.2D
Образец с твердостью x + 30%	Hx1.3A	Hx1.3B	Hx1.3C	Hx1.3D
Образец с твердостью x + 40%	Hx1.4A	Hx1.4B	Hx1.4C	Hx1.4D
...	...	...	...	...
Образец с твердостью x + n%	HxnA	HxnB	HxnC	HxnD

Таблица 1. Схематическое изображение метода преобразования твердости. Важно подчеркнуть, что образцы и условия измерения для этих испытаний практически идеальны: низкая шероховатость поверхности, размеры и габариты соответствуют стандартным требованиям, применяется соответствующая статистика и достаточное количество измерений. Часто таблицы составляются с помощью так называемого метода Round-Robin, что означает, что несколько сторон проводят одно и то же измерение при одинаковых условиях для подтверждения правильности метода.