

УДК 620.169.2

**ПРИМЕНЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ «ПРОЧНОСТЬ – ТВЕРДОСТЬ»
ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ АРМАТУРНОЙ СТАЛИ
С ПОМОЩЬЮ ПОРТАТИВНЫХ ТВЕРДОМЕРОВ**

Т.Г. ЕРМОЛАЕВА, К.А. КОСТЮРИНА

(Представлено: канд. техн. наук, доц. А.И. КОЛТУНОВ)

Представлено экспериментальное исследование твердости образцов арматурной стали классов АШВ, АIV, AV с целью выявления зависимости перехода от твердости арматуры к ее классу, что является основной задачей данной работы. Изучена возможность применения полученной зависимости на практике с помощью переносного твердомера.

При обследовании технического состояния строительных конструкций часто возникает необходимость в определении прочности материалов. Для исследований применяются разрушающие методы, связанные с отбором образцов из конструкций и их лабораторным испытанием, а также методы неразрушающего контроля. Методы неразрушающего контроля, как правило, являются предпочтительными, так как существует возможность увеличения количества контролируемых участков, снижается трудоемкость работ и отсутствует необходимость в восстановлении поврежденного участка конструкции.

Применение метода основано на известной зависимости параметров прочности стали (временное сопротивление, предел текучести σ_r) от твердости по шкале Бринелля.

Твердость по шкале Бринелля можно определить, как испытанием на прессе Бринелля (по требованиям ГОСТ), так и измерением твердости по другим шкалам (Роквелла, Виккерса, Шора) и пересчетом в твердость по Бринеллю. Имеется большой выбор портативных приборов, позволяющих определять твердость стали в полевых условиях. Приборы реализуют различные методы, например: динамический – серия приборов ТЭМП (аналог измерений по Шору), ультразвуковой – приборы серии МЕТ-У (по Виккерсу), статический — Equostat (по Роквеллу) и др.

При использовании стационарных твердомеров обеспечить точность измерений гораздо проще. Это связано как с меньшей погрешностью стационарных приборов по сравнению с портативными, так и с возможностью качественной подготовки поверхности отобранных образцов. Но последний плюс включает в себе и основной недостаток — необходимость отбора образцов, что является самым трудоемким мероприятием и не всегда возможным. Поэтому, несмотря на увеличение погрешности, предпочтение отдается использованию портативных приборов, позволяющих избежать отбора образцов. И, несмотря на наличие теоретической и приборной базы, правильно выполнить измерения твердости на арматуре, заключенной в бетоне конструкций, а также произвести однозначный пересчет в прочность стали не просто.

Для применения всех методов неразрушающего контроля твердости необходимо соблюсти определенные требования к участку измерения и его поверхности. К этим требованиям относятся:

- радиус кривизны поверхности, который для применения динамического метода должен быть более 10 мм, а для ультразвукового – более 5 мм (по паспортным данным прибора МЕТ-УД);
- минимальная площадка измерения для установки датчика должна быть диаметром более 7...10 мм (в зависимости от метода измерения);
- шероховатость измеряемой поверхности, которая при использовании большинства методов измерения твердости (как портативными, так и стационарными приборами) должна быть менее 2,5 мкм (Ra).

Обеспечить выполнение описанных условий можно с помощью обработки абразивными дисками, установленными на угловую шлифовальную машинку (УШМ). После среза части сечения арматуры и создания площадки необходимых размеров и ровности производится дообработка поверхности с помощью наждачной бумаги и соответствующих насадок на УШМ.

При использовании обработки шлифовкой механические свойства и структура поверхностного слоя стали изменяются. В основном это происходит за счет влияния двух факторов: высокой температуры и наклепа вследствие пластических деформаций металла поверхностного слоя.

При шлифовке малогабаритными устройствами типа УШМ в режиме работы с перерывами температура нагрева стали достигает 100...200 °С, что подтверждается тепловизионными измерениями. При работе без перерывов и периодического охлаждения поверхности температура может достигать 300 °С и более, о чем свидетельствует появление оксидной пленки с цветами побежалости. При достижении указанных температур сталь может подвергаться низкотемпературному и среднетемпературному отпуску. При этом прочность, пластичность и твердость поверхностного слоя могут изменяться.

Помимо высоких температур, в зоне реза (шлифования) металл поверхностного слоя претерпевает существенные пластические деформации, которые после обработки являются остаточными. Эти деформации приводят как к образованию остаточных напряжений в поверхностном слое элемента, так и к изменению параметров прочности и твердости за счет наклепа. Глубина измененного слоя зависит от скорости реза, силы подачи инструмента, направления шлифовки, зернистости абразива и других факторов. Известно, что толщина слоя с этими изменениями может колебаться от десятков до сотен микрон.

Таким образом, применяя портативные приборы с малой глубиной проникновения индентора (статический, ультразвуковой), результат измерения можно получить с существенным отличием от истины. С другой стороны, указанные методы (например, ультразвуковой) характеризуются большей универсальностью для применения в полевых условиях, так как измерения можно производить на элементах меньших размеров по площади и толщине, меньшей массы и большей кривизны.

Для применения портативных твердомеров на боковой поверхности арматурных стержней необходимо исследовать влияние видов обработки на арматурную сталь и подобрать оптимальный вид и режим. После решения проблем с подготовкой поверхности измерения и выбора метода контроля возникает немаловажный вопрос, какую зависимость применять для определения прочности стали по твердости.

В большинстве изданий указаны зависимости, полученные при исследовании сталей прокатных профилей (швеллер, двутавр и др.), применяемых для элементов стальных строительных конструкций. Эти стали характеризуются относительно узким диапазоном прочности, небольшим разнообразием марок и простыми способами термического улучшения. Всего этого нельзя сказать об арматурной стали различных классов.

Не ясно, как будут влиять разнообразие марок стали и видов термомеханического упрочнения арматуры, а также напряженное состояние и другие факторы на используемую зависимость. Однако можно выделить определенную группу арматурных сталей, для которых можно выявить зависимость параметров прочности стали с твердостью.

Цель работы, суть которой изложена в статье заключается в выявлении зависимости перехода от твердости к классу арматурной стали. Принимая во внимание годы постройки сооружения можно отобрать группу классов арматурных сталей, используемых в строительстве в период с 1970 по 2000 года. Для достижения поставленной цели проведены экспериментальные исследования. Они выполнены на образцах из арматурных сталей классов АШВ, АIV, AV. Для определения твердости металла в ходе исследований был использован прибор Константа К5У.

Измерения твердости выполнялись на боковой поверхности образцов, диаметр образцов 10, 12, 14 мм. На каждом стержне производилось по 10 единичных измерений с последующим усреднением значения твердости. Результаты экспериментальных исследований указаны в таблице 1.

Так же показания приборов могут изменяться в зависимости от толщины срезанного поверхностного слоя. На основании этого на каждом образце выполнялось по три шлифа, толщина срезаемого слоя назначалась – 1 мм, 2 мм и 3 мм. На каждом участке проводилось по десять единичных испытаний с последующим их усреднением. Результаты исследований указаны в таблице.

Показания статического твердомера в зависимости от глубины срезаемого слоя

Класс арматурной стали	АШВ			АIV			AV		
	диаметр стержня			12			10		
толщина среза	1 мм	2 мм	3 мм	1 мм	2 мм	3 мм	1 мм	2 мм	3 мм
результаты	12,4	11	10,7	16,8	22,7	22,7	29,7	30,8	30,7
	14,6	13,7	12,4	27,5	23,8	26,2	35,3	31,1	31,6
	15,2	14,3	12,7	27,7	24,9	26,8	36,5	31,9	31,7
	19,2	15,1	13,1	30,2	27,5	26,9	36,5	32,7	33,1
	19,7	16,1	13,1	30,5	28,5	28,5	37,4	32,7	34
	21,1	19,3	16,1	30,7	28,6	29,2	37,6	33	34,2
	21,9	20	16,7	30,8	29	30,5	38,3	33,6	34,8
	22,1	20,3	16,9	32,8	29,9	30,5	39,4	34,4	36
	27,7	20,5	16,9	33,7	31,2	30,6	39,9	35,8	38,4
29,4	21,6	17,2	36,1	34,7	31,1	40,2	36,3	41,3	
Усредненные значения	20,33	17,19	14,48	29,68	28,08	28,3	37,08	33,23	34,58

По данным таблицы 1 легко заметить, что чем ближе к наружной поверхности арматуры, тем выше показания прочности этой арматуры. Поэтому при проведении испытаний в полевых условиях необходимо учитывать величину срезаемого слоя при обработке поверхности.

По результатам проведенных испытаний можно определить зависимость между прочностью образцов и их временным сопротивлением, что поможет нам в определении класса арматурной стали.

$$\sigma_B = 34 \cdot HR + 50. \quad (1)$$

Для определения вышеуказанной зависимости была произведена выборка образцов, по шесть для каждого из исследуемых классов. На каждом образце проводились испытания на разрывной машине и определение твердости с помощью портативного твердомера статического действия Константа К5У. Результаты проведенных испытаний представлены в виде графика на рисунке 1.

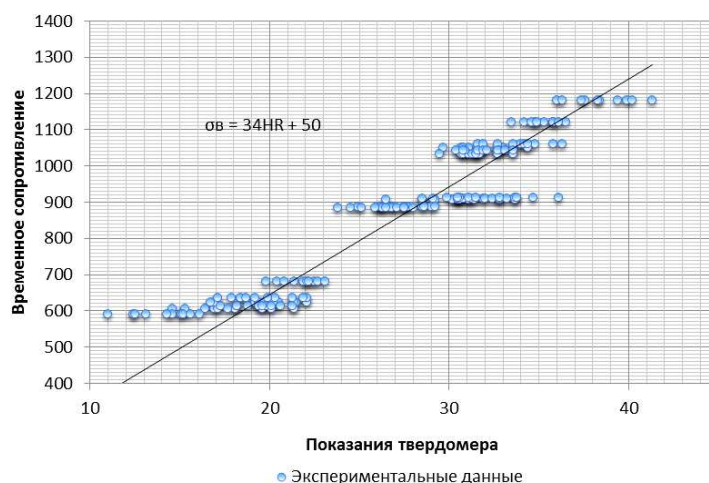


Рис. 1. Линейная зависимость прочности арматурной стали от твердости

После получения экспериментальной зависимости перехода от твердости к классу арматуры, переходим к использованию данной методики непосредственно на объекте.

Обследование выполняется на предварительно напряженных плитах, в которых возможна установка арматуры классов: А-IIIВ или А-IV. (рис. 2).

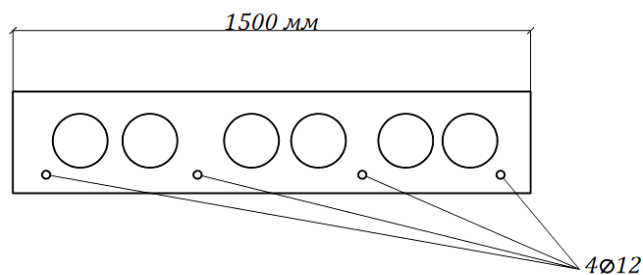


Рис. 2. Предварительно напряженная плита

Апробация производится на реальном объекте, выкупленном фирмой СМ для изменения назначения здания от административного в разряд производственных. В соответствии с техническим проектом на междуэтажных перекрытиях планируется установка станков для производства стеклонити. При использовании арматуры класса S540 (А-IIIВ) несущей способности плит достаточно лишь для восприятия собственного веса и временной нагрузки 200 кг/м^3 , поэтому требовалось уточнение класса арматуры.

Для начала определяем положение арматуры в конструкции при помощи электромагнитного прибора ИЗС 10Н. Вскрытием уточняем диаметр арматуры.

Область вскрытия арматуры дорабатывается до размеров необходимых для определения прочности твердомером Константа К5У.

Ширина вскрываемого участка должна быть не менее диаметра насадки твердомера, длина должна позволять произвести как минимум 5 испытаний. По ГОСТ 22761-77 «Металлы и сплавы. Метод измере-

ния твердости по Бринеллю переносными твердомерами статического действия» расстояние между центрами двух соседних отпечатков должно быть не менее шести диаметров отпечатка, что примерно составляет от 10 до 15 мм. Так как для каждого образца проводилось по пять испытаний, принимаем область вскрытия размером от 65 до 95 мм в длину и от 12 до 16 мм в ширину.

При помощи угловой шлифовальной машинки, либо дрели со специальной насадкой выполняется шлиф в месте действия минимальных изгибающих моментов, не нарушая при этом анкеровки.

Поверхность изделия в месте испытания дорабатывается до необходимой шероховатости с использованием насадки малой зернистости. Параметр шероховатости должен быть не более $Ra=0,32$ мкм.

С учетом ранее проведенных испытаний измерения выполняются на шлифах глубиной 3мм.

Проводятся испытания твердомером Константа К5У. Полученные результаты обрабатываются с последующим их усреднением.

Твердость определяется как среднеарифметическое результатов пяти проведенных измерений, исходя из ранее полученной зависимости:

$$\sigma_B = 34 \cdot 26 + 50 = 934 \text{ МПа.}$$

Данное значение попадает в диапазон значений для класса А-IV (А600).

Параллельно с испытанием твердомером производился контрольный отбор образцов арматуры в месте проектируемого выполнения технологического проема, для испытания по методике ГОСТ 12004. Временное сопротивление $\sigma_B = 950,85$ МПа

Погрешность проведенных измерений составляет 1,8 %, что говорит о возможности применения данного метода на практике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сталь арматурная. Методы испытаний на растяжение: ГОСТ 12004-81.
2. Металлы и сплавы. Метод измерения прочности по Бринеллю переносными твердомерами статического действия: ГОСТ 22761-77.
3. Арматура напрягаемая для железобетонных конструкций. Технические условия: СТБ 1706-2006.
4. Улыбин, А.В. Применение зависимости «прочность – твердость» при обследовании стальных конструкций с помощью портативных твердомеров / А.В. Улыбин, П.А. Рогозин // Стройматериалы. – 2011. – № 4(23). – С. 25–27.
5. Попков, Ю.В. Определение градуировочной зависимости «косвенный показатель – прочность: метод. указания к лабораторной работе для методов контроля прочности бетона / Ю.В. Попков. – Новополоцк, 1986.

УДК 624.21.072

ВЛИЯНИЕ ПРИГРУЗА НА ОСАДКУ ОСНОВАНИЯ

Ю.А. ИВАНОВ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. В.Н. КИСЕЛЕВ)

Рассматривается вопрос определения влияния пригруза на осадку основания. Используя имеющиеся методы расчета, а также математический аппарат, в ходе исследования получены оптимальные формулы для определения осадки.

Влияние пригруза на осадку основания в условиях плоской задачи

Для основания, рассматриваемого в условиях плоской задачи пригруз может располагаться лишь на продолжении оси балки.

Расчленим балку на участки одинаковой длины, количество которых следует принимать в зависимости от желаемой степени точности получаемого решения. Для учета влияния пригруза расчленим и упругое основание на участки той же длины.

Заменим пригруз, распределенный по произвольному закону ступенчатой эпюрой со ступенями, равными длине принятых участков. В пределах же каждого участка будем пригруз заменять его равнодействующей.

Таким образом, распределенный пригруз можно представить в виде системы сосредоточенных сил, приложенных по серединам соответствующих участков (рис. 1).