

## ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ, НА УРОВЕНЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПО КОЭРЦИТИВНОЙ СИЛЕ ПРИ СООТВЕТСТВИИ ВТУЛОК ЦИЛИНДРОВ ТРЕБОВАНИЯМ ТУ

Т. С. Скобло, проф., д.т.н., М. В. Марченко, доцент,  
Н. Г. Поздняков, ассистент

*(Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко)*

*У роботі встановленні ймовірні похибки, при використанні неруйнівного методу контролю якості з коерцитивною силою, що пов'язані з обладнанням, професіоналізмом оператора, впливом зовнішнього середовища, структурного фактору.*

Для разработки браковочных норм по коэрцитивной силе, исходя из требований нормативно - технической документации, необходимо выполнить оценку влияния различных факторов на уменьшение ошибки измерений при испытаниях. Использование метода неразрушающего контроля также требует установить возможную ошибку измерений, связанную с оборудованием, профессионализмом оператора, влиянием окружающей среды. Такой подход обеспечит наиболее достоверную оценку полученных результатов по применению неразрушающего метода контроля качества втулки по коэрцитивной силе.

При производстве втулок часто меняется шихта, в связи с этим технические требования на их изготовление уточняются и согласовываются между производителем и потребителем.

Предприятие изготовитель "Мотордеталь - Правекс" поставяет втулки цилиндров по структуре чугуна с учетом стандарта ISO 945. Допускается на внутренней поверхности втулки в пределах 2/3 припуска на механическую обработку наличие единичных неметаллических включений, мелких раковин, местных рыхлот. Такие допущения возможны в связи с тем, что зеркало втулки цилиндров подвергается механической обработке.

При изготовлении втулок цилиндра основным оценочным критерием качества является твёрдость.

Условия проведения измерения твёрдости для сталей и сплавов на основе железа непригодны для серого чугуна, содержащего графит. Измерение твёрдости серого чугуна проводят шариком диаметром 2,5 мм и в большинстве случаев, это даёт не стабильные результаты из-за большой гетерогенности структуры. Твёрдость, измеренная шариками диаметром 5 и 10 мм, также имеет некоторый разброс значений. Рейнигер [1] исследовал машиностроительные и центробежно-литые сплавы различной твёрдости. Серия опытов дали возможность определить соотношение чисел твёрдости, измеренных шариком диаметром 5 и 10 мм. Исследования структуры показали, что влияние размера шарика на показания твёрдости определяется прежде всего количеством, величиной и распределением включений

графита.

Впоследствии Рейнигер рекомендовал поправку, по которой можно сопоставлять результаты измерений твердости при испытаниях (10/3000/30) и (5/750/30). При этом в проведенных исследованиях не приводился химический состав анализируемых чугунов.

Если по каким либо причинам предлагается проводить испытания по схеме (5/750/30), то полученные результаты следует корректировать и соответствующими поправками привести их к числам твердости, измеренным по схеме (10/3000/30). Принятое в практике соотношение: величина НВ (10/3000/30) = величине НВ (5/750/30) в большинстве исследованных случаев не соблюдается и нуждается в корректировке

Для установления зависимости твердость - коэрцитивная сила было проанализировано 504 втулки. Замер твердости осуществляли:

- на предприятии "Мотордеталь-Правэкс";
- контрольные проверки осуществляли на Харьковской фирме "Универсал-комплект" и в ХНТУСХ им. П. Василенко, а также на Лулугинском заводе прокатных валков.

Множественные измерения и проверки связаны с тем, что уровень значений твердости изменяется, главным образом, в пределах 7,0-12,0%. В ряде случаев эта величина существенно выше и достигает 16,0-57,0%. Изменение интервала по ТУ между минимальным и максимальным значением составляет 23%.

Для определения точности замеров твердости анализ отпечатков проводили в разный период времени и на разных предприятиях. Таким образом, было определено, что один оператор в разное время дня на одной и той же пробе дает отличающиеся оценки значений твердости по одному и тому же отпечатку (табл. 1)

Таблица 1. Погрешность в определении оператором измерений твердости

№ плавки	средняя НВ	Условный период времени измерений		
		1	2	3
560	237	235	235	241
550	236	241	241	223
552	243	248	235	248
545	235	223	241	241
539	236	241	241	223
528	232	235	228	235
557	247	248	248	241
516	236	223	241	241
553	244	241	255	235
558	242	248	241	235

Из приведенных данных можно сделать вывод, что ошибка оператора в среднем составляет 2,6%, это соответствует 0,05 мм диаметра отпечатка шарика на темплене. Диаметр отпечатка измеряли микроскопом МБ-2 с линейным полем зрения 9 мм и шкалой до 6,5 мм с увеличением X24; точность отпечатка составляла 0,01 мм. Проанализировав вышеперечисленные факторы, можно сказать, что ошибка оператора незначительно влияет на оценку твердости, и находится в пределах точности измерений прибором, а следовательно ее можно не учитывать при колебаниях значений в

этом интервале результатов.

При проведении исследований выполнили дублирующие измерения твердости на разных предприятиях (табл. 2).

Таблица 2. Значения твердости полученные на одних и тех же образцах в различных предприятиях

Условный номер образца и место замера поверхности		"Мотордеталь-Правэкс"	Лугунинский завод прокатных валков	ХНТУСХ им. П. Василенко
2-1	наружная	302	285	285
	средняя	302	285	-
	внутренняя	269	269	277
2-2	наружная	302	302	298
	средняя	302	293	-
	внутренняя	269	262	277
7-1	наружная	269	269	262
	средняя	255	255	-
	внутренняя	241	229	241
7-2	наружная	255	255	245
	средняя	255	235	-
	внутренняя	241	229	232
53-1	наружная	229	-	-
	средняя	241	-	-
	внутренняя	217	-	210
53-2	наружная	217	-	-
	средняя	241	229	-
	внутренняя	217	192, 179 W	-
55-1	наружная	241	207, 223	223
	средняя	241	223	-
	внутренняя	207	192	207
55-2	наружная	241	229, 229	223
	средняя	241	217	-
	внутренняя	207	217, 197 W	207
75-1	наружная	269	225, 241 W	241
	средняя	255	241	-
	внутренняя	241	229, 197 W	219
75-2	наружная	269	255	242
	средняя	255	229	-
	внутренняя	241	223	226

Примечание: W – измерения, выполненные на одном уровне, но с разных сторон темплага;



- знаком указан одинаковый уровень твердости;

отклонения в твердости составляют 18% от средних значений равный 242 НВ

Сопоставительные исследования показали, что из 30 измерений совпадают лишь 37% случаев, а остальные отличаются на 8-44 ед. НВ (при средней твердости 242,1 НВ), т.е. разброс значений составляет 3,3-18,2% (в среднем 17,8%). Такая разница в оценке характерна не только для измерений на различных участках одного уровня по сечению заготовки различными предприятиями, но и одним предприятием. Так, измерения твердости на одном темплете и уровне (оценка с двух сторон на симметричных участках) показали отклонения равные 6,6-13,2%, в среднем 9,3% (различия составили 16, 32 и 20 ед. НВ).

Наблюдаемое связано со структурными изменениями (неоднородностью), фазовым составом, свойствами. Поскольку измерение твердости – относительно локальная оценка неоднородного материала, о чем свидетельствуют колебания значений, а коэрцитивная сила – усредненная (определяет показания на площади значительно большей протяженности), то следует признать достаточно достоверным определение твердости по коэрцитивной силе, где ошибка по отношению к представленной линейной зависимости составляет 0-7,5% (определяется степенью легированности материала).

Оценку связи твердость – коэрцитивная сила проводили по представительным 10 втулкам от различных плавок, произведенных в течении года. Измерения дополнительно выполнены и на Харьковской фирме “Универсалкомплект”. Установлено, что твердость изменяется в пределах 212-293 НВ, т.е. её значения в отдельных случаях находятся на уровне ниже нижнего и выше верхнего пределов, оговоренных требованиями ТУ.

В этих случаях имеют место отклонения в формируемой структуре по форме графита, а также доле феррита и цементита (более 5% каждого).

Для определения уровня коэрцитивной силы использовали коэрцитиметры марки КРМ – Ц.

Контроль различных изменяющихся факторов возможен при наличии однозначной зависимости между ними и коэрцитивной силой. Эта зависимость, а также браковочные нормы для конкретных условий, определяются индивидуально для каждого типа изделия, способа его изготовления и материала.

Поэтому для разработки браковочных норм оценки качества втулок цилиндров, изготовленных из серого чугуна методом центробежного литья, целесообразно провести исследования и на основании статистической обработки их результатов установить зависимости изменения коэрцитивной силы от основных показателей качества – твердости и прочности, структуры с учётом требований ТУ.

Преобразователь для коэрцитиметра марки КРМ-Ц может быть изготовлен различной формы для удобства замера коэрцитивной силы. Для определения влияния размера преобразователя были проведены специальные измерения.

Для определения влияния размера шупа (магнитов) на показания коэрцитивной силы было проведено ряд замеров на вырезанном темплете. Замеры проводили как по плоской поверхности так и по кольцу. Так же были проведены замеры по самой втулке, в двух её плоскостях в осевом и поперечном положении шупа (табл. 3).

Таблица 3. Показания при замерах коэрцитивной силы различными щупами

Номер отливки	Твёрдость НВ	Большой щуп				Малый щуп	
		по образующей		по плоскости	по кольцу	по плоскости	по кольцу
		вдоль	поперек				
1	229	10,1	9,5	12,1	11,7	11,5	11,4
	229	10,3	9,7	11,7	11,6	11,1	10,8
	229	10,4	9,8	12,0	12,0	11,1	10,9
2	235	9,8	9,2	12,1	11,1	10,4	10,8
	229	10,0	9,3	11,9	11,3	10,9	10,8
	235	10,1	9,6	11,8	11,2	10,9	10,6
3	241	9,9	9,4	12,6	11,4	11,2	12,5
	241	9,8	9,4	12,8	10,7	10,8	11,4
	241	9,6	9,1	12,3	10,8	11,5	11,6
4	229	10,9	-	11,7	12,1	12,4	10,7
	229	10,6	9,8	11,5	12,4	12,2	10,7
	241	10,5	-	11,7	11,9	12,1	11,2
5	229	10,1	9,5	12,2	12,1	12	11,6
	235	10,6	9,9	12,0	10,7	11,1	11,4
	229	10,2	9,7	11,4	11,0	10,7	10,3
6	229	9,6	9,7	11,2	10,9	10,6	10,4
	235	10,0	9,3	11,5	11,3	11,1	10,6
	229	9,7	9,2	11,1	10,8	10,0	9,7

Как видно из полученных данных, размеры щупа незначительно влияют на показания коэрцитивной силы и составляют порядка 2,5%, что находится в пределах погрешности прибора.

Однако разброс между значениями по плоскости поверхности (по кольцу) и по втулке (отливке) существенный. Для определения зависимости было проанализировано свыше 300 замеров как по кольцу так и по отливке.

Проведение замеров коэрцитивной силы на литой поверхности даёт в среднем 12% отклонений по сравнению с кольцом (технологическая проба). Это связано с формой оцениваемой поверхности. Как выявили статистические исследования оценку твёрдости на литой поверхности можно использовать для определения этого показателя на кольце по зависимости:

$$H_{\text{с кольца}} = 1,12 H_{\text{с цилиндрической литой поверхности (по образующей)}}$$

Для оценки влияния температуры окружающей среды были проведены сопоставительные эксперименты. Измерения проводили при комнатной температуре и непосредственно после изъятия втулки из центробежной машины.

Установлено, что до 50°C измеряемой поверхности не отмечается отклонений в показаниях коэрцитивной силе для втулок, которые изготовлены из низколегированного чугуна. В отличие от стальных изделий чугунные втулки не следует подвергать даже кратковременным измерениям при температурах, близких к магнитному превращению цементита, поскольку при этом возникают локальные напряжения (магнестрикционный эффект), который как показано в работе [2] изменяет напряженное состояние в металле и уровень коэрцитивной силы на 5-7% при содержании структурно свободного цементита более 5-10%.

Влияние на показания может оказывать и налагаемое внешнее магнитное поле. Его следует избегать.

Важным является определить не только влияние структурного фактора на показания коэрцитивной силы, но и выявить наиболее тесную связь рассмотренных факторов.

### Список литературы:

1. Пивоварский Е. Высококачественный чугуи. / Е. Пивоварский перевод с нем. Е. К. Захарова. Под ред. И. Н. Богачева и Б. Г. Ливища. Т. 1 – М.: Металлургия, 1965. – 650с.
2. Скобло Т.С. Прокатные валки из высокоуглеродистой стали. / Т.С.Скобло – М.: Металлургия, 1994. – 386 с.

### Аннотация

#### **ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ, НА УРОВЕНЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПО КОЭРЦИТИВНОЙ СИЛЕ ПРИ СООТВЕТСТВИИ ВТУЛОК ЦИЛИНДРОВ ТРЕБОВАНИЯМ ТУ**

*В работе установлены возможные ошибки, при использовании неразрушающего метода контроля качества по коэрцитивной силе, связанные с оборудованием, профессионализмом оператора, влиянием окружающей среды.*

### Abstract

#### **INFLUENCE OF DIFFERENT FACTORS, ON Y-LEVEL OF INDEXES OF QUALITY ON COERCITIVITY AT ACCORDANCE OF HOBS OF CYLINDERS TO REQUIREMENTS TU**

*Possible errors are in-process set, at the use of non-destructive method of control internals on a coarctivity, related to the equipment, professionalism of operator, influence of environment.*