

М.Б. Жаманбалин*

Карагандинский филиал РГП «КазСтандарт»

*e-mail: m.zhamanbalin@ksm.kz

О ПРОИЗВОДСТВЕ ЭТАЛОННЫХ МЕР ТВЕРДОСТИ В КАЗАХСТАНЕ

Аннотация. В этой статье представляется информация о производстве в Карагандинском филиале РГП «КазСтандарт» эталонных мер твердости второго разряда, краткая информация о состоянии производства мер твердости в мире, исследованиях, проведенных на данном предприятии при разработке технологии их производства.

Ключевые слова: измерения твердости, меры твердости, число твердости, шкалы твердости, термообработка.

Введение. В современном производстве оценка качества и надежности металлопродукции, а также контроль технологических процессов в промышленности неразрывно связан с механическими испытаниями материалов и в частности, с измерениями твердости. Измерения твердости отличаются простотой и высокой производительностью, возможность производить испытания, без изготовления специальных образцов прямо на поверхности изделия, несущественно нарушая при этом его прочность.

Эталонные меры твердости используются на предприятиях металлургии, машиностроения, горно-рудной промышленности, транспорта, энергетики. Они предназначены для проведения поверки/калибровки, а также настройки стационарных и портативных приборов для измерений твердости по шкалам Бринелля, Виккерса, Роквелла и Супер-Роквелла.

В Казахстане исторически отсутствовало производство мер твердости, их ввозили в основном из России (ЦФМИ «МЕТ», ПО «Точприбор»). Таким образом, производство мер твердости в Республике Казахстан является новым и перспективным направлением в сфере производства средств измерений, при этом потребность предприятий в использовании мер твердости высока, и более того, ожидается дальнейшее возрастание спроса в связи с открытием новых производств.

Производимые КФ РГП «КазСтандарт» эталонные меры твердости проходят метрологическую аттестацию на государственных эталонах твердости по шкалам Бринелля, Виккерса, Роквелла и Супер-Роквелла [1]. Калибровочные и измерительные возможности двух последних из вышеупомянутых эталонов подтверждаются международными сличениями в рамках КОOMET и опубликованы на сайте МБМВ [2].

Основной задачей производства эталонных мер твердости является повышение уровня метрологического обеспечения поверкой/калибровкой рабочих средств измерений твердости, используемых в промышленных предприятиях Республики Казахстан.

Разработка технологии производства.

Основное требование к мере твердости – однородность рабочей поверхности и стабильность физико-механических свойств во времени. Критерием однородности является размах чисел твердости. За твердость меры принимается среднее арифметическое результатов измерений пяти отпечатков.

При разработке технологии рассматривались факторы, влияющие на однородность мер твердости, а также на основании исследовательских работ были выбраны марки и сортамент сталей.

Во всех странах при производстве мер твердости используются различные технологии их изготовления. Технология производства каждого изготовителя уникальна, т.к. сказываются различия в используемых сталях. Национальные стандарты имеют собственные требования к

химическому составу и структуре сталей. В таблице 1 приведен химический состав сталей, используемых при производстве мер твердости в некоторых странах.

Таблица 1. **Химический состав сталей, применяемых в различных государствах**

Страна-изготовитель	Обозначение стали	Химический состав стали, %									Марка стали по национальным НД
		C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	W	V	
Япония	SK4	0,9	0,36	0,25	0,013	0,007	0,04	-	-	-	У9А
Япония	JWP9	0,87	0,33	0,32	0,018	0,009	0,04	0,13	-	-	У8-У9А
США	01	0,95	1,27	0,24	0,026	0,015	0,5	-	-	-	ХГС
Великобритания	2S31	1,0	1,2	0,2	0,03	0,01	0,6	0,5	0,2	0,4	ХВГ

В процессе разработки технологии производства мер твердости был проведен химический и микроструктурный анализ мер твердости производства ПО «Точприбор», 1989 года выпуска. Результаты анализа приводятся в таблице 2.

Таблица 2. **Исследования мер твердости производства ПО «Точприбор»**

Число, шкала твердости	Химический состав, %			Марка стали	Макроструктура	Микроструктура
	C	Mn	Si			
25 HRC	0,96	0,33	0,32	У10	1 балл	Равномерный сорбит
61 HRC	Стилоскоп			У10		Тростит закалки
104 HB	0,11	0,60	0,33	Ст10		Равномерная феррито-перлитная
203 HB	1,00	0,30	0,22	У10		Равномерный сорбит

В таблице 3 показаны требования к химическому составу сталей У8А-У10А, ХГ, ХВГ, используемых для производства мер твердости.

Таблица 3. **Требования к химическому составу сталей**

Марка стали	Химический состав стали, %							Источник
	C	Mn	Si	P	S	Cr	W	
У8А	0,75-0,84	0,17-0,28	0,17-0,33	0,025	0,018	-	-	ГОСТ 1435-99
У9А	0,85-0,94	0,17-0,28	0,17-0,33	0,025	0,018	-	-	ГОСТ 1435-99
У10А	0,95-1,09	0,17-0,28	0,17-0,33	0,025	0,018	-	-	ГОСТ 1435-99
ХГС	0,95-1,05	0,85-1,25	0,4-0,7	-	-	1,3-1,65		ГОСТ 5950-2000
ХВГ	0,9-1,05	0,8-1,1	0,1-0,4	-	-	0,9-1,2	1,2-1,6	ГОСТ 5950-2000

Проведенные исследования и последующий анализ показывают, что для производства в большинстве используются углеродистые и легированные стали.

Сортамент сталей, используемых при производстве мер твердости также индивидуален. В Японии меры твердости изготавливаются из кованных заготовок, в Швейцарии (компания НМТ) используется технология порошковой металлургии, остальные страны используют в основном прокатанную полосу.

Нагрев под закалку в РФ, Великобритании, Польше проводится в соляных ваннах разного состава, а в Японии, Чехии в электрических печах. Также различаются закалочные среды: для легированных сталей – масло, углеродистых – вода или водные растворы едкого натра или поваренной соли. После закалки некоторые изготовители используют обработку холодом. Отпуск проводится в масляных ваннах (РФ, Япония), соляных ваннах (Польша, США) или в электропечах (Великобритания, РФ) с искусственной циркуляцией среды.

В целях снижения затрат при производстве мер твердости, изготовители используют по возможности наименьшую номенклатуру и наиболее дешевые марки сталей.

При производстве мер твердости применяется конверсия чисел твердости по различным шкалам твердости, к примеру, меры твердости 25 HRC соответствуют уровню твердости 200 HB. На рисунке 1 показано соотношение уровней различных шкал и методов измерений твердости к HV30 [3].

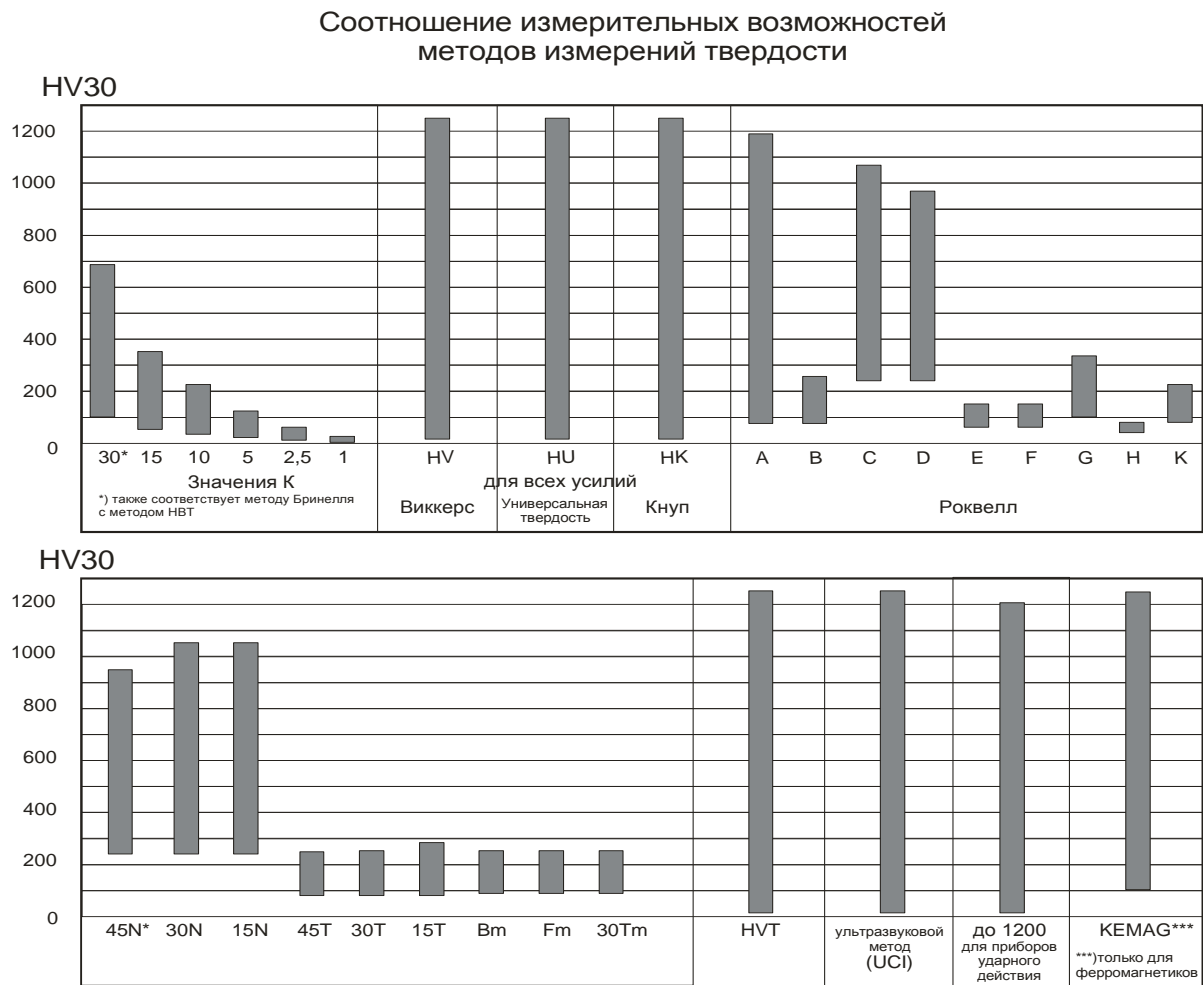


Рисунок 1. Соотношение уровней различных шкал и методов измерений твердости к шкале твердости Виккерса HV30

На основании вышеприведенной информации и опытного изготовления образцов твердости определяются основные факторы, оказывающие влияние на неоднородность мер твердости, к которым относятся:

- 1) состав и марка стали;
- 2) металлургическое производство на стадии выплавки (качество сталей, дополнительная обработка переплавом со шлаком, величина зерна);
- 3) сортамент металлопроката, т.е. способ прокатки, влияющий на микроструктуру;

- 4) способ изготовления заготовок (резка, фрезерование);
- 5) термообработка;
- 6) шлифование, полирование.

Способ выплавки сталей оказывает влияние на чистоту сталей от примесей, строения границ зерна. Повысить однородность мер твердости позволяет использование сталей, при производстве которых использовался электрошлаковый переплав или выдержка стали под вакуумом. Вакуумный переплав освобождает сталь от скрытых примесей – азота, кислорода, водорода и неметаллических включений. Вакуумные насосы выкачивают газообразные окислы CO, CO₂ и H₂O и уменьшают содержание кислорода в стали. Электрошлаковый переплав освобождает сталь от неметаллических включений – серы, фосфора и др. При этом процессе происходит замедление кристаллизации металлической ванны снизу вверх, что позволяет очистить сталь от газов, вредных примесей и неметаллических включений.

В [4] рекомендуется применение мер твердости прямоугольной формы, изготавливаемых из полос, которые прокатываются с высокой степенью обжатия, что положительно влияет на однородность. Также полоса для заготовки выбирается по возможности приближенной по толщине заготовке, т.к. чем меньше толщина полосы, тем большей степени обжатия она подвергается.

Согласно отчету [5] при шлифовании деталей могут возникать прижоги и поверхностные напряжения, образование вторичного закаленного слоя, неоднородное снижение твердости, если глубина резания при шлифовании выходит из определенных пределов и не принимаются меры к достаточному охлаждению деталей.

Технология производства мер твердости, как эталонных средств измерений сложная и трудоемкая. По данным ПО «Точприбор» брак на стадии изготовления заготовок доходит до 90 %, а готовой продукции около 40 %.

Этапы развития собственного производства.

В 2010 году РГП «КазСтандарт» на базе филиала в г. Караганде впервые в Республике освоил мелкосерийное производство мер твердости по шкалам Бринелля, Роквелла и Супер-Роквелла. Технические и метрологические характеристики производимых мер твердости представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3. Технические и метрологические характеристики мер твердости по Бринеллю МТБ-К

Шкала твердости НВ (НВW)	Интервалы чисел твердости, НВ (НВW)	Размах чисел твердости, не более, %	Масса, не более, кг
10/3000	(400 ± 50); (200 ± 50)	3,0	1,6
10/1000	(100 ± 50)	4,0	
5/750	(400 ± 50); (200 ± 50)	3,0	

Таблица 4. Технические и метрологические характеристики мер твердости по Роквеллу МТР-К и Супер-Роквеллу МТСР-К

Шкала твердости	Интервалы чисел твердости, HR	Размах чисел твердости, не более, HR	Габаритные размеры, (длина × ширина × высота), не менее, мм	Масса, не более, кг
HRA	83 ± 3	0,6	60×40×6	0,24
HRB	90 ± 10	1,2		

HRC	25 ± 5	1,1		
	45 ± 5	0,8		
	65 ± 5	0,5		
HRN15	92 ± 2	0,6		
HRN30	80 ± 4	0,6		
	45 ± 5	1,1		
HRN45	49 ± 6	1,1		
HRT30	76 ± 6	1,2		
		45 ± 5	1,8	

В 2017 году освоено производство нового типа эталонных мер твердости по шкалам Виккерса МТВ-К, которые изготавливаются в соответствии с [6]. К мерам твердости Виккерса предъявляются высокие требования по шероховатости рабочей поверхности (параметр шероховатости Ra не более 0,04 мкм [7], [8], [9]) по сравнению с мерами других шкал, что значительно увеличивает трудоемкость их производства. Ниже приводится таблица 5 с метрологическими характеристиками мер твердости по Виккерсу 2-го разряда [6].

Таблица 5. Метрологические характеристики мер твердости по Виккерсу

Испытательная нагрузка, Н	Число твердости	Размах значений твердости, %, не более
1	450 ± 75	5,0
	800 ± 50	
5, 10	450 ± 75	3,0
	800 ± 50	
20, 30, 50	450 ± 75	2,0
	800 ± 50	

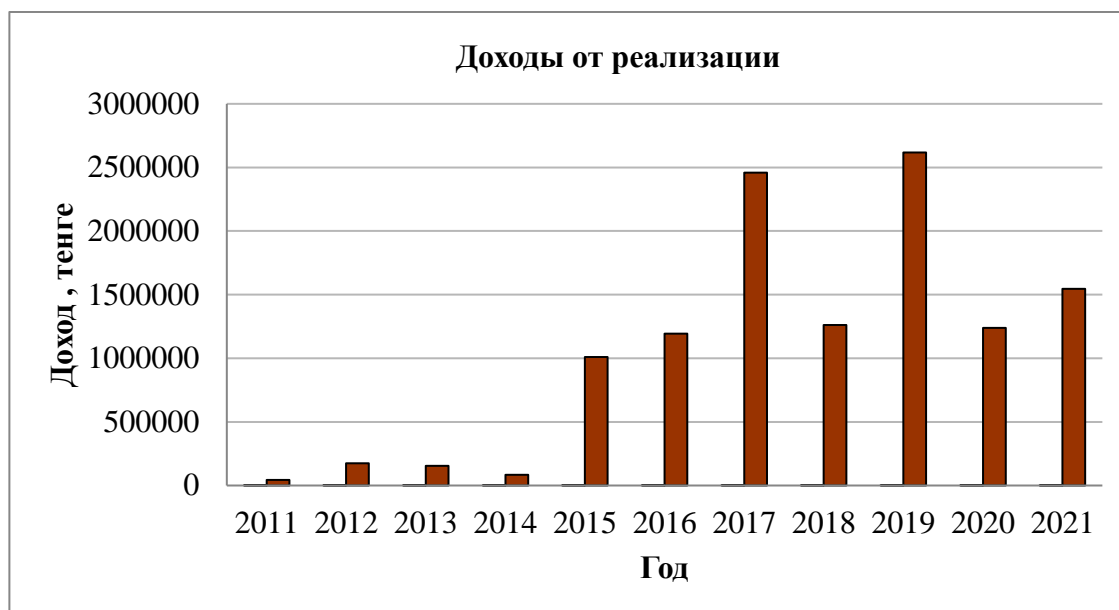
На рисунке 2 представлен общий вид мер твердости, изготавливаемых КФ РГП «КазСтандарт».



Рисунок 2. Общий вид мер твердости

Заключение. В 2020 году доля казахстанского содержания мер твердости КФ РГП «КазСтандарт» повысилась с 61,1 % (по состоянию на 2016 год) до (97,2-98,4) % для мер твердости МТР-К и МТСР-К и (81,0-89,7) % для мер твердости МТВ-К.

С 2010 года объем производства мер твердости вырос в 4 раза. Распределение объемов реализации до 2021 года показано на рисунке 3.



Примечание: за 2021 г. – по состоянию на конец июня 2021 г.

Рисунок 3. Объемы реализации мер твердости

В процессе производства мер твердости возникают проблемы, касающиеся зависимости от сторонних предприятий при выполнении ими субподрядных работ – резка заготовок, фрезерование, шлифование [8], что приводит к значительному увеличению стоимости изготовления мер твердости.

С целью оптимизации деятельности по производству эталонных мер твердости и снижения расходов на постоянной основе экспериментальным путем проводится пересмотр некоторых технологических операций при термической обработке партии заготовок эталонных мер твердости в зависимости от результатов метрологической аттестации. Таким образом, это позволит обеспечить внутренний рынок Казахстана достаточным количеством мер твердости по приемлемым ценам.

Перспективы развития производства предусматривают следующие шаги [10]:

- 1 приобретение технологического оборудования;
- 2 продолжение работ, связанных с повышением качества продукции.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] РМГ 83-2007 «ГСИ. Шкалы измерений. Термины и определения».
- [2] Metrologia, 2009, 46, Tech. Suppl., 07001 COOMET.M.H-S1 Final Report, 2009, 12 pages.
- [3] Herrmann K. Hardness testing. Principles and application – 1-е изд. - USA: ASM International, 2011. - 247 с.
- [4] Волкова Е.А., Смирнов А.В. – «Неоднородность мер твердости из углеродистой стали и способы ее устранения. Труды ВНИИМ. Выпуск 50: – Л. Стандартгиз. 1961.
- [5] Отчет НИКИМП №895 – «Исследование технологических процессов изготовления образцовых мер твердости к прибору ТК-2»: М. – 1961.
- [6] ГОСТ 9031-75 «Меры твердости образцовые. Технические условия».
- [7] ISO 6506-3:2014 Metallic materials - Brinell hardness test - Part 3: Calibration of reference blocks.
- [8] ГОСТ 2789-73 Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики.
- [9] Кремьен З.И., Юрьев В.Г., Бабочкин А.Ф. Технология шлифования в машиностроении, 2015, 143 с.
- [10] Жаманбалин М.Б. Производство эталонных мер твердости // Метрология. - 2016. № 3, С.12-14.

REFERENCES

- [1] RMG 83-2007 «GSI. Shkaly izmerenii. Terminy i opredeleniya».
- [2] Metrologia, 2009, 46, Tech. Suppl., 07001 COOMET.M.H-S1 Final Report, 2009, 12 pages.
- [3] Herrmann K. Hardness testing. Principles and application – 1-e izd. - USA: ASM International, 2011. - 247 c.
- [4] Volkova E.A., Smirnov A.V. – «Neodnorodnost' mer tverdosti iz uglerodistoi stali i sposoby ee ustraneniya. Trudy VNIIM. Vypusk 50: – L. Standartgiz. 1961.
- [5] Otchet NIKIMP №895 – «Issledovanie tekhnologicheskikh protsessov izgotovleniya obraztsovykh mer tverdosti k priboru TK-2»: M. – 1961.
- [6] GOST 9031-75 «Mery tverdosti obraztsovye. Tekhnicheskie usloviya».
- [7] ISO 6506-3:2014 Metallic materials - Brinell hardness test - Part 3: Calibration of reference blocks.
- [8] GOST 2789-73 Sherokhovatost' poverkhnosti. Parametry i kharakteristiki.
- [9] Kremen' Z.I., Yur'ev V.G., Baboshkin A.F. Tekhnologiya shlifovaniya v mashinostroenii, 2015, 143 s.
- [10] Zhamanbalin M.B. Proizvodstvo etalonykh mer tverdosti // Metrologiya. - 2016. № 3, S.12-14.

М.Б. Жаманбалин*

«ҚазСтандарт» РМК Қарағанды филиалы

*e-mail: m.zhamanbalin@ksm.kz

ҚАЗАҚСТАНДА ҚАТТЫЛЫҚТЫҢ ЭТАЛОНДЫ ШАРАЛАРЫН ӨНДІРУ ТУРАЛЫ

Андатпа. Мақалада «ҚазСтандарт» РМК Қарағанды филиалында екінші разрядтағы қаттылық өлшеуіштер өндірісі, қаттылық өлшеуіштердің әлемдегі өндірісінің жағдайы туралы қысқаша ақпарат, осы кәсіпорында оларды өндіру технологиясын дамыту үшін жүргізілген зерттеулер туралы ақпараты ұсынады.

Негізгі сөздер: қаттылық өлшеуі, қаттылық өлшеуіштер, қаттылық саны, қаттылық шкалалар, термоөңдеу.

M.B. Zhamanbalin*

Karaganda branch of RSE «KazStandart»

*e-mail: m.zhamanbalin@ksm.kz

ABOUT PRODUCTION OF REFERENCE MEASURES OF HARDNESS IN KAZAKHSTAN

Abstract. This article provides information on the production in the Karaganda branch of the RSE "KazStandard" of reference hardness blocks of the second rank, brief information on the state of production of hardness blocks in the world, research carried out at this enterprise in the development of technology for their production.

Keywords: hardness measurement, hardness test blocks, number of hardness, hardness scales, heat treatment.