

На основе полученных данных планируемая прибыль предприятия составила 83,9 тыс. грн. В год при объеме внедрения 817 шт. валов.

Анотація

Эффективности відновлення первинного валу КПП трактора Т-150 нанесенням покриття з використанням лазерного променя

Технологічні можливості лазерного термозміцнення дозволяють використовувати цей процес в якості заключної операції без подальшої механічної обробки і мають велику економічну ефективність.

Abstract

Efficiency of renewal of primary billow of BVT tractor by T-150 causing of coverage with the use of laser ray

Technological possibilities of laser hard-tempered allow to use this process as a final operation without the subsequent tooling and have large economic efficiency.

УДК 621.793.7

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ ВЛИЯЮЩИХ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВЯЗИ ТВЁРДОСТЬ – КОЭРЦИТИВНАЯ СИЛА

Скоблю Т.С., д. т. н., проф., Сидашенко А.И., к. т. н., проф.,
Марченко М.В. ассистент

(Харьковский национальный технический университет им. Петра Василенка)

В работе исследованы возможные причины колебаний значений твердости и их влияние на результаты измерений коэрцитивной силы.

При изготовлении втулок цилиндра основным оценочным критерием качества являются уровень твёрдости и прочности, а также форма и количество графита. Техническими требованиями на производство втулки цилиндра для малых судов (6Д49.36.01) оговорена твердость в пределах 217-269НВ. Это обеспечивается химическим составом и структурой чугуна.

Для определения твёрдости применяют чаще всего метод вдавливания по Бринеллю. Эту характеристику оценивают на кольцах, отобранных от втулки каждой партии. Испытания приводят к большим затратам по вырезке образцов, проведению замеров и потерям металла. Поэтому для уменьшения затрат, снижения расхода металла, возможности контроля каждой втулки предприятия попытка связать основную сдаточную характеристику - твердость с коэрцитивной силой. Твёрдость измеряли шариком диаметром 10 мм при нагрузке 3000 кг. Измерения производят на полированной плоскости поперечного сечения по обеим

сторонам образца. Отпечатки располагали на расстоянии $1/2$ радиуса шарика от центра образца и на противоположной стороне темплета на расстоянии $2/3$ радиуса, причём они лежат один против другого. Чтобы получать сравнимые числа твёрдости, необходимо выполнить требование $P = aD^2$, т. е. чтобы нагрузка была пропорциональна квадрату диаметра шарика, причём для стали и сплавов $a = 30$, а диаметр шарика D равен 2,5; 5 или 10 мм.

Условия проведения измерения твёрдости для сталей и сплавов на основе железа непригодны для серого чугуна, содержащего графит. Измерение твёрдости серого чугуна шариком диаметром 2,5 мм в большинстве случаев даёт ошибочные результаты из-за большой гетерогенности структуры. Твёрдость, измеренная шариками диаметром 5 и 10 мм, также оказывается неодинаковой. Рейнигер [1] исследовал машиностроительные и центробежнолитые сплавы различной твёрдости. Серии опытов дали возможность определить соотношение чисел твёрдостей, измеренных шариком диаметром 5 и 10 мм. Исследования показали, что влияние размера шарика на твёрдость определяется прежде всего количеством, величиной и распределением включений графита.

Впоследствии Рейнигер подтвердил влияние графита и его количества на различие в результатах замеров и рекомендовал поправку, по которой можно сопоставлять результаты измерений твёрдости 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 НВ (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

Целью настоящих исследований планировалось установить возможные причины колебаний значений твердости и их влияние на результаты измерений коэрцитивной силы.

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

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

Множественные измерения и проверки связаны с тем, что уровень значений твердости изменяется, главным образом, в пределах 7,0-12,0% табл.1. 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 дает отличающиеся оценки значений твердости по одному и тому же отпечатку (табл.1)

Таблица 1. Оценка оператором твердости в разные периоды времени

№ 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 темплете. Диаметр отпечатка измеряли микроскопом МБ-2 с линейным полем зрения 9 мм и шкалой до 6,5 мм с увеличением X24; точность отпечатка составляла 0,1 мм. Проанализировав вышеперечисленные факторы можно сказать, что ошибка оператора не значительно влияет на оценки 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).

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, см. табл.2). Наблюдаемое связано со структурными изменениями (неоднородностью), фазовым составом свойствами. Поскольку измерение твердости – относительно локальная оценка довольно 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).

Таблица 2. – Значения твердости полученные на различных предприятиях

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

Примечание: Отклонения в твердости равны: 17; 8; 9; 15; 7; 12; 10; 10; 12; 7; 12; 13; 34; 18; 44; 14; 44; 27; 18; 18; 24 ед. НВ, что в среднем составляет 17,8% от усредненной твердости равной 242 НВ;

W – измерения, определенные на одном уровне, но с разных сторон темплета;

↔ - знаком указан одинаковый уровень твердости.

Оценку связи твёрдость – коэрцитивная сила по представительным 10 втулкам приведена в табл.3. В табл. представлены измерения выполненные на Харьковской фирме “Универсалкомплект”. Установлено, что твёрдость изменяется в пределах 212-293НВ, 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).

В работах [2-8] показано, что магнитный метод особо чувствителен к структуре, и она определяет твердость. Поэтому целесообразно проводить оценку такой взаимосвязи магнитным методом.

Для определения уровня коэрцитивной силы использовали коэрцитиметры (отличаются размерами щупов) марки КРМ – Ц, разработанные и изготовленные фирмой “Специальные научные разработки”, г. Харьков.

Принцип действия прибора основан на вычислении коэрцитивной силы по измеряемому току компенсации остаточной магнитной индукции в замкнутой магнитной цепи. Цепь образуется магнитной системой преобразователя, полюса которой замкнуты контролируемым образцом.

Цикл измерения включает в себя: магнитную подготовку (продолжительность 2с), компенсацию остаточной намагниченности (2с), вычисление коэрцитивной силы, индикацию результата.

Используемый прибор - КРМ - Ц предназначен для измерения коэрцитивной силы локального участка ферромагнитных материалов. Характеристика прибора приведена в табл. 4.

Как видно из технических требований погрешность показаний коэрцитиметра равна 2,5%, что составляет 1,0 А/см. Следовательно все значения которые имеют разброс в соответствии с данной величиной можно считать идентичными.

При стабильной структуре можно ожидать близкие значения коэрцитивной силы и твердости. С изменением количества и форм графита, а так же содержанием карбидной фазы, будут изменяться значения твердости и коэрцитивной силы. Задача состоит в том, что бы изучить показания этих изменений свойств. Установление зависимости позволит на каждой детали выяснить причины и области, изменения свойств с использованием неразрушающего контроля.

Проведенные исследования выявили вклад факторов: ошибку оператора по оценке твердости показаний коэрцитиметра, приборов по оценке твердости методом Бринеля, а также роль структурного фактора. Вклад последнего в показании при оценке твердости и коэрцитивной силы является определяющим. При неоднородной структуре чугуна наиболее достоверные результаты связи твердости – коэрцитивная сила могут быть получены при усредненных значениях твердости, оцененных на площади, соответствующей размеру щупа прибора КРМ – Ц.

Таблица 3. Значение твёрдости и коэрцитивной силы

Образец №	HВ внутр.	Hс внутр.	HВ нар.	Hс наруж.	Hс посред.	HВ средн.	Hс средн.
327	241	18,9	266	19,8	18,2	253	18,3
	262	18,7	241	19,2	18,2		
	248	17,8	262	18,7	17,5		
	248	17,3	255	18,0	16,8		
среднее	249	18,2	256	18,9	17,7		
333	235	17,8	248	18,5	17,2	244	17,9
	229	17,8	255	17,9	17,1		
	241	17,9	255	19,2	17,9		
	239	17,2	257	18,7	17,4		
среднее	236	17,7	254	18,6	17,4		
328	241	17,6	269	18,0	18,0	255	18,2
	242	17,9	266	17,6	17,6		
	248	17,4	252	18,5	18,5		
	253	18,9	269	20,1	20,1		
среднее	246	17,9	264	18,6	18,6		
330	239	16,7	241	16,5	16,5	258	21,1
	248	17,4	255	17,8	17,8		
	282	30,4	293	35,4	35,4		
	248	17,5	255	17,8	17,8		
среднее	254	20,5	261	21,9	20,9		
335	241	17,0	255	16,9	16,7	247	17,3
	246	17,1	248	17,6	16,7		
	241	17,4	255	18,2	17,2		
	241	17,5	250	18,0	17,0		
среднее	242	17,3	252	17,7	16,9		
329	262	19,2	269	19,0	18,7	262	18,6
	259	18,4	269	18,6	18,6		
	248	17,9	269	18,7	18,2		
	255	19,1	262	19,2	18,1		
среднее	256	18,7	267	18,9	18,4		
338	259	20,4	277	20,9	19,9	261	19,5
	257	19,6	269	20,0	19,0		
	255	19,2	262	19,5	18,7		
	245	18,8	262	19,7	18,6		
среднее	254	19,5	268	20,1	19,1		
323	229	18,3	-	-	-	234	18,3
	229	17,5	-	-	-		
	241	19,3	-	-	-		
	235	17,8	-	-	-		
среднее	233	18,2	-	-	-		
306	232	16,9	235	16,9	-	234	16,9
	229	18,4	229	18,4	-		
	234	16,6	241	16,6	-		
	245	16,0	229	16,0	-		
среднее	235	17,0	234	16,9	-		
375	217	18,5	229	13,8	-	218	15,4
	217	17,7	217	14,3	-		
	217	15,8	217	13,8	-		
	219	15,7	212	13,2	-		
среднее	218	16,9	219	13,8	-		

Таблица 4. Технические характеристики прибора

Основные характеристики	Показатели
Диапазон измерения коэрцитивной силы	1,0-60,0 А/см
Погрешность измерения коэрцитивной силы на контрольных образцах	не более 2,5%
Длительность цикла измерения	не более 6 с
Амплитуда импульсов намагничивания	не менее 3,0 А
Средняя потребляемая мощность	не более 80 Вт

Из проведенного анализа следует, что ошибка оператора при замере твердости и измерения коэрцитиметра не превышает 2,6%. Настройка приборов по измерению твердости, в среднем составляет 9,3% (6,6-13,2%) и вклад неоднородности структуры может достигать до 53,7%.

Список литературы

1. Пивоварский Е. Высококачественный чугуи. Перевод с нем. Е. К. Захарова. Под ред. И. Н. Богачева и Б. Г. Ливишца. Т. 1 М.: Металлургия, 1965. – 650с.
2. Kryloff M. Balance elektro – magnetique pour des proprietes des asiers te fers. /Rev. met., 1985, 2, P. 425-440.
3. Gerbert N.J. A systematic investigation of the correlation of the magnetic and mechanical properties of steel. /Amer. Soc. Testing Mater. Proc., 1999, 19, pt. 2, P. 117-129.
4. Михеев М. Н., Горкунов Э. С. Магнитные методы структурного анализа и неразрушающего контроля. – М.: Наука, 1993. –249 с.
5. Михеев М. Н., Горкунов Э. С. Магнитные методы неразрушающего контроля структурного состояния и прочностных характеристик термически обработанных изделий (обзор). /Дефектоскопия, 1985, №3, С. 3-21.
6. Нифонтов А. В. Магнитный метод контроля термообработки. /Заводская лаборатория, 1985. 4, № 8. С. 924-930.
7. Forster F. Ein Betriebsgerat zur schnellen und genaue Messung der Koerzitivkraft sowie ihrer Temperaturabhagigkeit. /Zeitschrift. Metallkunde, 1995, 46, N 4, S. 297-302.
8. Forster F. Die schnelle und genaue Messung der Koerzitivkraft. II. /Archiv fur technisches Messen, 1997. N 255, S. 87-90.

Анотація

Аналіз факторів які впливають на виявлення зв'язку твердість – коерцитивна сила

У роботі зроблено аналіз можливих причин коливань значень твердості та їх вплив на визначення вимірювань коерцитивної сили.

Abstract

The analysis of factors of affecting determination of communication is hardness – koerzitivnaya force

In work the possible reasons of vibrations of values of hardness and their influence on the results of measuring of koerzitivnoy force are explored.